

УДК 621

**3D-ПЕЧАТЬ В МАШИНОСТРОЕНИИ.
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ В РОССИИ**

Иванов И.А. студент гр. ПМТ-241, II курс,

Николаенко В.М. студент гр. ПМТ-241, II курс

Научный руководитель: Черкасова В.В., преподаватель СПО ЭПХиНТ
Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

В российском машиностроении аддитивные технологии (3D-печать) активно переходят от экспериментального применения к промышленному внедрению. Они позволяют быстро изготавливать сложные металлические детали, оптимизировать конструкции, сокращать сроки ремонта оборудования и снижать зависимость от импортных поставок.

Согласно данным Ассоциации развития аддитивных технологий, объём российского рынка аддитивных технологий в 2025 году составил 22,3 млрд рублей, показав рост на 21 % [1]. Ведущими потребителями выступают атомная промышленность, двигателестроение, авиация, космос и общее машиностроение. Государственная стратегия развития аддитивных технологий до 2030 года ставит задачу создания конкурентоспособной отечественной отрасли, способной обеспечить технологический суверенитет [2].

В отечественном машиностроении наиболее востребованы технологии селективного лазерного плавления (SLM/DMLS) для металлических деталей, а также FDM и SLS для оснастки и функциональных элементов [3].

Технологии SLM и DMLS относятся к группе лазерного плавления металлических порошков. Высокоточный лазер избирательно расплавляет или спекает частицы металла слой за слоем в инертной атмосфере. После нанесения каждого нового слоя порошка процесс повторяется согласно модели. В результате получают полностью плотные металлические детали с высокими механическими характеристиками. Эти методы особенно востребованы в аэрокосмической отрасли, медицине и автомобилестроении благодаря возможности создавать сложные внутренние структуры и лёгкие конструкции. Однако они требуют использования поддерживающих структур и последующей термообработки для снятия внутренних напряжений.

FDM/FFF – наиболее распространённая и доступная технология 3D-печати. Термопластичная нить подаётся в нагреваемый экструдер, где плавится и послойно наносится на платформу построения. FDM является запатентованным названием компании Stratasys, в то время как FFF представляет собой открытый аналог данной технологии. Метод отличается простотой, низкой стоимостью оборудования и широким выбором материалов, включая стандартные и композитные пластики. Он идеально подходит для быстрого

производства функциональных деталей, хотя поверхность изделий имеет заметную слоистую структуру, а точность и изотропность свойств остаются относительно невысокими.

SLS представляет собой технологию селективного лазерного спекания полимерных порошков, чаще всего различных марок нейлона. Лазер избирательно спекает частицы порошка в твёрдую массу, при этом неспечённый порошок выступает в роли естественной поддержки для модели. Благодаря этому метод не требует дополнительных поддерживающих структур и позволяет печатать сложные геометрии, подвижные механизмы и сразу целые партии деталей [4]. SLS обеспечивает хорошие механические свойства и относительно гладкую поверхность, что делает его популярным для функциональных прототипов и мелкосерийного производства в инженерии, автомобилестроении и потребительских товарах.

Binder Jetting – это технология, при которой печатающая головка избирательно наносит жидкое связующее на тонкий слой порошка (металл, песок, керамика или композит). После завершения печати получается так называемая «зелёная» деталь, которая проходит обязательную постобработку: удаление связующего, спекание в печи или инфильтрацию. Метод отличается высокой скоростью печати, возможностью работы с крупными объёмами и относительно низкой стоимостью по сравнению с лазерными технологиями. Binder Jetting широко применяется для изготовления металлических деталей, песчаных форм для литья, керамических изделий и полноцветных прототипов.

В таблице 1 представлено сравнение основных методов печати в Российском машиностроении.

Таблица 1

Технология	Материалы	Точность,мм	Прочность деталей	Скорость печати	Стоимость оборудования
SLM/ DMLS	Нерж. сталь, титан, алюминий и тд.	0,05	Очень высокая	Низкая	Очень высокая
FDM/ FFF	Инженерные пластики	0,1-0,3	Средне-высокая	Средняя	Средняя
SLS	Полиамид и композиты	0,1	Высокая	Высокая	Высокая
Binder Jetting	Металлические порошки	0,2	Высокая после спекания	Очень высокая	Высокая

Реализуемые проекты в России

Одним из самых значимых проектов является работа Госкорпорации «Росатом». В декабре 2025 года Центральный научно-исследовательский институт технологии машиностроения (ЦНИИТМАШ) изготовил и отгрузил два промышленных 3D-принтера нового поколения MeltMaster3D [5] для металлургического завода «АЭМ-Спецсталь». Один из них – MeltMaster3D-350BT – предназначен для исследовательских задач и работы с высокотемпературными

ми расплавами. Эти установки позволяют работать с нержавеющей сталью, титаном, алюминием и трудно свариваемыми сплавами при повышенных температурах (до 800 °С). Особое внимание уделяется крупногабаритной печати для тяжёлого машиностроения.

В 2026 году Росатом планирует произвести не менее 50 промышленных 3D-принтеров различных форматов (включая крупногабаритный RusMelt 600M с зоной построения 600×600×600 мм). Эти машины уже используются для изготовления оснастки, запасных частей и сложных элементов оборудования в атомном и энергетическом машиностроении.

Опытное конструкторское бюро машиностроения им. И.И. Африкантова (ОКБМ Африкантов) впервые в России разработало нормативную документацию для применения 3D-печати при изготовлении элементов реакторной установки РИТМ-200 [6]. В 2025 году методом SLM была изготовлена коробка клеммная насосного оборудования для ядерной энергетической установки. Это открывает путь к сертификации и серийному использованию аддитивных деталей в атомном машиностроении.

Объединённая двигателестроительная корпорация (ОДК, Ростех) активно внедряет 3D-печать в серийное производство газотурбинных двигателей. Технология применяется для деталей двигателей ПД-14, ПД-8, ПД-35 и ГТД-110М [7]. В 2025 году сертифицированы и запущены в серию компоненты топливной системы и горячего тракта. Центр аддитивных технологий ОДК в Москве проводит экскурсии и демонстрирует реальные «выращенные» металлические детали авиационных двигателей.

На предприятиях станкостроения и общего машиностроения 3D-печать используется для изготовления технологической оснастки, кондукторов и приспособлений, что сокращает время подготовки к ремонту оборудования в несколько раз. Чепецкий механический завод и другие предприятия Росатома уже произвели сотни моделей оснастки с помощью отечественных принтеров.

Реальные российские кейсы подтверждают высокую отдачу. Применение 3D-печати позволяет сократить сроки изготовления сложных деталей с нескольких месяцев до нескольких дней, снизить затраты на 50-90 % [8] для единичного и мелкосерийного производства, а также уменьшить материалоемкость конструкций на 20-40 %. Окупаемость промышленного 3D-принтера в машиностроительном производстве наступает, как правило, за 1-3 года. Особенно заметен эффект в народных службах: вместо ожидания импортных запчастей предприятия печатают необходимые узлы на месте.

Перспективы развития до 2030 года

Согласно «Стратегии развития аддитивных технологий Российской Федерации на период до 2030 года», ключевыми направлениями станут:

- массовое серийное производство отечественных 3D-принтеров (Росатом планирует существенно нарастить выпуск в 2026–2027 годах);

- разработка новых материалов и порошков российского производства;
- интеграция 3D-печати с цифровыми двойниками и искусственным интеллектом для автоматического восстановления изношенных деталей;
- расширение нормативной базы и отраслевых стандартов (работа уже ведётся ОКБМ Африкантов и Центром аддитивных технологий ОДК);
- создание «цифровых складов» запасных частей на машиностроительных предприятиях.

К 2030 году аддитивные технологии должны стать неотъемлемой частью производственных процессов в станкостроении, тяжёлом машиностроении, двигателестроении и атомной отрасли, обеспечивая технологическую независимость и повышение конкурентоспособности российской промышленности

3D-печать в российском машиностроении уже вышла на промышленный уровень. Реализуемые проекты Росатома, Ростеха, ОДК и других предприятий демонстрируют практические результаты: от изготовления элементов реакторных установок и авиационных двигателей до производства собственного аддитивного оборудования.

Дальнейшее развитие технологий, нормативной базы и отечественного производства принтеров позволит значительно сократить сроки ремонта и изготовления деталей, снизить затраты и укрепить технологический суверенитет России в машиностроении.

Список литературы:

1. Национальная промышленность и 3D-печать: как развивается рынок аддитивных технологий в России // сетевое издание «Компьютерра www.computerra.ru» / гл. ред. Э.В. Новикова – 2025. – URL: <https://www.computerra.ru/310980/natsionalnaya-promyshlennost-i-3d-pechat-kak-razvivaetsya-rynok-additivnyh-tehnologij-v-rossii/> (дата обращения: 31.03.2026).
2. Российская Федерация. Правительство. Распоряжение Правительства РФ от 14 июля 2021 г. № 1913-р «Об утверждении Стратегии развития аддитивных технологий в Российской Федерации на период до 2030 года» // Гарант : информационно-правовой портал. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/401404208/> (дата обращения: 31.03.2026).
3. Буркова, Т.А. Особенности применения 3D печати / Т.А. Буркова, А.А. Перелыгина. – Текст : электронный // Мировая наука. – 2018. – № 11 (20). – С. 50-53. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-primeneniya-3d-pechati-v-mashinostroenii/viewer> (дата обращения 31.03.2026).
4. Плешаков, А.В. Технологии 3D-печати и их применение в машиностроении / Текст : электронный // Мировая наука. – 2025. – № 3 (96). – С. 51-54. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologii-3d-pechati-i-ih-primeneniye-v-mashinostroenii/viewer> (дата обращения 31.03.2026).

5. «Росатом» изготовил два 3D-принтера нового поколения // Страна Росатом. – 2025. – URL: <https://strana-rosatom.ru/2025/12/19/rosatom-izgotovil-dva-3d-printera-nov/> (дата обращения: 31.03.2026).

6. «Росатом» стандартизировал первую технологию 3D-печати элементов оборудования для малого реактора РИТМ-200 // Атомная энергия 2.0. – 2025. – URL: <https://www.atomic-energy.ru/news/2025/11/21/161268> (дата обращения: 31.03.2026).

7. ОДК сертифицировала «выращенные» детали серийного ПД-14 // Ростех : официальный сайт Госкорпорации. – 2025. – 28 августа. – URL: <https://rostec.ru/media/news/odk-sertifitsirovala-vyrashchennye-detali-seriynogo-pd-14/> (дата обращения: 31.03.2026).

8. Расширяя границы: как 3D-печать развивает российскую промышленность // сетевое издание: «forbes.ru». – 2024. – URL: <https://www.forbes.ru/spetsproekt/524935-rassiraa-granicy-kak-3d-pecat-razvivaet-rossijskuu-promyslennost> (дата обращения: 31.03.2026).