



## РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА/REGIONAL AND SECTORAL ECONOMICS

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.167.46> EDN: SKXDEX

## ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

Научная статья

Дубинина М.Г.<sup>1,\*</sup><sup>1</sup> ORCID : 0000-0002-4578-668X;<sup>1</sup>Центральный экономико-математический институт РАН, Москва, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (mgdub[at]yandex.ru)

Предложена: 09.03.2026; Принята: 30.04.2026; Опубликовано: 18.05.2026

**Аннотация**

Статья посвящена анализу проблем развития аддитивного производства в России и за рубежом. Рассмотрена динамика мирового рынка 3D-печати, структура его выручки и основные отрасли, предъявляющие спрос на продукцию аддитивного производства. На примере стран Европы оценена взаимосвязь между долей предприятий, использующих аддитивные технологии, и социально-экономическими показателями (долей занятых в производстве машин и оборудования в общей численности занятых в обрабатывающей промышленности, индексом развития человеческого капитала и других). С помощью регрессионной модели по 82 регионам России за 2023 г. показано, что доля предприятий, применяющих передовые производственные технологии в области 3D-печати, выше там, где развиты высокотехнологичные обрабатывающие производства и цифровые технологии.

**Ключевые слова:** 3D-печать, цифровые технологии, 3D-принтеры, мировой рынок, обрабатывающие производства.

**CURRENT CHALLENGES IN ADDITIVE MANUFACTURING DEVELOPMENT**

Research article

Dubinina M.G.<sup>1,\*</sup><sup>1</sup> ORCID : 0000-0002-4578-668X;<sup>1</sup>Central Economics and Mathematics Institute RAS, Moscow, Russian Federation

\* Corresponding author (mgdub[at]yandex.ru)

Suggested: 09.03.2026; Accepted: 30.04.2026; Published: 18.05.2026

**Abstract**

This article analyzes the development of additive manufacturing in Russia and abroad. It examines the dynamics of the global 3D printing market, its revenue structure, and the main industries with demand for additive products. Using European countries as an example, the relationship between the share of companies using additive technologies and socioeconomic indicators (the share of employed in machinery and equipment production in the total number of employed in the manufacturing, the human capital development index, and others) is assessed. A regression model for 82 Russian regions for 2023 shows that the share of companies using advanced 3D printing production technologies is higher in regions with developed high-tech manufacturing industries and digital technologies.

**Keywords:** 3D printing, digital technologies, 3D printers, global market, manufacturing.

**Введение**

Аддитивное производство (АП, или 3D-печать) в настоящее время находится на стадии активного роста. Эта технология, представляющая собой процесс создания трехмерных объектов с помощью послойного добавления материала по заданной цифровой модели [1], обычно подразумевает промышленное использование 3D-печати в таких областях, как изготовление инструментов, создание прототипов и проверка конструкции, а также мелкосерийное производство конечных деталей. Аддитивные технологии (АТ) различаются по применяемым материалам (металл, пластик, керамика и другие типы материалов), максимальным габаритам печатаемых объектов, скорости печати, эффективности производства.

В большинстве развивающихся стран и стран с переходной экономикой АТ открывают возможности для быстрой индустриализации, экономического восстановления, развития трудовых ресурсов, быстрого развития предпринимательства и создания рабочих мест [2].

Эффективность использования аддитивных технологий определяется себестоимостью производимой продукции, основной вклад в которую вносит стоимость оборудования. Цена промышленных металлических 3D-принтеров на российском рынке в настоящее время варьируется от 135 тыс. руб. до примерно 45 млн руб. в зависимости от используемой технологии печати, размера, прочности, типа металла и других факторов [3]. В общую стоимость процесса 3D-печати также входят затраты на расходные материалы, постобработку, эксплуатацию и техническое обслуживание.

Моделирование и проектирование считаются ключевыми этапами в цепочке создания стоимости АП. Они определяют необходимые материалы, оборудование, процесс и методы постобработки. В результате получается

продукт, который должен пройти оценку качества и тестирование в зависимости от требований конечного пользователя [4].

Методология данного исследования основана на изучении влияния социально-экономических факторов на распространение аддитивного производства на примере европейских стран и регионов России. С помощью регрессионных моделей по пространственным данным оценивается влияние уровня развития цифровых технологий на предприятиях, доли обрабатывающих производств в экономике и обеспеченности квалифицированными кадрами на распространение 3D-печати по странам мира и регионам России.

## Основные результаты

### 2.1. Мировой рынок АП

По оценкам консалтинговой компании Wohlers Association, которая собирает данные о развитии АП более 30 лет, мировые продажи в области аддитивного производства за период 2007–2025 гг. выросли более чем в 20 раз (с 1,147 млрд долл. в 2007 г. до 24,2 млрд долл. в 2025 г. [5]).

При этом в 2025 г. в структуре мирового рынка наибольшая доля приходилась на услуги 3D-печати (48,3%), далее следовали материалы (25,4%) и продажи оборудования (20,2%). На программное обеспечение приходилось 5,8% мирового рынка АП.

Мировой рынок промышленного оборудования для АП, по оценкам Gen Consulting Company, за период 2010–2021 гг. вырос количественно более чем в 4 раза, в стоимостном — более чем в 12 раз [6].

По оценкам Wohlers Association, за период 2007–2024 гг., поставки систем 3D-печати для обработки металлических деталей выросли на 24,4% в количественном выражении и на 11,1% — в стоимостном. Сегмент материалов для 3D-печати демонстрирует самые высокие темпы роста, что отражает расширение их промышленного внедрения. За период 2015–2021 гг. мировые продажи материалов для АП выросли в 3,4 раза, при этом самый высокий рост наблюдался в применении металлов (в 5,4 раза), их доля в структуре продаваемых материалов выросла с 11,5% в 2015 г. до 18,2% в 2021 г. [5].

Специальное программное обеспечение для АП используется на этапах от разработки продукта до проектирования и моделирования прототипов и конечных продуктов. Оно помогает повысить эффективность использования материалов и производственного процесса, сократить количество итераций в процессе разработки, снизить энергопотребление в течение всего срока службы продукта. В структуре ПО в 2022 г. 38,3% приходилось на ПО для проектирования, 20,6% — на ПО для контроля качества, 19,8% — для ПО для принтеров и 15,1% — на ПО для сканирования [7].

Среди отраслей промышленности основной спрос на АП предъявляют аэрокосмическая и оборонная промышленность (более 30% в 2023 г., рис. 1).

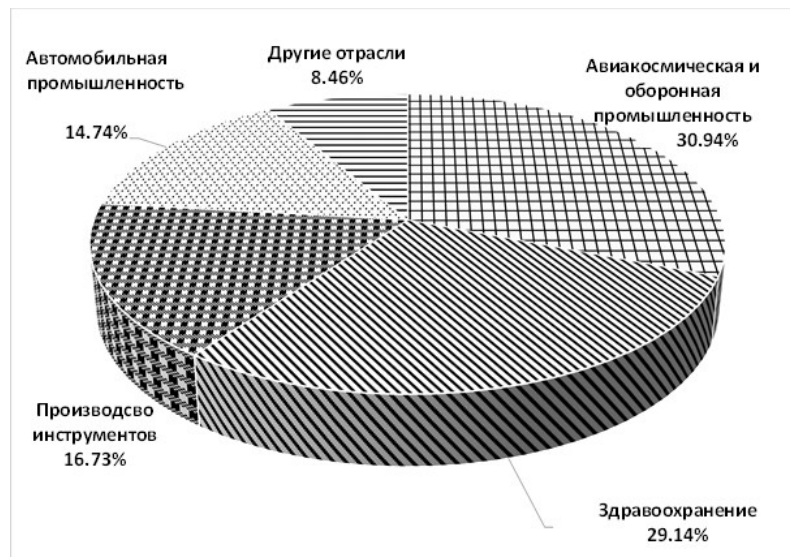


Рисунок 1 - Структура мирового потребления продуктов АП по отраслям экономики, 2023 г.

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.167.46.1>

Примечание: источник: [8]

Компания General Electric (GE) является пионером в использовании аддитивных технологий в аэрокосмическом проектировании. GE использует АП для изготовления топливных форсунок для реактивных двигателей, которые на 25% легче и в 5 раз долговечнее, чем изготовленные традиционными методами [9]. Кроме того, АП предоставляет аэрокосмической отрасли возможность проектировать и изготавливать формы и конструкции, которые невозможно получить с помощью традиционных методов производства [10]. Компания Saab (Швеция) разработала пятиметровый фюзеляж самолета Gripen, полностью напечатанный на 3D-принтере с использованием аддитивной системы производства Divergent Technologies, который планируется поднять в воздух в 2026 г. Предложенный подход

объединяет АП, оптимизацию на основе искусственного интеллекта и проектирование на основе моделей в единой физической конструкции [11].

В автомобильной промышленности АТ используются для проектирования и производства легких компонентов для снижения веса автомобиля без ущерба для прочности. Некоторые компании (например, Ford) использовали 3D-печать для быстрого прототипирования деталей автомобилей, значительно сократив время выхода на рынок и снизив затраты этого этапа более чем на 50%. В 2023 г. мировой рынок автомобильной 3D-печати достиг 4,7 млрд долл. в основном за счет растущего спроса на автомобили, изготовленные на заказ [12].

3D-печать пока недостаточно быстра для крупномасштабного производства, но она более экономична для мелкосерийного. Кроме того, благодаря отсутствию ограничений, присущих процессам массового производства, детали, напечатанные на 3D-принтере, могут быть спроектированы таким образом, чтобы функционировать более эффективно. Помимо производства, АП меняет динамику цепочек поставок и бизнес-модели, обеспечивая децентрализованное производство и сокращение сроков выполнения заказов.

## 2.2. Развитие аддитивного производства в Европе

Доля стран Европы в общих мировых отгрузках 3D-принтеров за период 2007–2021 гг. выросла более чем в 6 раз (с 3,9% в 2007 г. до 23,9% в 2021 г.), а их доля в мировом рынке АП в 2023 г. по данным Technavio составила 29,1%.

В структуре потребления АП по секторам экономики в Европе первое место занимает автомобильная промышленность (19,7% рынка в 2022 г.). Все больше автомобильных компонентов, таких как детали кузова и трансмиссии, а также элементы интерьера, например, дышащие сиденья Audi, теперь изготавливаются с использованием 3D-печати. В 2023 г. один из центров BMW произвел 300 тыс. деталей с использованием АП. Компания Mercedes-Benz использует АП в основном для технического обслуживания, создав мобильные центры 3D-печати с цифровыми двойниками для локального производства запасных частей для своих автобусов [13].

Среди стран Европы главным производителем 3D-принтеров является Германия. Она входит в топ-3 стран в мире по их продажам, а доля страны в стоимостной оценке европейского рынка АП в 2022 г. составляла более 26% (рис. 2). Далее следовали Великобритания (20,8%) и Франция (17,5%).

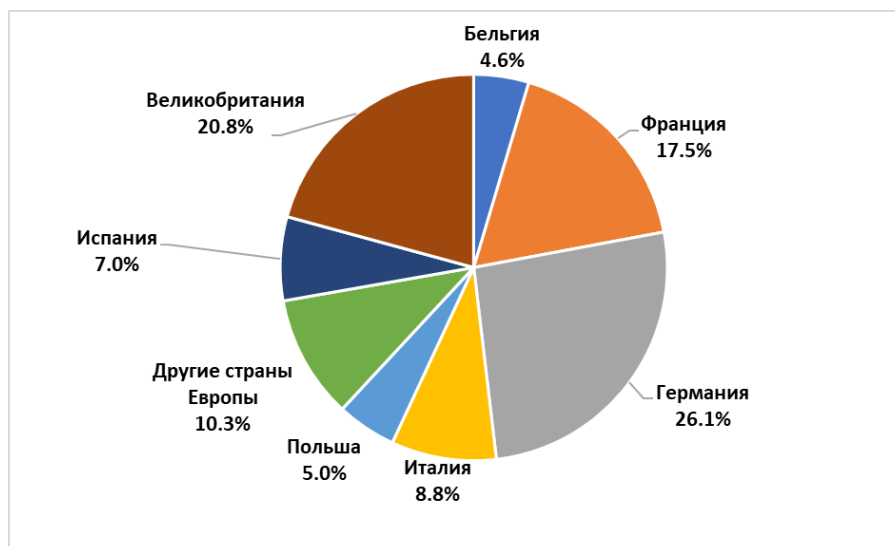


Рисунок 2 - Стоимостная структура АП в Европе в 2022 г.

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.167.46.2>

Примечание: рассчитано по данным [13]

## Моделирование влияния социально-экономических факторов на распространение 3D-печати

В данном исследовании на примере европейских стран проанализирована взаимосвязь доли предприятий, использующих технологии 3D-печати в общем числе предприятий в стране, с уровнем развития цифровых технологий и другими социально-экономическими факторами (индексом человеческого капитала, индексом социального прогресса, долей обрабатывающей промышленности в ВВП страны и др., табл. 1).

Таблица 1 - Коэффициенты корреляции между долей предприятий, использующих АТ, в общем количестве предприятий и социально-экономическими показателями по 33 странам Европы, 2020 г.

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.167.46.3>

Социально-экономические факторы	Коэффициент корреляции
Доля предприятий, использующих облачные вычисления	0,640
Доля предприятий, использующих	0,576

Социально-экономические факторы	Коэффициент корреляции
фиксированный широкополосный доступ в интернет	
Доля предприятий, использующих мобильный широкополосный доступ в интернет	0,377
ВВП на душу населения	0,604
Доля затрат на НИОКР в ВВП, %	0,665
Индекс социального прогресса (SPI)	0,660
Индекс человеческого капитала (HDI)	0,746
Индекс мобильной связи (МСІ)	0,610
Доля добавленной стоимости производства машин и оборудования в ВВП, %	0,680
Доля занятых в производстве машин и оборудования в общей численности занятых в ОП, % 4,2) (2,3)	–

Примечание: рассчитано автором по данным [14]

По данным 25 европейских стран за 2020 г. наиболее адекватной исходным данным оказалась модель вида:

$$Y = -65,5 + 0,32X_1 + 0,54X_2 + 47,3X_3, R^2 = 0,81 \quad (1)$$

(-4,7) (2,1) (4,2) (2,3)

(в скобках указаны t-статистики)

где Y — доля предприятий, использующих 3D- печать в своей деятельности, %;

X<sub>1</sub> — доля предприятий, имеющих фиксированный широкополосный доступ в интернет, %;

X<sub>2</sub> — доля занятых в производстве машин и оборудования в общей численности занятых в ОП, %;

X<sub>3</sub> — индекс развития человеческого капитала.

Корреляционная матрица для этих факторов выявила отсутствие мультиколлинеарности в модели (1) (табл. 2).

Таблица 2 - Корреляционная матрица для показателей, включенных в модель (1)

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.167.46.4>

–	Y	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>
Y	1	–	–	–
X <sub>1</sub>	0,576	1	–	–
X <sub>2</sub>	0,755	0,391	1	–
X <sub>3</sub>	0,746	0,423	0,524	1

Проверка остатков модели по тестам Голдфелда-Квандта и Бреуша-Пагана показала отсутствие гетероскедастичности. Анализ асимметрии и эксцесса ошибок уравнения подтвердил их нормальное распределение. Проверка факторов на эндогенность по отношению к ошибке уравнения показала отсутствие значимой корреляции для всех факторов. Двусторонняя причинно-следственная связь между Y и факторами X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub> и X<sub>3</sub> может присутствовать только по отношению к X<sub>2</sub>. Однако использование двухшагового МНК с инструментальной переменной доли добавленной стоимости производства машин и оборудования в ВВП стран для X<sub>2</sub> показало значимость и устойчивость всех коэффициентов регрессии.

Полученные результаты свидетельствуют о значимом положительном влиянии всех рассмотренных факторов на распространение АП среди предприятий европейских стран. При этом оценка стандартизированных коэффициентов регрессии показала, что наибольшее влияние на уровень распространения АП в странах Европы оказывает доля занятых в производстве машин и оборудования в общей численности занятых в ОП (стандартизированный коэффициент равен 0,484) по сравнению индексом человеческого капитала (0,304) и долей предприятий, имеющих фиксированный широкополосный доступ в интернет (0,279).

### 3.1. Развитие рынка 3D-печати в России

Несмотря на сложную геополитическую обстановку, российский рынок АТ устойчиво растет. В 2021 г. была принята «Стратегия развития аддитивных технологий в Российской Федерации на период до 2030 года» [15], согласно которой по целевому сценарию прогнозируется рост объема российского рынка АТ к 2030 г. более чем в 4,2 раза, аддитивного оборудования и комплектующих — в 4,4 раза, инвестиций российских предприятий АП в основной капитал — в 8 раз. В 2025 г. началась реализация Национального проекта «Новые материалы и химия», который ставит своей целью создание экосистемы, обеспечивающей полный цикл разработки, тестирования и серийного производства новых материалов, в том числе применяемых в АП.



К 2024 г. индекс роста АП в России составил 2,95 по отношению к 2021 г., а рынок 3D-принтеров — 2,99. В структуре российского рынка АП в 2024 г. более 41,2% приходилось на продажи оборудования, 23,8% — на услуги центров АТ, 21,4% — на материалы для АП [16]. Однако по оценкам Wohlers Report 2025, на долю России приходилось всего 2,2% мирового рынка АП.

АТ используются в России для ремонта и замены изношенных частей оборудования, поставки которых в страну не осуществляются, для создания уникальных конструкций и изделий очень сложной формы, которые требуют длительного проектирования и подготовки при традиционном производстве, новых агрегатов и установок для решения проблем технологического суверенитета, персонализации предоставляемых услуг в медицине. В 2024 г. средняя локализация производства 3D-принтеров в стране оценивалась примерно в 70,4% (в 2021 г. — 53,2%) [17].

В данном исследовании было проведено моделирование распространения АП по 82 регионам России за 2023 г., где в качестве показателя  $Y$  была принята доля передовых производственных технологий (ППТ) в области АП в общем количестве применяемых ППТ в регионе. С помощью взвешенного метода наименьших квадратов (ВМНК) была построена модель вида:

$$Y = -0,57 + 1,44X_1 + 25,7X_2 + 0,014X_3 + 0,01X_4, R^2 = 0,64 \quad (2)$$

(-2,6) (5,2) (7,7) (3,9) (1,9)

где  $X_1$  — доля обрабатывающих производств в ВРП региона, %;

$X_2$  — доля затрат на НИОКР в ВРП региона, %;

$X_3$  — доля инновационно активных компаний в общем количестве компаний региона, %;

$X_4$  — доля предприятий региона, имеющих мобильное широкополосное подключение к интернету, %.

Анализ корреляционной матрицы для модели (2) показал отсутствие мультиколлинеарности между факторами. Для учета возможной гетероскедастичности для оценки параметров (2) использовались стандартные ошибки и ковариация по методу Уайта-Хинкли. Согласно R/S-критерию, рассчитанное значение которого попадает в интервал критических значений для данного числа наблюдений и уровня значимости 5%, нулевая гипотеза о нормальном распределении ошибок модели не отклоняется. Анализ коэффициентов корреляции между ошибками модели и включенными в нее факторами показал их низкое значение, что свидетельствует об экзогенности переменных  $X_i$ . Кроме того, возможное обратное влияние показателей используемых ППТ в области АП на факторы, включенные в модель, в момент времени  $t$  отсутствует и может проявиться только спустя некоторое время.

Таким образом, выявлена значимая положительная зависимость распространения АП в регионе от доли ОП в ВРП, затрат на НИОКР, общей инновационной активности компаний и уровня распространения мобильного широкополосного доступа в интернет на предприятиях региона.

### Заключение

Выявленные зависимости свидетельствуют о том, что для распространения АП требуется развитие обрабатывающих производств, в том числе производства машин и оборудования, высокая доля затрат на НИОКР, высокий уровень развития человеческого капитала и цифровизации производства.

Полученные выводы опираются на пространственные данные по европейским странам и регионам России, что является ограничением данных моделей. В дальнейшем, при появлении новой информации, было бы целесообразно провести анализ по панельным данным и сравнить результаты исследования.

Введенные против России экономические санкции заблокировали импорт оборудования из США и ЕС, но при этом произошел рост внутреннего потребления АП в ОПК, медицине и энергетике. Факторами роста рынка АП в России стали активная государственная поддержка, курс на импортозамещение и рост внутреннего спроса от ключевых секторов промышленности. Однако развитие технологий 3D-печати по регионам происходит неравномерно. Применение ППТ в области АП выше в тех регионах России, где больше количество исследователей в общем числе занятых, более высокий уровень цифровизации, а также больше доля инновационно активных предприятий.

### Конфликт интересов

Не указан.

### Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

### Conflict of Interest

None declared.

### Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

### Список литературы / References

1. 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. — DOI: 10.20537/mce2023econ08
2. Cooke S. Metal additive manufacturing: technology, metallurgy and modelling / S. Cooke, K. Ahmadi, S. Willerth et al. // J. Manuf. Process. — 2020. — 57. — P. 978–1003. — DOI: 10.1016/J.JMAPRO.2020.07.025
3. Сколько стоит 3D-принтер по металлу? // Хабр. — 2024. — URL: <https://habr.com/ru/companies/top3dshop/articles/831592/?ysclid=mk7b9q5bi8233960195>. (дата обращения: 05.03.26)



4. Romainville J.-F. EU Market for 3DP Demonstration Equipment and Services – Preliminary Report / J.-F. Romainville, F. Bley // 3DP Pan EU Consortium. — 2021.
5. Wohlers Report 2026 // Wohlers Association. — 2026. — URL: <https://platform.wohlersassociates.com/insights/wohlers-report-2026>. (дата обращения: 04.03.26)
6. Global Additive Manufacturing Market 2023 // Gen Consulting Company. — 2023. — URL: <https://gen-cons.com/store/global-additive-manufacturing-market-2023>. (дата обращения: 03.02.26)
7. E-Commerce Software and Platform Report // Apollo Research Platform. — 2022. — URL: <https://app.statzon.com/datasets/6dpKm>. (дата обращения: 02.03.26)
8. Global Additive Manufacturing Market 2024-2028 // Technavio. — 2025. — URL: <https://www.doc88.com/p-69437863303595.html>. (дата обращения: 05.02.26)
9. Dehghan S. The Integration of Additive Manufacturing into Industry 4.0 and Industry 5.0: A Bibliometric Analysis (Trends, Opportunities, and Challenges) / S. Dehghan, S. Sattarpanah Karganroudi, S. Echchakoui et al. // Machines. — 2025. — 13. — P. 1–37. — DOI: 10.3390/machines13010062
10. Klenam D.E.P. Additive manufacturing: shaping the future of the manufacturing industry – overview of trends, challenges and opportunities / D.E.P. Klenam, F. McBagonluri, T.K. Asumadu // Applications in Engineering Science. — 2025. — 22. — P. 1–32. — DOI: 10.1016/j.apples.2025.100224
11. A 3D-printed aircraft? Saab reveals world-first fuselage built entirely by AI and additive manufacturing // Aerospace Global News. — 2025. — URL: <https://aerospaceglobalnews.com/news/saab-3d-printed-ai-designed-aircraft-fuselage/>. (дата обращения: 04.03.26)
12. Which European Car Manufacturers Are Using 3D Printing? // 3Dnatives. — 2024. — URL: <https://www.3dnatives.com/en/which-european-car-manufacturers-are-using-3d-printing-260920244/#!>. (дата обращения: 02.03.26)
13. Science, Technology, Digital Society // Eurostat Database. — 2025. — URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/data/database>. (дата обращения: 06.03.26)
14. Europe 3D printing market forecast 2023-2032 // Inkwood Research. — 2024. — URL: <https://www.inkwoodresearch.com/reports/europe-3d-printing-market>. (дата обращения: 25.02.26)
15. Стратегия развития аддитивных технологий в Российской Федерации на период до 2030 года : [принят ПРАВИТЕЛЬСТВОМ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ 2021-07-14]. — [1913-р-е изд]. 2021. — URL: <http://static.government.ru/media/files/ogvdrJAzZEh7roHJAZwVEGZw6yTxBaJu.pdf> (дата обращения: 09.03.26).
16. Трубащевский Д.С. Российский рынок аддитивного производства на новом витке / Д.С. Трубащевский // Полимерные материалы. — 2025. — 9(316). — С. 28–35.
17. Петров В.Е. Повышение эффективности производственных систем на основе применения аддитивных технологий: современное состояние и перспективы развития / В.Е. Петров, А.В. Олейник, Д.С. Трубащевский // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. — 2024. — 8. — С. 88–97. — DOI: 10.24412/2071-6168-2024-8-88-89

### Список литературы на английском языке / References in English

1. Dubinina M.G. Additivnoe proizvodstvo v Rossii i za rubezhom [Additive manufacturing in Russia and abroad] / M.G. Dubinina // Matematika. Komp'yuter. Obrazovanie [Mathematics. Computer. Education: Collection of scientific papers]. — 2023. — 30. — P. 96–103. — DOI: 10.20537/mce2023econ08 [in Russian]
2. Cooke S. Metal additive manufacturing: technology, metallurgy and modelling / S. Cooke, K. Ahmadi, S. Willerth et al. // J. Manuf. Process. — 2020. — 57. — P. 978–1003. — DOI: 10.1016/J.JMAPRO.2020.07.025
3. Skol'ko stoit 3D-printer po metallu? [How much does a metal 3D printer cost?] // Habr. — 2024. — URL: <https://habr.com/ru/companies/top3dshop/articles/831592/?ysclid=mk7b9q5bi8233960195>. (accessed: 05.03.26) [in Russian]
4. Romainville J.-F. EU Market for 3DP Demonstration Equipment and Services – Preliminary Report / J.-F. Romainville, F. Bley // 3DP Pan EU Consortium. — 2021.
5. Wohlers Report 2026 // Wohlers Association. — 2026. — URL: <https://platform.wohlersassociates.com/insights/wohlers-report-2026>. (accessed: 04.03.26)
6. Global Additive Manufacturing Market 2023 // Gen Consulting Company. — 2023. — URL: <https://gen-cons.com/store/global-additive-manufacturing-market-2023>. (accessed: 03.02.26)
7. E-Commerce Software and Platform Report // Apollo Research Platform. — 2022. — URL: <https://app.statzon.com/datasets/6dpKm>. (accessed: 02.03.26)
8. Global Additive Manufacturing Market 2024-2028 // Technavio. — 2025. — URL: <https://www.doc88.com/p-69437863303595.html>. (accessed: 05.02.26)
9. Dehghan S. The Integration of Additive Manufacturing into Industry 4.0 and Industry 5.0: A Bibliometric Analysis (Trends, Opportunities, and Challenges) / S. Dehghan, S. Sattarpanah Karganroudi, S. Echchakoui et al. // Machines. — 2025. — 13. — P. 1–37. — DOI: 10.3390/machines13010062
10. Klenam D.E.P. Additive manufacturing: shaping the future of the manufacturing industry – overview of trends, challenges and opportunities / D.E.P. Klenam, F. McBagonluri, T.K. Asumadu // Applications in Engineering Science. — 2025. — 22. — P. 1–32. — DOI: 10.1016/j.apples.2025.100224
11. A 3D-printed aircraft? Saab reveals world-first fuselage built entirely by AI and additive manufacturing // Aerospace Global News. — 2025. — URL: <https://aerospaceglobalnews.com/news/saab-3d-printed-ai-designed-aircraft-fuselage/>. (accessed: 04.03.26)



12. Which European Car Manufacturers Are Using 3D Printing? // 3Dnatives. — 2024. — URL: <https://www.3dnatives.com/en/which-european-car-manufacturers-are-using-3d-printing-260920244/#!>. (accessed: 02.03.26)
13. Science, Technology, Digital Society // Eurostat Database. — 2025. — URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/data/database>. (accessed: 06.03.26)
14. Europe 3D printing market forecast 2023-2032 // Inkwood Research. — 2024. — URL: <https://www.inkwoodresearch.com/reports/europe-3d-printing-market>. (accessed: 25.02.26)
15. Strategiya razvitiya additivnykh tekhnologii v Rossiiskoi Federatsii na period do 2030 goda [Strategy for the development of additive technologies in the Russian Federation for the period up to 2030] : [accepted by GOVERNMENT OF THE RUSSIAN FEDERATION 2021-07-14]. — [1913-p edition]. 2021. — URL: <http://static.government.ru/media/files/ogvdrJAzZEx7roHJAZwVEGZw6yTxBaJu.pdf> (accessed: 09.03.26). [in Russian]
16. Trubashevskij D.S. Rossijskij ry'nok additivnogo proizvodstva na novom vitke [The Russian additive manufacturing market is entering a new phase.] / D.S. Trubashevskij // Polymeric materials. — 2025. — 9(316). — P. 28–35. [in Russian]
17. Petrov V.E. Povy'shenie e'ffektivnosti proizvodstvenny'x sistem na osnove primeneniya additivny'x tekhnologij: sovremennoe sostoyanie i perspektivy' razvitiya [Improving the efficiency of production systems through the use of additive technologies: current status and development prospects] / V.E. Petrov, A.V. Olejnik, D.S. Trubashevskij // News of Tula State University. Technical Sciences. — 2024. — 8. — P. 88–97. — DOI: 10.24412/2071-6168-2024-8-88-89 [in Russian]