

**Шарафутдинов Айрат Русланович**, студент,  
Московский государственный технический университет  
им. Н. Э. Баумана, г. Москва

**Нагайцев Денис Владимирович**, студент,  
Московский государственный технический университет  
им. Н. Э. Баумана, г. Москва

**Шмаков Алексей Дмитриевич**, студент,  
Московский государственный технический университет  
им. Н. Э. Баумана, г. Москва

## ОБЗОР АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В КОНТЕКСТЕ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА С ТРАДИЦИОННЫМИ МЕТОДИКАМИ ПОЛУЧЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ СЛОЖНЫХ ФОРМ ПОЗАКАЗНОЙ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ

**Аннотация:** Исследование перспективных технологий является приоритетом здорового и устойчивого предприятия. Однако разработка приобретает статус инновации в момент, когда начинает производить экономический эффект, в последствии занимая нишу предшественника. В данной статье приведено исследование технологии аддитивных технологий с точки зрения экономической целесообразности их применения в промышленности.

**Ключевые слова:** аддитивные технологии, 3D-печать, позаказная специализация, конкурентный анализ, технологии в промышленности, цифровые технологии.

### Введение

За последние полвека прикладной аспект науки и техники, как правило, отстающий от теоретических дисциплин продвинулся далеко вперед: были изобретены ключевые цифровые технологии текущего столетия, значительно повышающие качество жизни людей. Одной из теоретических выкладок, над воплощением которой до сих пор усердно работают ученые, является искусственная реализация процесса роста в природе – технологии “снизу-вверх”, в которых объекты при производстве формируются путем цепочки присоединений “атом к атому” [1]. Аддитивные технологии 3D печати на текущий момент являются самым успешным представителем этого класса технологий, так как являются, с одной стороны, достаточно эффективным способом с точки зрения массового воспроизводства, с другой же, нормативно качественными в реализации механизма нанесения элементарных слоев материала в соответствии с цифровым первоисточником.

Так, практики все чаще обращают внимание на аддитивные технологии как аналог классических методов воспроизводства изделий специфических форм. Сектор аддитивного производства трехмерной (3D) печатной электроники существенно вырос за последние несколько лет. В силу своей относительной дешевизны и скорости воспроизведения объектов такой способ производства становится одной из ключевых точек роста современных цифровых технологий, кроме того, немаловажным является тот факт, что использование аддитивных технологий значительно уменьшает вредное воздействие на окружающую среду, что в условиях повышенного внимания мировой общественности к техногенным факторам является важным конкурентным преимуществом



В данной работе предлагается проанализировать преимущества и недостатки технологий аддитивной 3D-печати в сравнении с классическими методами, применяемыми в машиностроении.

### **Общая характеристика и преимущества**

Аддитивные технологии – это технологии послойного наращивания и синтеза объектов. Они широко используются в фаббер-технологиях (3D-печать) – группе технологических способов производства изделий и прототипов, основанных на поэтапном формировании изделия путем добавления материала к основе.

У аддитивного производства есть три концептуально революционные идеи: универсальность, практичность и эффективность, и, таким образом, традиционное производство начинает уступать место этой новой технологии [2]. В добавок аддитивные технологии сделали значительный скачок благодаря быстрому совершенствованию компьютерных технологий и программного обеспечения. В настоящее время аддитивные технологии одно из наиболее динамично развивающихся направлений «цифрового» производства.

Одной из проблем способных решить применение аддитивных технологий является переход от массового воспроизводства к массовой кастомизации. Ясно, что данные изделия, как правило, специфичны и не подходят для массового производства с его технологической специализацией. Это значит, что при каждом новом воспроизведении изделия требуется дополнительная переналадка оборудования, что уменьшает итоговую загрузку рабочих мест и, как следствие, ограничивает эффективность такого подхода. В случае, когда изделие получается литьем, часто требуются дополнительные операции постобработки, что возвращает нас к проблеме технологической специализации.

Кроме того, в качестве существенного преимущества выделяется экономичность затрат материалов на изготовление изделия по сравнению с литьем. Обеспечивается это точностью проектирования модели изделия при 3D-моделировании и, как результат, точностью готового изделия, которое практически не требует дополнительных механических операций

По данным компании Verified Market Research, мировой рынок 3D-печати оценивался в 2017 году в 8,08 млрд долларов США, с перспективой роста до 49,74 млрд к 2025 с совокупным среднегодовым темпом 25,5% в период 2018-2025 годов [3]. Главными движущими силами глобального рынка аддитивного производства аналитики считают:

- выгоды новых моделей производства и управления логистикой;
- растущий спрос на кастомизированные продукты;
- сокращение производственных издержек.

Вышеприведенные исследования свидетельствуют о высоких ожиданиях от рынка, что неудивительно, учитывая материально-научную базу развития аддитивных технологий, а также технологические преимущества, которые возникают при использовании данной технологии.

### **Недостатки**

Вместе со всеми преимуществами, 3D-печать по сравнению с литьем имеет и ряд весомых недостатков. Главным препятствием конечно же выступает цена на оборудование – промышленные 3D-принтеры, цены на которые составляют от нескольких до десятков миллионов рублей. При этом затратен и сам процесс печати – расходный материал, электроэнергия. Именно поэтому применение 3D-печати на крупносерийном и массовом производстве совершенно нерационально.



Также большим недостатком могут стать неудовлетворительные показатели механических свойств. Здесь дает о себе знать сам принцип аддитивной технологии. Не углубляясь в материаловедение – из-за разного времени затвердевания материала, вызванного непостоянством температуры в области печати, в материале изделия обнаруживаются множество дополнительных фаз исходного металла [4]. Однако такая проблема в целом решаема – использование специального сплава в качестве материала печати дает необходимую предсказуемость конечных свойств изделия.

Для эффективного использования 3D-печати также нужен квалифицированные специалисты, которые будут непосредственно работать с ПО оборудования – формировать 3D-модели, программировать принтеры и обслуживать их. Такие кадры на данный момент встречаются редко, что скорее всего объясняется невысокой популярностью направления.

### **Выводы**

В настоящее время замена литья на 3D-печать имеет большой потенциал для применения в различных отраслях. К примеру, активно прибегают к аддитивным технологиям в сфере здравоохранения – с помощью 3D-принтеров изготавливают медицинские металлические протезы, средства крепления. Однако, необходимо учитывать, что 3D-печать не может полностью заменить традиционные методы производства и не подходит для крупносерийного и массового типов производства.

Преимущества 3D-печати включают быстроту и точность изготовления кастомизированных (индивидуальных) деталей и изделий, возможность создания сложных геометрических форм, а также возможность экономии материалов. Однако, стоимость оборудования и расходников для 3D-печати может быть высокой, а также требуется квалификация специалистов для работы с таким оборудованием.

Таким образом, замена литья на 3D-печать является перспективным направлением развития производства, которое может принести значительные преимущества в определенных отраслях, где развит кастомизированный подход производства. Однако, на данный момент препятствия в виде высокой стоимости внедрения и использования технологии требуют учитывать особенности каждой конкретной отрасли и выбирать оптимальный метод производства в каждом конкретном случае.

### *Список литературы:*

1. Чижик, С. А. Нанотехнологии и аддитивные технологии как технологии "Снизу-Вверх" / С. А. Чижик // Методологические аспекты сканирующей зондовой микроскопии: Сборник докладов XII Международной конференции, Минск, 18–21 октября 2016 года / Под редакцией С.А. Чижика. – Минск: Республиканское унитарное предприятие "Издательский дом "Белорусская наука", 2016. – С. 18-20. – EDN XWSIXR.
2. Mercedes Perez, Diego Carou, Eva Maria Rubio, Roberto Teti. Current advances in additive manufacturing. – 2020. – [Text: electronic] – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827120303978> (Дата обращения: 19.12.2023).
3. Аддитивные технологии // IQB Technologies URL: <https://blog.iqb.ru/results-2020/> (дата обращения: 15.12.2023).
4. Казанцева, Н.В. Металлургия лазерной 3D печати / Н.В. Казанцева // VIII Международная конференция проблемы механики современных машин: Сборник статей конференции / Н.В. Казанцева. – Улан-Удэ, 2022. – С. 92-97. – EDN: GMOBOV.

