

РАЗВИТИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СУВЕРЕНИТЕТА РОССИИ

DEVELOPMENT OF ADDITIVE TECHNOLOGIES IN ENSURING TECHNOLOGICAL SOVEREIGNTY OF RUSSIA

**N. Oleynik
S. Gryzaiкина**

Summary. The research is devoted to the urgent problem of the Russian economy — the search for directions to ensure technological sovereignty. One of the promising directions is additive manufacturing, which has been actively developing in recent years, contributing to the introduction of innovative solutions in various sectors of the economy. The purpose of the article is to develop recommendations on risk management in the sphere of industrial entrepreneurship, state corporations and improve standards and regulations for the use of additive technologies. Objectives of the study: to analyse the state of the market of additive technologies; to determine the role of innovative technologies in ensuring technological sovereignty of the Russian economy; to identify risks; to propose recommendations to eliminate the identified problems; to identify promising areas for the development of additive manufacturing. Result of the research: development of recommendations on the use of additive technologies as one of the tools of import substitution policy.

Keywords: additive technologies, technological sovereignty, import substitution, threats, risks, problems of legislative regulation.

Развитие аддитивных технологий (АТ) относится к одному из стратегических направлений по обеспечению технологического суверенитета России и решению проблем импортозамещения. Согласно Концепции технологического развития, в РФ должен реализоваться новый подход к формированию и использованию ресурсного потенциала, критических и сквозных технологий, созданию условий для инновационной деятельности [1]. Это потребовало обновления национальных целей развития РФ и выделения в самостоятельное направление достижение национальной цели «технологическое лидерство», обеспечение технологического суверенитета. Под технологическим суверенитетом понимается способность государства создавать и применять наукоемкие технологии и на их основе организовывать производство товаров в значимых сферах деятельности общества и государства, что ведет к независимости и росту конкурентоспособности страны [2]. Технологический суверенитет отрасли машиностроения является одним

Олейник Наталья Михайловна
кандидат экономических наук, доцент,
Северо-Западный институт управления — Филиал
РАНХиГС при Президенте РФ (г. Санкт-Петербург)
oleynik-nm@ranepa.ru

Грызайкина Софья Павловна
Северо-Западный институт управления — Филиал
РАНХиГС при Президенте РФ (г. Санкт-Петербург)
sgryzaykina-20@ranepa.ru

Аннотация. Исследование посвящено актуальной проблеме российской экономики — поиску направлений обеспечения технологического суверенитета. Одним из перспективных направлений являются аддитивное производство, которое в последние годы стало активно развиваться, способствуя внедрению инновационных решений в различных секторах экономики. Целью статьи является разработка рекомендаций по управлению рисками в сфере промышленного предпринимательства, госкорпораций и совершенствование стандартов и регламентов применения аддитивных технологий. Задачи исследования: анализ состояния рынка аддитивных технологий; определение роли инновационных технологий в обеспечении технологического суверенитета российской экономики; выявление рисков; предложение рекомендаций по устранению выявленных проблем; определение перспективных направлений развития аддитивного производства. Результат исследования: сформулированы рекомендации по применению аддитивных технологий, как одного из инструментов политики импортозамещения.

Ключевые слова: аддитивные технологии, технологический суверенитет, импортозамещения, угрозы, риски, проблемы законодательного регулирования.

из главных приоритетов по созданию технологически независимой экономики, что особенно важно в сложных условиях геополитической напряженности. Предполагается, что к 2030 г. производство отечественной высокотехнологичной продукции в общем объеме потребления должно составить не менее 75 %, уровень инновационной активности возрасти до 27 % посредством реализации программ импортозамещения [1]. Импортозамещение, как ответ на геополитические проблемы (переход к многополярному миру на фоне продолжающихся военных конфликтов, разрыв экономических связей с зарубежными партнерами, ввод внешнеэкономических и политических санкций и др.) ведется в РФ с 2014 г., является стратегией государственной экономической политики, направлена на открытие новых производств, создание рабочих мест, снижение зависимости от импортной продукции, развитие технологий с переходом на отечественное производство, поддержку производителей инновационных товаров и услуг. Однако, в услови-

ях импортозамещения российские производители могут ощутить нехватку нужных технологий и комплектующих, ухудшения качества продукции и рост ее себестоимости, снижение конкуренции, а переход на производство заменителей зарубежных материалов внутри страны не только снизит риски, связанные с внешнеэкономическими санкциями и негативными факторами внешней среды, но и приведет к росту инновационной продукции и обеспечению технологического суверенитета. Государственная поддержка политики импортозамещения сопровождается предоставлением кредитов и субсидий на НИОКР, инновационных проектов, приоритетных предприятий в различных секторах экономики. Так, новый этап импортозамещения, который начался с 2022 г. и который необходимо реализовать до 2030 г. потребует более 5 трлн рублей [3].

Одним из перспективных направлений в политике импортозамещения являются аддитивные технологии (АТ) — это технологии послойного создания трехмерных деталей посредством их цифровых моделей, позволяющие изготавливать изделия сложных конструкций. АТ — отрасль экономики, включающая в себя разработку и производство аддитивного оборудования, комплектующих, материалов для аддитивного производства и специализированного программного обеспечения, а также услуг и инжиниринга в сфере АТ [4]. Роль АТ в обеспечении технологического суверенитета определяется: импортозамещением в отдельных отраслях экономики РФ, производстве критически важных компонентов (локализация производства деталей для энергетики, медицины, транспорта, которые ранее закупались в технологически развитых странах) [5]; ускорением НИОКР (например, быстрое прототипирование в автомобилестроении позволяет создавать новые изделия в течение нескольких дней / часов по сравнению с производственными процессами, которые могут занять много месяцев для подготовки инструмента и создания модели) [6]; развитием новых материалов (синтез радиационно-стойких сплавов для атомной отрасли, жаропрочных композитов для авиации; так в стратегии ГК «Росатом» прописана задача к 2029–2030 г. войти в топ мировых производителей композитных материалов) [7]; поддержкой ОПК (печать запчастей для военной техники, производство беспилотных летательных объектов и составных частей радиоэлектронной борьбы) [8].

Согласно Стратегии развития АТ на период до 2030 г., основными направлениями деятельности являются: совершенствование нормативно-правовых актов, регулирующих новые способы изготовления изделий на основе трехмерных моделей, минуя этап технологической подготовки производства и без непосредственного участия человека; модернизация и техническое перевооружение производственных процессов, технологий АТ; оптимизация и создание новых направлений; освоение

приоритетных промышленных АТ; создание конкурентоспособной отрасли. Продукция отрасли представлена на различных рынках. В таблице 1 показаны виды рынков АТ, стадии их жизненного цикла и технологии производства.

Таблица 1.
Основные рынки аддитивных технологий [4]

Вид рынка АТ	Стадия жизненного цикла	Производственный процесс
Традиционный	Зрелость	Сформирован, технологии стабильны.
Традиционный с новыми сегментами	Активный рост	Оснастка, формы и модели для литья, прототипирование, экспериментальные образцы, НИОКР.
Формирующийся	Начальная стадия формирования	3D-печать: зданий; электронных комплектующих; 3D-биопечать органов, лекарств, пищевых продуктов; другие.

АТ — это один из видов цифровых технологий, которым отводится важная роль в достижении стратегических целей государства и создании технологического суверенитета. Опираясь на статистические данные по использованию цифровых технологий в РФ за период 2020–2022 гг. [9], отмечаем, что темп применения АТ отстает от других видов (технологии сбора, обработки и анализа больших данных; облачные сервисы; искусственный интеллект и др.) и занимает одно из последних мест. Сдерживающими факторами являются: ограниченные расходы предприятий на инновационное развитие, высокая стоимость оборудования, недостаток информации о возможностях и преимуществах АТ, проигрыш в ценовой конкуренции с китайскими производителями, кадровый дефицит, низкая квалификация разработчиков.

В 2023 ситуация изменилась и спрос на продукцию стал расти. На сегодняшний день рынок АТ (мировой, отечественный) развивается динамично. По итогам 2023 г. мировой рынок АТ достиг 20 млрд долларов, к 2033 году будет составлять 97,1 млрд долларов [10]. По данным Ассоциации развития АТ объем российского рынка по итогам 2023 г. составил почти 12 млрд рублей, ожидается, что к 2030 г. он должен достигнуть показателя в 23,5 млрд рублей, но темпы роста говорят о том, что этот показатель может быть достигнут значительно раньше [11]. Примером может служить атомная промышленность (ГК «Росатом»), где развитие АТ представляет собой комплексные решения по всей производственной цепочке от создания линейки 3D-принтеров до предоставления услуг 3D-печати. Таким образом, являясь одновременно поставщиком и заказчиком в области технологий аддитивного производства (АП), компания укрепляет технологический суверенитет государства. Активное разви-

тие и применение АТ также отмечается в авиационной промышленности и энергетике (доля рынка 40 %), автомобильной промышленности, медицине и науке [12].

Рассмотрим состояние рынка АП за период 2021–2023 г. или рынка 3D-печати по следующим продуктам: 3D-принтеры, материалы, 3D-сканеры, услуги аддитивных центров, поставки и интеграция. Наибольший рост в 2023 г. демонстрируют технологии 3D-принтеры (6853,9 млн руб.) с ростом в 2,3 раза по сравнению с 2021 г.; материалы (3426,6 млн руб.) с ростом в 2,2 раза с соответствующим периодом. В целом рынок АП вырос в стоимостном выражении на 33,9 % с 2021 по 2022 г. и на 60,1 % с 2022 по 2023 г., однако, даже растущие темпы АП не удовлетворяют запросы общества при переходе на новый технологический уровень [13].

На состояние рынка АТ оказывают влияние следующие факторы: проводимая правительством РФ политика импортозамещения и курс на технологический суверенитет; создание индустриальных консорциумов (вузы, научные институты, крупные индустриальные и коммерческие компании) для разработки 3D-принтеров, материалов, изделий; государственная инвестиционная поддержка производителей и инновационных проектов через Фонд содействия инновациям, Минпромторг РФ, Российский экспортный центр и другие; рост спроса на продукцию в ВПК и в ведущих отраслях экономики посредством включения 3D-печати в госзаказы и субсидирование внедрения технологий на предприятиях АПК и ТЭК; уход с российского рынка игроков из индустриально развитых стран; рост предпринимательской активности МСП, ориентированных на АТ, что открывает новые возможности для стартапов и развития инновационных проектов; государственные программы по подготовке кадров по АТ в технических вузах страны; формирование новых цепочек поставок и внедрение АТ посредством международного сотрудничества со специалистами Индии, России и Ближнего Востока.

В критический период 2022–2024 гг. российские производители, столкнувшись с дефицитом компонентов, которые ранее закупались за рубежом, перешли на альтернативные варианты. Китайские производители, ставшие основными конкурентами, начали активно осваивать рынок России, однако, высокие требования и стандарты, установленные в ряде отраслей, главных потребителей продукции АП, стали преградой для выхода на рынок новых зарубежных поставщиков, что способствовало развитию отечественной ниши. Выгоды очевидны: при АП используется точное количество материала, необходимого для создания детали, есть возможность изготавливать объекты со сложной геометрией, происходит сокращение затрат на сырье и утилизацию отходов [14]. АП может сократить использование материалов до 50 % одновременно со снижением объема от-

ходов и вредных выбросов в окружающую среду. Компании, которые внедрили систему переработки повысили эксплуатационную эффективность и снизили количество отходов на 90 % и потребление энергии на 60 % по сравнению с традиционными методами производства [15]. Тем не менее, полностью заменить иностранное оборудование на российское в современных реалиях невозможно из-за технических проблем, требующих серьезных организационных мер на государственном уровне. Несмотря на значительный рост индустрии применение АТ ограничено рядом причин. Анализ состояния рынка АП позволил нам выделить, описать их и предложить рекомендации по управлению рисками, которые приведены в таблице 2.

Основной проблемой можно считать недостаточный темп принятия стандартов, законодательной базы. Отметим, что процесс развития стартовал в 2017 г. с публикации двух стандартов, касающихся аддитивных технологий: ГОСТ Р 57558–2017 (аналог американского ASTM 52900) и ГОСТ Р 57556–2017. Указанные документы узаконили такие понятия, как 3D-принтер, 3D-печать, 3D-сканирование, 3D-оцифровка и постобработка. С 2020 г. функционирует НКО — Ассоциация развития аддитивных технологий, которая консолидирует усилия предприятий стратегических отраслей промышленности в развитии трехмерной печати. С целью создания фонда стандартов по был учрежден технический комитет «Аддитивные технологии» (ТК 182), его ключевыми задачами являются разработка программы стандартизации, экспертиза проектов национальных и межгосударственных стандартов, проверка действующих на территории РФ стандартов для определения необходимости их актуализации или отмены. Благодаря работе комитета ситуация в правовом поле меняется в лучшую сторону. На начало 2025 г. внедрено более 50 стандартов, однако этого числа недостаточно для того, чтобы АТ стали повседневной практикой, основой для серийного производства и способствовали обеспечению технологического суверенитета страны.

Среди потенциально новых ниш — гражданские отрасли, где АТ еще не активно внедрены в процессы, что связано с низкой технологической зрелостью компаний. У потенциальных пользователей есть опасения, связанные с отсутствием четкого понимания качественных и количественных характеристик подобных инноваций, что замедляет процесс активного внедрения и развития серийного производства как самих технологий, так и продуктов с их использованием на рынке. В частности, уязвимое место индустрия 3D печати, это — срок использования принтеров, частоты проведения техобслуживания, процесс утилизации оборудования и материалов по окончании срока службы. Общепринятого стандарта или рекомендаций касающегося данного вопроса в России не разработано.

Таблица 2.

Реестр рисков, рекомендации по управлению рисками [4, 5, 7, 8, 10, 13]

Вид риска		Описание риска	Рекомендации
Экономические:	Высокая стоимость внедрения	Производство 3D-принтеров, закупка материалов, обслуживание требует значительных инвестиций.	Взаимодействие с государственными структурами, субсидии и налоговые льготы для предприятий, внедряющих АТ.
	Длительный срок окупаемости	Переход на АТ из-за высоких затрат на внедрение покажет низкую рентабельность особенно при малых сериях.	Развитие индустриальных консорциумов, поиск эффективных решений по производству и внедрению инновационных продуктов в наукоемких отраслях.
Технологические:	Проблемы качества	Из-за недостатка отечественных стандартов и сертификации наблюдаются сложности в контроле изделий с требуемой точностью.	Разработка национальных стандартов и системы сертификации; становление партнерских отношений между государством, бизнесом, научными институтами, вузами.
	Киберриски	Действия киберпреступников могут привести к потере важной информации, остановке технологических процессов, финансовым потерям.	Проведение технологий кибербезопасности, направленных на предотвращение утечек данных, защиты от атак и вирусов; обучение персонала правилам кибербезопасности.
Политические:	Санкционные ограничения	Ограничения на поставку высокотехнического оборудования и ПО может замедлить переход на применение АТ.	Поиск альтернативных поставщиков оборудования, программного обеспечения, технологий, материалов из дружественных стран.
Социальные:	Недостаток квалифицированных кадров	Дефицит специалистов в сфере АТ: производство изделий, обслуживание оборудования.	Государственные программы по подготовке кадров по аддитивным технологиям в технических вузах страны.
Экологические:	Энергоемкость	Высокое потребление энергии при печати крупных изделий	Плавный переход на применение технологий энергосберегающих.
	Воздействие на окружающую среду токсичных отходов	Сложность переработки отходов из-за их высокой токсичности.	Применение современных технологий нейтрализации и утилизации токсичных соединений.
Правовые:	Риски интеллектуальной собственности	Отсутствие защиты интеллектуальной собственности, может привести к нарушению обеспечения безопасности и снижению контроля качества продукции.	Защита интеллектуальной собственности: лицензирование, авторские права, борьба с незаконным копированием 3D-моделей.
	Состояние правового режима АТ	Недостаточные темпы развития законодательной базы, принятие стандартов, межведомственного взаимодействия может привести к замедлению реализации Стратегии развития АТ.	Разработка новых отраслевых стандартов для применения, контроля качества, сертификации развития АТ.

Дальнейшее развитие, по нашему мнению, должны получить стандарты для различных отраслей промышленности. Предлагается дополнять ГОСТ(ы) терминами, вследствие чего произойдет унификация языка и снижение правовых рисков, что особенно важно для междисциплинарных проектов. Создание четких научно обоснованных регламентов качества порошковых и других материалов становится еще одной важной задачей. Введение терминов и четких критериев качества в стандарты позволит создать ясные рамки для оценки материалов, процессов и конечной продукции.

Обзор перечня стандартов, утвержденных ТК 182, показывает преобладание направлений, связанных с металлическими материалами, в то время как полимерные не затрагиваются должным образом [16]. Это важно, поскольку на них делается основной упор в гражданских отраслях, что говорит о необходимости расширения направлений стандартизации. Соответственно предлагается рассмотреть возможность включить в Стратегию развития АТ направление по разработке и промышленному освоению полимерных материалов для создания серийного производства.

Проблемное место производственной технологии — высокая себестоимость заготовки после 3D-печати, что становится препятствием для массового внедрения технологии в различные отрасли. Для решения этой проблемы необходимы консорциумы крупных игроков с МСП и научно-производственных объединений с пользователями. Во-первых, совместная работа с разработчиками аддитивного оборудования над улучшением эксплуатационных характеристик и регулярная обратная связь позволит развивать продукты компаний, работающих в сфере материалов для 3D-печати. Во-вторых, прямое сотрудничество органов власти с производителями для разработки модуля по проблемам утилизации устройств поможет упорядочить процесс. Потребители должны получать всю информацию о товаре, его свойствах и возможных рисках. Это могут быть сертификаты качества, инструкции по эксплуатации, советы по использованию. Установление единого срока гарантии для обслуживающих организаций на уровне стандартов будет способствовать повышению уровня защиты прав потребителей.

На сегодняшний день в России действует единая система конструкторской документации, основанная на Госстандартах (ГОСТах), которая закрепляет требования к документам на всех этапах жизненного цикла изделия. Эксплуатационная документация применяется в процессе обязательной или добровольной сертификации не только к традиционным методам производства, но и к изделиям, созданным с использованием 3D-печати.

В связи с этим возникает необходимость в разработке нового порядка, который будет учитывать специфические аспекты аддитивного производства, уменьшит бюрократический барьер и упростит сам процесс сертификации. Это включает в себя пересмотр перечня документов, необходимых для подачи заявления.

Таким образом, развитие АТ играет одну из ключевых ролей в обеспечении и укреплении технологического суверенитета РФ, позволяя снизить зависимость от импорта важных материалов и комплектующих изделий, ускорить процесс разработки и принятия инновационных решений, привести к снижению производственных затрат, обеспечить конкурентоспособность российской промышленности. Однако несмотря на все преимущества АТ занимают малый объем рынка сбыта, который в свою очередь делает экономически непривлекательным инвестирование в данную отрасль, где изначально требуются большие вложения. В ближайшее время такие отрасли, как авиация и ОПК останутся в приоритете. Исследование показало, что АТ способны стать локомотивом технологического суверенитета РФ, для этого требуется разработка системных мер поддержки: госинвестиции в отечественных производителей и в инновационные проекты, создание условий для кооперации государства, науки, бизнеса; следование разработанной Стратегии развития АТ; создание новых стандартов качества. Политика импортозамещения критически важных компонентов может значительно повлиять на развитие АТ, предоставляя как возможности, так и угрозы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Распоряжение Правительства РФ от 20.05.2023 г. №1315-р Концепция технологического развития на период до 2030 г. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/406831204/> (дата обращения 30.03.2025).
2. Указ Президента РФ от 28.02.2024 № 145 «О Стратегии научно-технологического развития РФ» [Электронный ресурс]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202402280003?index=4> (дата обращения 30.03.2025).
3. Полетаев И. Вместо импорта — своё! Правительство подвело предварительные итоги импортозамещения [Электронный ресурс]. URL: https://www.stoletie.ru/ekonomika/vmesto_importa_svojo_821.htm (дата обращения 30.03.2025).
4. Распоряжение Правительства 14.07.2021 г. №1913-р Стратегия развития аддитивных технологий в РФ на период до 2030 г. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/401404208/> (дата обращения 30.03.2025).
5. Импортозамещение в российской экономике: вчера и завтра. Аналитический доклад НИУ ВШЭ / Я.И. Кузьминов, Ю.В. Симачев, М. Г. Кузык и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики» при участии РСПП, Института исследований и экспертизы ВЭБ. — М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2023. — 272 с.
6. Lyndon Jmerson Rapid Prototyping for the Automotive Industry. URL: <https://firstmold.com/tips/rapid-prototyping-automotive-industry/> (дата обращения 30.03.2025).
7. Зачем атомщикам композиты [Электронный ресурс]. URL: <https://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=11039> (дата обращения 30.03.2025).
8. Аддитивные технологии в оборонной промышленности 3D-печать компонентов БПЛА [Электронный ресурс]. URL: <https://www.jetcom-3d.ru/application/3d-pechat-komponentov-bpla/> (дата обращения 30.03.2025).
9. Индикаторы цифровой экономики: 2024 Статистический сборник / В.Л. Абашкин, Г.И. Абдрахманова, К.О. Вишнеvский, Л.М. Гохберг и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: ИСИЭЗ ВШЭ, 2024. 276 с.
10. Аддитивные технологии сегодня [Электронный ресурс]. URL: <https://indpages.ru/auto/tehnologii-na-vyrost/> (дата обращения 30.03.2025).
11. Ассоциация развития аддитивных технологий изменит рынок 3D-печати [Электронный ресурс]. URL: <https://gclnk.com/5u6yRkhh> (дата обращения 30.03.2025).

12. На «АТОМЭКСПО-2024» эксперты обозначили основные тренды международного сотрудничества в области композитов и аддитивных технологий [Электронный ресурс]. URL: <https://atommedia.online/2024/03/26/osnovnye-trendy-mezhdunarodnogo-sotrudnichestva/> (дата обращения 30.03.2025).
13. Исследование российского рынка аддитивного производства [Электронный ресурс]. URL: <https://polymerbranch.com/articles/issledovanie-rossijskogo-rynka-additivnogo-proizvodstva/> (дата обращения 30.03.2025).
14. Huang Y, Leu M C, Mazumder J and Donmez A 2015 Additive manufacturing: current state, future potential, gaps and needs, and recommendations J. Manuf. Sci. Eng. 137 014001. URL: https://tsapps.nist.gov/publication/get_pdf.cfm?pub_id=916019 (дата обращения 30.03.2025).
15. Sitcharangsie S, Ijomah W и Wong TC 2019 Decision-makings in key remanufacturing activities to optimise remanufacturing outcomes: A review. / J. Clean. Prod. 232 1465–1481. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095965261931738X> (дата обращения 30.03.2025).
16. Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов. Утвержденные стандарты ТК 182: сайт [Электронный ресурс]. URL: <https://viam.ru/uproject>. (дата обращения 30.03.2025).

© Олейник Наталья Михайловна (oleynik-nm@ranepa.ru); Грызайкина Софья Павловна (sgryzaykina-20@ranepa.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»