

УДК 33**Драйверы и барьеры коммерциализации аддитивного производства на примере 3-D печати****Силакова Вера Владимировна**

Доктор экономических наук, профессор,
кафедра экономики и организации производства,
Российский государственный аграрный
университет - МСХА им. К.А. Тимирязева,
127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49;
e-mail: v.silakova@rgaumscha.ru

Аннотация

В статье проведен комплексный анализ тенденций развития технологии 3D-печати в промышленном и коммерческом секторах в период 2023-2024 годов. Исследование выявляет ключевые факторы, способствующие распространению аддитивных технологий: появление новых полимерных материалов с улучшенными эксплуатационными характеристиками, снижение капитальных затрат на оборудование и расширение сфер практического применения. Особое внимание уделено технологическим инновациям в области материаловедения, позволившим существенно увеличить функциональные возможности 3D-печати. Вместе с тем, автором отмечаются существующие ограничения, сдерживающие массовое внедрение технологии, включая вопросы обеспечения стабильного качества продукции, надежности производственных процессов и конкурентоспособности по сравнению с традиционными методами изготовления. На основе анализа рыночных данных демонстрируется, что модернизация оборудования и расширение ассортимента расходных материалов создают новые перспективы для промышленного использования аддитивных технологий. В работе обосновывается тезис о трансформации 3D-печати из экспериментальной технологии в полноценный производственный инструмент. Перспективы дальнейшего развития связываются с углублением интеграции аддитивных технологий в различные отрасли промышленности, что обусловлено их потенциалом в области кастомизации продукции, сокращения логистических издержек и оптимизации производственных циклов.

Для цитирования в научных исследованиях

Силакова В.В. Драйверы и барьеры коммерциализации аддитивного производства на примере 3-D печати // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2025. Том 15. № 3А. С. 332-338.

Ключевые слова

3D-печать, полимеры, инновация в области производств и материалов, развитие и экология.

Введение

Развитие цифровых технологий в совокупности с нарастающими сложностями в экономическом пространстве рождает запрос на новые технологии производства, отличающиеся ускорением ПНР, автоматизацией и минимизацией затрат, что провоцирует рост интереса к аддитивным технологиям и, в частности, 3D-печати.

Рынок 3D-печати развивается с неуклонной скоростью, привлекая внимание как крупных корпораций, так и стартапов. С 2023 по 2024 год наблюдается значительное увеличение интереса к этой технологии, что связано с рядом факторов, таких как инновации в области материалов, снижение стоимости оборудования и расширение области применения 3D-печати. В данной статье мы рассмотрим основные драйверы и барьеры, влияющие на рынок 3D-печати, а также проанализируем новые модели 3D-принтеров, их стоимость и доступность.

Основное содержание

Одним из ключевых факторов, способствующих стремительному росту и развитию рынка 3D-печати, являются постоянные инновации в области материалов. Именно появление новых видов сырья и совершенствование существующих материалов открывают перед технологиями аддитивного производства новые горизонты. В 2023 году на рынок вышел целый ряд усовершенствованных полимеров и композитов, отличающихся улучшенными механическими характеристиками, повышенной термостойкостью и устойчивостью к внешним воздействиям.

Среди наиболее значимых достижений можно выделить создание новых термопластов, армированных углеродным волокном. Такие материалы сочетают в себе высокую прочность и малый вес, что делает их особенно привлекательными для применения в аэрокосмической отрасли, где каждое решение, уменьшающее массу конструкции, положительно сказывается на топливной эффективности. По тем же причинам подобные композиты активно применяются в автомобильной промышленности, где они позволяют создавать более лёгкие, но при этом не менее надёжные элементы конструкции, снижая общий вес транспортных средств и повышая их энергоэффективность.

Не менее важным направлением является развитие металлизированных материалов и порошков для 3D-печати. Инновационные сплавы на основе титана, алюминия и нержавеющей стали обеспечивают высокую точность изготовления деталей при сохранении прочности и износостойкости, что делает их незаменимыми в машиностроении, медицине и энергетике. В частности, такие материалы позволяют печатать сложные геометрические формы, которые ранее были невозможны или крайне затратны при традиционных методах обработки.

Таким образом, именно прогресс в области материалов служит катализатором для дальнейшего развития аддитивных технологий, открывая новые сферы применения и обеспечивая рост конкурентоспособности 3D-печати на мировом рынке. В ближайшие годы можно ожидать ещё большего разнообразия инновационных решений, способных радикально изменить подход к производству в различных отраслях.

С каждым годом стоимость 3D-принтеров продолжает снижаться, что делает эту технологию всё более доступной для широкого круга пользователей. В 2023 году на рынке наблюдается явная тенденция к демократизации 3D-печати, особенно среди малых и средних предприятий, которым теперь доступны решения, ранее считавшиеся элитарными или слишком дорогими. Стоимость настольных 3D-принтеров в этом году снизилась настолько, что теперь

можно приобрести устройства за менее чем 500 долларов. Это открывает новые возможности для предпринимателей, стартапов и образовательных учреждений, которые могут интегрировать аддитивные технологии в свои процессы с минимальными вложениями. В результате мы наблюдаем увеличение интереса к использованию 3D-принтеров не только для прототипирования, но и для выпуска конечных продуктов.

Снижение цен на 3D-принтеры значительно расширяет возможности для использования аддитивных технологий в малом и среднем бизнесе. Это открывает новые перспективы для тех, кто ранее не мог себе позволить внедрение 3D-печати в производство. Компании теперь могут использовать принтеры для быстрого прототипирования, мелкосерийного производства, а также для создания кастомизированных или индивидуализированных товаров с более низкими затратами. Малые производственные предприятия могут начать выпускать детали и изделия под заказ, а образовательные учреждения внедряют 3D-печать в учебный процесс, что способствует росту образовательных инициатив в области инженерии, дизайна и технологий.

3D-печать находит все более широкое применение в различных отраслях, включая медицину, строительство, моду и даже пищевую промышленность. В 2023 году наблюдается рост интереса к созданию индивидуальных медицинских имплантатов и протезов, а также к использованию 3D-печати в строительстве для создания модульных домов. Это разнообразие применения способствует увеличению объема рынка.

Одним из перспективных направлений, где 3D-печать оказывает значительное влияние, является агропромышленный комплекс. В последние годы технологии 3D-печати активно внедряются в сельское хозяйство, что открывает новые возможности для улучшения производственных процессов и повышения устойчивости отрасли. Например, с помощью 3D-печати можно создавать инновационные сельскохозяйственные инструменты и детали для машин без участия крупных заводов, что позволяет сократить затраты на производство и ускорить процесс их замены или ремонта.

Кроме того, технологии 3D-печати начинают использоваться для создания органических удобрений и даже биопестицидов, что способствует уменьшению негативного воздействия на окружающую среду и повышению эффективности сельского хозяйства. Печать на основе биоматериалов позволяет создавать экологичные но устойчивые к внешним воздействиям структуры, которые помогают улучшать урожайность и устойчивость растений к болезням.

Еще одной важной областью применения 3D-печати в агропромышленности является создание персонализированных кормов для животных. С помощью технологий 3D-печати можно разрабатывать кормовые смеси, которые точно соответствуют потребностям животных, что способствует улучшению их здоровья и увеличению продуктивности.

Также стоит отметить, что 3D-печать помогает развивать концепцию "умных ферм". Например, в таких фермах могут использоваться сенсоры, распечатанные с помощью 3D-технологий, для мониторинга различных факторов, таких как температура, влажность и состав почвы, что позволяет повысить урожайность и снизить затраты на производство.

Таким образом, интеграция 3D-печати в агропромышленный комплекс открывает новые горизонты для повышения эффективности, экологичности и персонализации сельскохозяйственного производства, что способствует дальнейшему развитию отрасли.

Не менее актуальной является интеграция 3D-печати и в горно-металлургическом комплексе (ГМК), где инновационные подходы к производству играют ключевую роль в повышении конкурентоспособности предприятий. В условиях высоких стратегических рисков — таких как нестабильность цен на сырье, колебания спроса, экологические ограничения —

использование гибких производственных решений, включая 3D-печать, может стать важной частью риск-менеджмента. Кроме того, финансирование инновационных проектов в этой сфере всё чаще осуществляется через механизмы краудфандинга и государственно-частного партнёрства (ГЧП). Это позволяет привлечь дополнительные инвестиции и стимулировать развитие передовых технологий, в том числе 3D-печати, на стратегически важных предприятиях. Такие подходы оказывают положительное влияние на экономику в целом, способствуя созданию устойчивых моделей роста, основанных на цифровизации и технологической гибкости.

Тем не менее, несмотря на высокую динамику развития, 3D-печать всё ещё сталкивается с рядом технологических трудностей. Например, при печати нависающих элементов часто возникают проблемы с деформацией, что требует использования поддерживающих структур. Эти поддержки могут быть неудобны в удалении, тем самым усложняя постобработку, и оставлять следы, влияющие на внешний вид и точность изделия. Кроме того, многие пользователи сталкиваются с эффектом ряби — неровностями на поверхности, вызванными вибрациями печатающей головки или нестабильной подачей материала. Это особенно критично в тех сферах, где необходима высокая точность и надёжность, таких как медицина или машиностроение, поскольку подобные дефекты негативно сказываются на допусках и прочностных характеристиках.

В 2025 году ожидается дальнейшее совершенствование технологий: от улучшенных алгоритмов построения моделей до использования новых типов материалов, устойчивых к температурным и механическим нагрузкам. Все эти усилия направлены на то, чтобы сделать 3D-печать неотъемлемой частью индустрии будущего — гибкой, доступной и экономически эффективной.

Несмотря на значительные достижения в технологии 3D-печати, существует несколько ключевых ограничений, которые все еще сдерживают развитие и повсеместное внедрение этой технологии. Одним из таких ограничений является размер и сложность объектов, которые могут быть напечатаны. Многие промышленные 3D-принтеры, несмотря на их высокую точность и эффективность, по-прежнему имеют ограничения по максимальному размеру печати. Это может стать настоящим барьером для некоторых отраслей, например, в строительстве, где необходимо печатать крупные и сложные объекты, такие как здания или большие инженерные конструкции.

Кроме того, существуют и другие технологические сложности. Например, печать нависающих элементов, таких как крышки, балконы или перепады высот в объектах, может представлять собой серьезную проблему. При обычной печати материал, как правило, требует поддержки в процессе формирования этих элементов, чтобы они не обрушились или не потеряли свою форму. В некоторых случаях поддержка может быть сложной для удаления или оставлять следы, что в лучшем случае снижает эстетическое качество готового изделия. Несмотря на то, что некоторые принтеры могут использовать поддерживающие материалы, которые легко удаляются после печати, этот процесс все равно требует дополнительных затрат времени и усилий, что делает его менее удобным для массового производства.

Еще одной проблемой, с которой сталкиваются пользователи 3D-принтеров, является появление ряби или полос на поверхности при печати. Эти дефекты могут быть вызваны несколькими факторами: например, неровностями в движении печатающей головки, нестабильностью подачи материала или неправильными настройками температуры. Рябь на поверхности объекта может существенно ухудшить его внешний вид и точность изготовления,

что в случае применения технологии в производстве критично для качества готового изделия.

Однако, несмотря на эти проблемы, ожидается, что с развитием технологий 3D-печати в 2025 году будут разработаны новые решения, способные устранить эти ограничения. Например, улучшение контроля за температурой, более точная подача материала, а также разработка новых типов поддерживающих структур могут помочь минимизировать проблемы с нависающими элементами и улучшить качество печати.

Инженеры и исследователи активно работают над улучшением методов печати, чтобы сделать их более универсальными и удобными для различных отраслей. Возможно, в будущем мы увидим 3D-принтеры, которые смогут печатать гораздо более крупные и сложные объекты, устраняя большинство существующих ограничений. В любом случае, 2025 год обещает быть важным этапом в развитии.

3D-печать, хотя и предлагает множество преимуществ, не всегда может конкурировать с традиционными методами массового производства, десятилетиями проходившими откатку, такими как литье, фрезерование и другие. Для некоторых изделий, особенно в больших объемах, такие методы могут быть более экономически выгодными, поскольку не требуют ни закупки нового оборудования, ни подготовки новых кадров и имеют в общем меньшие риски.

Заключение

Рынок 3D-печати в 2023-2024 годах демонстрирует динамичное развитие, обусловленное рядом драйверов, таких как инновации в материалах, снижение стоимости оборудования и расширение применения технологии. Однако существуют и значительные барьеры, включая ограничения по качеству и надежности, а также конкуренцию с традиционными методами производства. Тем не менее, новые модели 3D-принтеров и доступность материалов открывают новые возможности для пользователей, что делает 3D-печать важным инструментом в современном производстве. В будущем можно ожидать дальнейшего роста интереса к этой технологии, что будет способствовать ее интеграции в различные отрасли экономики.

Библиография

1. Управление рисками на предприятиях горно-металлургического комплекса Силакова В.В. Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2022. Т. 12. № 7-1. С. 247-253.
2. «3D-печать в малом бизнесе» — Дмитрий Горьков Практическое руководство по запуску бизнеса на 3D-принтере: от выбора оборудования до поиска клиентов. [Электронный ресурс]. URL litres.ru
3. Журнал об аддитивном производстве [Электронный ресурс]. URL <https://additiv-tech.ru/publications/rynok-tehnologiy-3d-pechati-v-rossii-i-mire-perspektivy-vnedreniya-additivnyh>
4. Ассоциация развития аддитивных технологий изменит рынок 3D-печати [Электронный ресурс]. URL <https://aatd.ru/articles/assotsiatsiya-razvitiya-additivnykh-tehnologiy-izmenit-rynok-3d-pechati/>
5. Аддитивное производство в 2024 году: тренды и прогнозы [Электронный ресурс]. URL <https://blog.iqb.ru/additive-manufacturing-trends-2024/>
6. «5 шагов к бизнесу в 3D-печати» — Дмитрий Горьков Пошаговое руководство по открытию бизнеса в 3D-печати, включая выбор ниши и оборудования. [Электронный ресурс]. URL promo.3d-print-nt.ru.
7. «3D-печать: технологии, дизайн и применение» — Бен Рэдвуд, Филемон Шофер, Брайан Гаррэт Обзор технологий 3D-печати, включая материалы, принтеры и постобработку. [Электронный ресурс]. URL directmedia.ru.
8. «3D-печать. Практическое руководство» — Бен Рэдвуд, Филемон Шофер, Брайан Гаррэт Подробное руководство по технологиям 3D-печати, включая дизайн и применение. [Электронный ресурс]. URL: dmkpress.com

Drivers and Barriers of Additive Manufacturing Commercialization: The Case of 3D Printing

Vera V. Silakova

Doctor of Economic Sciences, Professor,
Department of Economics and Production Organization,
Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy,
127550, 49, Timiryazevskaya str., Moscow, Russian Federation;
e-mail: v.silakova@rgaumcxa.ru

Abstract

The article presents a comprehensive analysis of 3D printing technology development trends in industrial and commercial sectors during 2023-2024. The study identifies key factors driving the adoption of additive technologies: emergence of new polymer materials with enhanced performance characteristics, reduced capital equipment costs, and expanded practical applications. Particular attention is given to technological innovations in materials science that have significantly increased 3D printing capabilities. However, the author highlights existing limitations hindering mass adoption, including challenges in ensuring product quality consistency, process reliability, and cost competitiveness compared to traditional manufacturing methods. Market data analysis demonstrates how equipment modernization and expanded material options create new opportunities for industrial applications of additive technologies. The study substantiates the thesis about 3D printing's transformation from experimental technology to full-fledged production tool. Future development prospects are linked to deeper integration of additive technologies across industries, driven by their potential for product customization, logistics cost reduction, and production cycle optimization.

For citation

Silakova V.V. (2025) Drayvery i barery komertsializatsii additivnogo proizvodstva na primere 3-D pechati [Drivers and Barriers of Additive Manufacturing Commercialization: The Case of 3D Printing]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 15 (3A), pp. 332-338.

Keywords

3D printing, polymers, production and materials innovation, development and ecology

References

1. Risk management at enterprises of the mining and metallurgical complex Silakova V.V. Economics: yesterday, today, tomorrow. 2022. Vol. 12. No. 7-1. pp. 247-253.
2. "3D printing in small business" — Dmitrii Gorkov Practical guide to starting a business on a 3D printer: from choosing equipment to finding customers. [electronic resource]. URL litres.ru
3. The journal of additive manufacturing [Electronic resource]. URL <https://additiv-tech.ru/publications/rynok-tehnologiy-3d-pechati-v-rossii-i-mire-perspektivy-vnedreniya-additivnykh>
4. The Association for the Development of Additive Technologies will change the 3D printing market [Electronic resource]. URL <https://aatd.ru/articles/assotsiatsiya-razvitiya-additivnykh-tekhnologiy-izmenit-rynok-3d-pechati/>
5. Additive manufacturing in 2024: trends and forecasts [Electronic resource]. URL <https://blog.iqb.ru/additive-manufacturing-trends-2024/>

6. "5 steps to a 3D Printing Business" - Dmitrii Gorkov Step—by-step guide to starting a 3D printing business, including choosing a niche and equipment. [electronic resource]. URL promo.3d-print-nt.ru.
7. "3D Printing: Technology, design and Application" — Ben Redwood, Philemon Schofer, Brian Garrett Review of 3D printing technologies, including materials, printers and post-processing. [electronic resource]. URL directmedia.ru
8. "3D printing. A Practical Guide" — Ben Redwood, Philemon Schofer, Brian Garrett A detailed guide to 3D printing technologies, including design and application. [electronic resource]. URL: dmkpress.com