

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра экономической теории
и национальной экономики

**Развитие аддитивного производства в современной России
(на примере проекта по производству персонализированных
конструкторов, выполненных на 3D-принтере)**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студенток 4 курса 412 группы
Направления 38.03.01 «Экономика»
профиля «Экономика предприятий и организаций»
экономического факультета
Виноградовой Екатерины Дмитриевны
Сомовой Анны Павловны

Научный руководитель:

к.э.н., доцент
должность, уч. степень, уч. звание

подпись, дата

Е. В. Коротковская
инициалы, фамилия

Зав. кафедрой:

к.э.н., доцент
должность, уч. степень, уч. звание

подпись, дата

Е. В. Огурцова
инициалы, фамилия

Введение. Актуальность темы обусловлена тем, что в условиях цифровизации, импортозамещения и перехода к индивидуальному производству аддитивные технологии (3D-печать) становятся ключевым драйвером промышленной трансформации. Развитие отечественного аддитивного производства – стратегическая задача для обеспечения технологического суверенитета, повышения конкурентоспособности российских предприятий и создания новых рынков. Особую значимость приобретают нишевые проекты, такие как производство персонализированных конструкторов на основе 3D-печати, которые сочетают инновационность, образовательную ценность и коммерческий потенциал, отвечая растущему потребительскому спросу на кастомизацию и вовлечённость в процесс создания продукта.

Цель работы – разработка комплексного проекта по производству персонализированных конструкторов на основе 3D-печати и оценка его потенциала как примера развития аддитивного производства в современной России.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Раскрыть теоретическую сущность аддитивного производства, его ключевые технологии и перспективы развития.
2. Обосновать 3D-моделирование персонализированных конструкторов как актуальное и перспективное направление развития АТ.
3. Систематизировать основные риски и барьеры развития аддитивного производства в России.
4. Разработать бизнес-модель и концепцию продукта проекта по производству индивидуальных наборов конструкторов.
5. Провести анализ необходимых финансовых и производственных ресурсов для реализации проекта.
6. Сформировать маркетинговую стратегию продвижения продукта на рынке и составить план развития проекта.

Объект исследования – сфера аддитивного производства в Российской Федерации. Предмет – процесс разработки и реализации проекта по производству персонализированных конструкторов на основе 3D-печати.

Методологическая основа – принципы системного и структурно-функционального анализа, методы экономического анализа и бизнес-планирования, эконометрическое прогнозирование (модель ARIMA).

Информационная база – федеральные законы и государственные программы, нормативно-техническая документация (ГОСТы, ISO/ASTM), данные экспертно-аналитических отчётов, научные публикации, открытые отраслевые исследования.

Практическая значимость – разработанный проект, включающий бизнес-модель, финансовые расчёты и маркетинговый план, может быть использован в качестве основы для запуска реального коммерческого предприятия в сфере аддитивных технологий. Выводы и рекомендации могут быть учтены другими субъектами малого и среднего инновационного бизнеса, а также органами государственного управления при формировании политики поддержки АТ.

Структура работы – введение, две главы, заключение, список использованных источников.

Основное содержание работы. В первой главе – «Теоретические аспекты развития аддитивного производства в России» – рассмотрены сущность, технологии, перспективы, риски и барьеры развития аддитивного производства. Сущность и технологии аддитивного производства. Аддитивное производство (3D-печать) – процесс создания трёхмерных изделий послойно на основе цифровой модели, в отличие от традиционных субтрактивных методов (резание, механическая обработка). Это позволяет сократить расход материала, повысить точность и изготавливать детали сложной геометрии, недоступные классическим способам. Ключевые технологии: струйное нанесение связующего (binder jetting), прямой подвод энергии и материала (directed energy deposition), экструзия материала (FDM/FFF), струйное нанесение материала (material jetting), синтез на подложке (SLS, SLM), листовая ламинация, фотополимеризация в

ванне (SLA/DLP). Для производства деталей, совместимых с LEGO, предпочтительна MSLA-технология (разновидность фотополимеризации), обеспечивающая высокую точность ($\pm 0,02$ мм) и гладкую поверхность.

По данным Wohlers Associates, мировой рынок аддитивных технологий в 2023 году вырос на 11%, а объём российского рынка в 2025 году достиг 22,3 млрд руб. (+21%). Согласно инновационному сценарию Минпромторга РФ (распоряжение № 1913-р), к 2030 году рынок может превысить 58 млрд руб. Основные сегменты в России – авиакосмическая отрасль, двигателестроение, энергетическое машиностроение, атомная и оборонная промышленность. В глобальном масштабе лидируют автомобилестроение (14,4% мирового рынка), товары народного потребления (14,0%), медицина и стоматология (13,7%). Прогноз Desktop Metal – рост рынка до 100 млрд долл. к 2031 году с ежегодным темпом около 20%.

Конструкторы эволюционируют от тиражируемых наборов стандартных элементов к персонализированным продуктам. Аддитивные технологии позволяют перейти от ограниченной номенклатуры к безграничной цифровой библиотеке деталей, которые изготавливаются по запросу. Ключевые принципы проектирования: параметризация и генеративное проектирование, стандартизация соединений (аналог паз-шип, резьба, защёлка), ориентация на аддитивное производство (минимизация поддержек, учёт анизотропии, оптимизация толщины стенок). Сравнительный анализ технологий показал, что для производства деталей, совместимых с LEGO, оптимальна MSLA-технология с использованием фотополимерных смол. Это направление находится на стыке глобальных трендов: кастомизации продукции, развития STEAM-образования и быстрого производства.

Систематизированы пять групп рисков и барьеров развития аддитивного производства в России. Технологические: ограниченность спектра и высокая стоимость материалов (особенно металлических порошков), низкая производительность, потребность в постобработке, вопросы качества и повторяемости. Экономические: высокие капитальные затраты (промышленные

3D-принтеры от сотен тысяч до миллионов рублей), неопределённость окупаемости инвестиций, слабость цепочки создания стоимости в России. Нормативно-правовые: дефицит отраслевых стандартов (ГОСТы и ISO/ASTM только формируются), отсутствие процедур сертификации изделий для ответственных отраслей, неурегулированный правовой статус цифровых моделей. Кадровые: острый дефицит инженеров по проектированию для АТ (DFAM), технологов, операторов. Экологические и социальные: энергоёмкость процессов, утилизация отходов, риски для здоровья (вдыхание порошков, ЛОС, УФ-излучение). Преодоление этих барьеров требует государственной поддержки, развития стандартизации, модернизации образовательных программ и создания технологических платформ.

Во второй главе – «Разработка проекта по производству индивидуальных наборов конструкторов на основе 3D-печати» – представлены бизнес-модель, концепция продукта, анализ ресурсов, финансовые расчёты и план развития.

Проект предлагает услугу по созданию уникальных наборов конструктора, совместимых с LEGO, по фотографии заказчика. Три варианта наборов: «1 человек» (около 200 деталей, размер примерно 6×6×12 см, масса 90 г), «Человек+животное» (около 300 деталей, 6×12×15 см, масса 150 г), «2 человека» (около 400 деталей, 6×15×12 см, масса 160 г). В набор входят наклейки для лица модели, исходная фотография на стенде, наклейки принта одежды при необходимости. Инструкция сборки предоставляется в электронном формате. Бизнес-модель B2C с элементами краудсорсинга дизайна. Ценностное предложение – трансформация двумерного изображения в тактильную трёхмерную модель, позволяющая сохранить память о людях и важных моментах в нестандартной форме.

На основе данных Google Trends за период декабрь 2020 – декабрь 2025 года построена эконометрическая модель ARIMA (2,1,5). Визуальный анализ исходного временного ряда выявил нестационарность, что потребовало взятия первой разности. Сравнительный анализ моделей показал, что ARIMA (2,1,5) имеет информационные критерии AIC = 1661,014 и BIC = 1693,095, что лучше,

чем у ARIMA(2,1,3). Коэффициент детерминации $R^2 = 0,6876$, модель объясняет 68,8% дисперсии. Прогноз на первое полугодие 2026 года демонстрирует стабилизацию поискового интереса на уровне 39,8–40,0 условных единиц в неделю (индекс интереса Google Trends), что незначительно выше средних значений 2025 года. Ширина доверительного интервала (стандартная ошибка около 9,73) указывает на необходимость гибкой ценовой и ассортиментной политики. Практическая значимость прогноза: отсутствие нисходящего тренда свидетельствует о стабильном спросе и снижении рисков выхода на рынок.

Проведён сравнительный анализ 3D-принтеров по ключевым параметрам: технология, затраты материалов, энергопотребление, цена, скорость печати. Для производства деталей, совместимых с LEGO, выбран Anycubic Photon P1 (MSLA, 14К, промышленная механика ШВП, технология Wave Release, подогрев ванны до 40°C, поддержка двухматериальной/двухцветной печати). Цена на российском рынке варьируется от 51 500 до 69 900 руб.; наиболее выгодное предложение – 3D Vision (51 500 руб.). Расходные материалы: фотополимерная смола ABS-Like Pro 2 от Anycubic (цена 1 568 руб./кг на Wildberries) – оптимальный баланс прочности (ударная вязкость 45 Дж/м, относительное удлинение 35–40%), низкой усадки (4,3–5,6%) и технологичности. Альтернативы (Sunlu, GEEETECH, NV Print) либо не имеют достоверных спецификаций, либо уступают по прочности.

Время печати одного набора зависит от количества цветов (4–10) и составляет от 0,9 до 3,0 часов; смена цвета занимает 0,5 часа. Размеры рабочей области принтера – 223×126×230 мм, максимальное количество деталей за один цикл – около 280 штук. При 4 цветах все три варианта наборов печатаются за 0,9 часа, при 10 цветах – за 3,0 часа. Годовая производительность одного принтера при равномерном распределении заказов по цветности (25% на каждый тип) – 1 296 наборов. План продаж на 2027–2031 годы: 805 → 2 196 → 4 906 → 7 766 → 10 994 наборов. Потребность в принтерах: 1 → 2 → 4 → 6 → 9 единиц (с учётом резерва мощности 10–15%). Детализированный план продаж и потребность в оборудовании представлены в таблице 1.

Таблица 1 – План продаж на 2027–2031 гг. и потребность в 3D-принтерах^{1 2 3 4}

Год	Средняя цена, Р	Плановое кол-во, шт.	Номинальная выручка, млн руб.	Необходимое количество принтеров, шт.
2027	4 733,33	805	3,81	1
2028	5 110,00	2 196	11,22	2
2029	5 400,00	4 906	26,49	4
2030	5 633,33	7 766	43,74	6
2031	5 866,67	10 994	64,49	9

Полная себестоимость единицы продукции снижается с 8 244 руб. в 2027 г. до 2 728 руб. в 2031 г. благодаря эффекту масштаба (распределению постоянных затрат). Цены, установленные методом обратного дисконтирования (ставка дисконтирования 22%: безрисковая 15% + отраслевая премия 5% + проектная премия 2%), растут с 4 499 до 5 570 руб. для набора «1 человек». В 2027 году цена ниже полной себестоимости – это осознанная стратегия проникновения на рынок, однако маржинальная прибыль положительна (~3 804 руб./набор), что позволяет покрывать постоянные издержки. Точка безубыточности достигается в 2028 году (1 784 набора при плановых 2 196); запас прочности растёт с –90% в 2027 г. до 62% в 2031 г., что свидетельствует о переходе от стартовой стратегии к финансово устойчивому масштабируемому производству. Ключевые финансовые показатели проекта приведены в таблице 2.

¹ 3DVision. 3D принтер Anycubic Photon P1 [Электронный ресурс]. – URL: <https://3dvision.su/product/3d-printer-anycubic-photon-p1/> (дата обращения: 23.02.2026).

² Как обрабатывать детали из фотополимерной смолы после 3D печати DLP и SLA технологиями. 3D постобработка [Электронный ресурс]. – URL: <https://3dtool.ru/stati/kak-obrabatyvat-detali-iz-fotopolimernoy-smoly-posle-3d-pechati-dlp-i-sla-tekhnologiyami-3d-postobra/?ysclid=mouels3van163060784> (дата обращения: 23.02.2026).

³ Производственный календарь на 2027 год (проект) [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.consultant.ru/law/ref/calendar/proizvodstvennyy/2027/?ysclid=moy87a0ic627838950> (дата обращения: 23.02.2026).

⁴ Оценить объём рынка по методу PAM, TAM, SAM, SOM [Электронный ресурс]. – URL: <https://kdelu.vtb.ru/articles/oczenit-obyom-rynka-po-metodu-pam-tam-sam-som/> (дата обращения: 23.02.2026).

Таблица 2 – Ключевые финансовые показатели проекта

Год	Плановое кол-во, шт.	Постоянные затраты (годовые), руб.	Средняя цена, руб.	Средние переменные затраты, руб.	Маржин. доход на 1 набор, руб.	Точка безубыточности, заказов	Запас прочности, %
2027	805	6 077 276,00	4 733,33	762,84	3 970,49	1 530	-90,06
2028	2 196	7 703 988,00	5 110,00	792,31	4 317,69	1 784	18,76
2029	4 906	12 464 744,00	5 400,00	829,34	4 570,66	2 727	44,41
2030	7 766	14 885 677,00	5 633,33	881,64	4 751,69	3 133	59,65
2031	10 994	20 649 200,00	5 866,67	934,96	4 931,71	4 187	61,91

Источник: Составлено авторами на основе проведенного анализа.

Для оценки экономической эффективности инвестиций в проект рассчитаны чистый дисконтированный доход (NPV), дисконтированный срок окупаемости (DPP) и внутренняя норма доходности (IRR). Исходные данные: первоначальные инвестиции (CAPEX) в 2027 году составляют 508 780 руб. (оборудование, оснащение, организационные расходы). Ежегодные чистые денежные потоки (ЧДП) – это чистая прибыль с добавлением амортизации (которая в данной модели отсутствует, так как оборудование стоимостью менее 100 тыс. руб. списывается единовременно, за исключением компьютеров, амортизация которых учтена в затратах). Для упрощения ЧДП принят равным чистой прибыли (так как амортизация не создаёт оттока денежных средств, но в расходах она была, поэтому чистая прибыль занижена; корректировка сделана на основе данных операционных затрат). Расчёт произведён с использованием ставки дисконтирования 22% (коэффициенты дисконтирования: 2027 – 1,0000; 2028 – 0,8197; 2029 – 0,6719; 2030 – 0,5507; 2031 – 0,4514). Накопленный дисконтированный денежный поток и показатели представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Расчёт NPV и DPP

Год	Чистая прибыль, тыс. руб.	Коэффициент дисконтирования (22%)	Дисконтированный денежный поток, тыс. руб.	Накопленный дисконтированный поток, тыс. руб.
2027	-3 236,76	1,0000	-3 236,76	-3 236,76
2028	1 697,12	0,8197	1 391,14	-1 845,62
2029	9 745,75	0,6719	6 547,47	4 701,85
2030	21 892,63	0,5507	12 057,42	16 759,27
2031	33 310,54	0,4514	15 033,22	31 792,49

Источник: Рассчитано авторами на основе проведенного анализа.

NPV = 31 792,49 тыс. руб. (положительный, проект эффективен). Дисконтированный срок окупаемости DPP достигается в 2029 году (между 2028 и 2029 гг.). Точное значение: $DPP = 2 + (1 845,62 / 6 547,47) \approx 2,28$ года (2 года и 3,4 месяца). Простой срок окупаемости PP (без дисконтирования) рассчитывается по накопленному чистому денежному потоку: за 2027 убыток 3 236,76 тыс. руб., в 2028 прибыль 1 697,12 тыс. руб., накопленный убыток на конец 2028 – 1 539,64 тыс. руб.; в 2029 прибыль 9 745,75 тыс. руб. Окупаемость наступает в 2029 году: $PP = 2 + (1 539,64 / 9 745,75) \approx 2,16$ года (2 года и 1,9 месяца). IRR, рассчитанная приближённо (по методу подбора), составляет более 60%, что значительно выше ставки дисконтирования 22%, подтверждая высокую инвестиционную привлекательность проекта.

Сравнительный анализ трёх режимов налогообложения – ОСНО, УСН 6%, УСН 15% – показал оптимальность комбинированной схемы: в 2027 году (убыток) – ОСНО, в 2028 году – УСН 15% (налог 355,5 тыс. руб.), с 2029 года – УСН 6% (налог 1,59 млн руб. в 2029 г., 2,62 млн руб. в 2030 г., 3,87 млн руб. в 2031 г.). Для расчётно-кассового обслуживания выбран тариф Модульбанка «Оптимальный» (ежемесячная плата 690 руб., комиссия за перевод юрлицу 19 руб., эквайринг 1,25%, СБП бесплатно). Расходы на РКО возрастают с 33,9 тыс. руб. в 2027 г. до 416,9 тыс. руб. в 2031 г., основную долю составляет эквайринг (до 97% к концу периода). Фонд оплаты труда растёт с 4,87 млн руб. до 12,38 млн

руб. за счёт ежегодной индексации 6% и увеличения штата (3D-моделлеры – с 1 до 3 чел., техники 3D-печати – с 1 до 3 чел.).

Разработаны маркетинговая стратегия и план развития. Стратегия 4P: продукт – три варианта конструктора, наклейки, электронная инструкция; цена – от 4 500 до 6 100 руб. в зависимости от сложности и года; каналы – интернет-магазин, соцсети, маркетплейсы (Ozon, Wildberries), партнёрские программы с фотографами и ивент-агентствами; продвижение – таргетированная и контекстная реклама, видеообзоры, участие в выставке 3D Print Expo, сбор отзывов. Дорожная карта на 2027–2031 гг.: 2027 – регистрация ООО, сертификация по ТР ТС 008/2011, отработка технологии, запуск интернет-магазина; 2028 – выход на маркетплейсы, достижение точки безубыточности; 2029 – расширение ассортимента (образовательные наборы, премиум-услуга «конструктор по детскому рисунку»), первые B2B-контракты; 2030 – автоматизация постобработки (ультразвуковая мойка, сушка), расширение географии доставки; 2031 – переход на российские фотополимеры, выход на рынки СНГ, автоматизация рекламных кампаний. Целевая доля рынка – 7,04% к 2031 году.

Построена карта рисков по двум параметрам (вероятность – ущерб). Зона высокого риска: неисправность оборудования – создание резервного фонда запчастей; технологическое отставание – ежегодный мониторинг рынка, выделение 5% прибыли на R&D; появление конкурентов – патентная защита оригинального дизайна; сезонность спроса – предзаказы в межсезонье, развитие B2B-направления; дефекты печати – калибровка после каждой смены смолы, 100% контроль геометрии шипов. Зона умеренного риска: налоговый риск – минимизирован выбором УСН 6%; рыночный риск – гибкая цена и расширение ассортимента; уход сотрудников – конкурентоспособная оплата и индексация 6% в год. Зона слабого риска: ликвидность, мошенничество, форс-мажор – стандартное резервирование и страхование.

Проведен SWOT-анализ и составлена матрица стратегических решений. Сильные стороны: уникальность предложения (отсутствие прямых

конкурентов), короткий цикл производства, высокая точность и совместимость с LEGO, высокая маржинальная прибыль. Слабые стороны: высокая удельная себестоимость в первый год, зависимость от импортных материалов, неизвестность бренда. Возможности: рост рынка АТ, увеличение спроса на персонализированные подарки, импортозамещение, выход на маркетплейсы. Угрозы: появление подражателей, технологическое отставание, экономический спад, сезонность. Матрица стратегических решений обеспечивает связь между анализом и конкретными действиями.

Заключение. Проведённое исследование позволяет сформулировать следующие основные выводы.

По теоретической части: аддитивное производство – послойный синтез изделий по цифровой модели, обеспечивающий экономию материала и высокую точность. Ключевые технологии (FDM, SLA, SLS, MSLA) имеют разную область применения. Мировой и российский рынки АТ демонстрируют устойчивый рост (в РФ – 22,3 млрд руб. в 2025 г., +21%). 3D-моделирование персонализированных конструкторов – актуальное направление, отвечающее запросу на кастомизацию и развитие STEAM-образования. Развитие АТ в России сдерживается комплексом барьеров: технологические, экономические, нормативные, кадровые, экологические. Преодоление этих барьеров – необходимое условие для трансформации АТ в основной производственный инструмент.

По практической части: разработан комплексный проект по производству персонализированных конструкторов, совместимых с LEGO, по фотографии заказчика. Эконометрический прогноз ARIMA (2,1,5) подтвердил стабильный спрос ($R^2 = 0,6876$). Выбраны оптимальное оборудование (Anycubic Photon P1) и материалы (ABS-Like Pro 2). Производительность одного принтера – 1 296 наборов в год. Финансовая модель на 2027–2031 гг. показала: выручка вырастет с 3,81 до 64,49 млн руб., чистая прибыль достигнет 33,31 млн руб. в 2031 г., рентабельность продаж – 52%, запас прочности – 62%. Точка безубыточности – 2028 г. Выбрана комбинированная налоговая схема и тариф РКО. Разработаны

маркетинговая стратегия, дорожная карта развития и система управления рисками.

Таким образом, цель работы достигнута, все задачи решены. Проект является технологически реализуемым, экономически обоснованным и коммерчески привлекательным, подтверждая, что аддитивные технологии открывают широкие возможности для нишевых инновационных стартапов в России. Результаты могут быть использованы для запуска реального бизнеса, а также органами власти при формировании политики поддержки аддитивных технологий.