

*А. Сачёва, А. Джармагамбетов, А. П. Картушин*

## ОБЗОР МИРОВЫХ ТЕНДЕНЦИЙ В ОБЛАСТИ 3D-ТЕХНОЛОГИЙ

Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград, Россия

Поступила в редакцию 22.04.2022 г.

Принята к публикации 04.05.2022 г.

**Для цитирования:** Сачёва А., Джармагамбетов А., Картушин А. П. Обзор мировых тенденций в области 3D-технологий // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер. Физико-математические и технические науки. 2022. №1. С. 67–76.

67

*Рассмотрены основные тенденции в области 3D-технологий, дан краткий статистический обзор основных стран и компаний, участвующих в развитии отрасли. Представлен список приоритетных областей, в которых может быть применена данная технология, и основных препятствий при внедрении технологий. Кратко раскрывается аспект влияния 3D-технологий на мировую экономику и бизнес-процессы, в частности на транспорт и логистику.*

**Ключевые слова:** Индустрия 4.0, 3D-производство, 3D-технологии, инновации, экономика

### Мировые тенденции 3D-технологий

С тех пор как впервые заговорили о четвертой промышленной революции, прошло уже достаточно времени, чтобы ситуация на рынке в корне изменилась: из перспективной технологии, которую только следует начать развивать, аддитивная печать стала уже развитой и приобрела достаточную популярность, чтобы перестать быть элементом научной фантастики. В начале 2016 г. исследовательская группа IoT Analytics провела масштабное изучение открытых данных Европейского отдела регистрации патентов (англ. European Patent Office, далее ЕРО) на предмет регистрации патентов из списка технологий, применяемых в рамках Индустрии 4.0. В результате выявлено, что к концу пятилетнего срока внедрения новых технологий, в некоторых отраслях произошел резкий скачок исследований, а значит, и новых регистрируемых патентов в этой области.

Особенно это касается 3D-технологий, которые занимают в этом списке третью строчку. По данным ЕРО, к концу 2015 г. было зарегистрировано в 2 раза больше патентов (1283), чем в 2014 г., при этом в первые годы внедрения данной технологии их были единицы. Согласно IoT Analytics, в 2020 г. наибольшее количество исследований в рамках Индустрии 4.0 получают следующие пять технологий [1]:

- 3D-печать;
- сеть со скоростью 5G;



- искусственный интеллект;
- дополненная реальность;
- электророботы.

Лидирующими компаниями, согласно исследованиям, были отмечены Siemens, General Electrics (GE) и Boeing со следующими положительными изменениями в структуре компании [1]:

- Siemens: широкая и дальновидная стратегия Индустрии 4.0; лидер в передовых цифровых бизнес-моделях; обширное внедрение стратегий Индустрии 4.0 на собственных заводах;

- General Electrics (GE): отлично продуманный подход к цифровому близнецу; отличные (цифровые) продукты; убедительное использование новых технологий в собственных продуктах / на фабриках;

- Boeing: всестороннее и масштабное внедрение цифровых близнецов; новаторские работы по различным технологиям (3D-печать, дополненная реальность, моделирование).

В географическом плане, по данным сайта Graphic Display World, мировыми лидерами на рынке 3D-технологий являются Соединенные Штаты Америки, Великобритания и Германия [2]:

- США стали родиной первого 3D-принтера, наибольшие открытия в этой сфере принадлежат ученым и конструкторам, работающих именно в этой стране;

- Великобритания стала лидером за счет передового открытия – летающего 3D-принтера [3], что позволило сделать невероятный скачок в исследованиях этого метода. Основная проблема для массового использования заключается в громоздкости и экстремальной компьютерной сложности расчетов построения траектории движения;

- Германия – один из крупнейших «мозговых центров» современной Европы. Именно немецкие ученые первыми заговорили об аддитивных технологиях (АТ) как о зеленых технологиях, которые будут применяться повсеместно в ближайшем обозримом будущем.

Эта тройка стран обладает наиболее вероятными перспективами при дальнейшей работе и создании инноваций в сфере аддитивного производства.

В представленном ниже списке есть также две компании-коллаборации [4], а сам список выглядит следующим образом:

- 3D Systems (США);
- EOS GmbH (Германия);
- SLM Solutions (Германия);
- Stratasys (США);
- Objet Geometries (США – Израиль);
- EnvisionTEC (США – Германия (DLP));
- ExOne (США);
- Voxeljet (Германия);
- Arcam AB (Швеция).

Эти компании предоставляют услуги 3D-печати и производят 3D-технику с самыми различными характеристиками. Кроме качества продукции выпускаемую технику отличают также высокая цена и спрос.



Основной оборот отрасли дают услуги, быстро растут сегменты продажи материалов и оборудования. По прогнозам мировых экспертов, мировой рынок АТ к 2027 г. достигнет показателя в 41,6 млрд долл., высокий спрос будут иметь именно услуги 3D-печати (рис. 1).

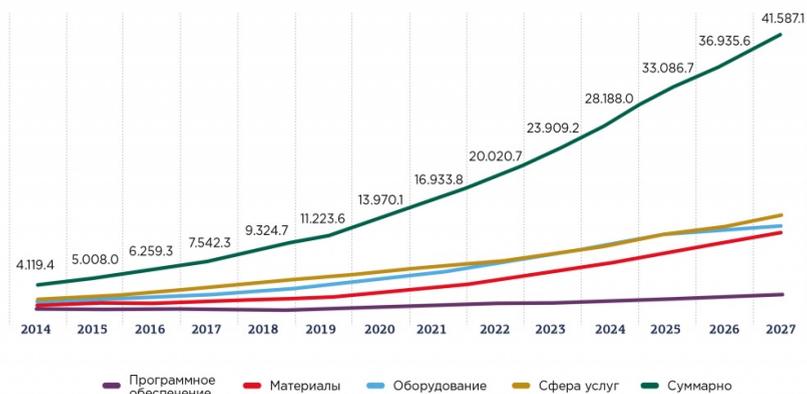


Рис. 1. Динамика и прогноз общего объема рынка аддитивных технологий (по областям применения), млрд долл.

Источник: SmarTech Publishing. URL: <https://www.smartechanalysis.com/> (дата обращения: 01.04.2022).

Таким образом, в мировой практике, если не сосредоточивать внимание на конкретных наименованиях, легко определяются главные направления или функциональные области, в которых 3D-технологии получают органичную реализацию:

- компании – производители оборудования для аддитивного производства;
- компании – производители материалов для аддитивного производства;
- компании-дистрибьюторы;
- поставщики 3D-услуг, работающие на контрактной основе;
- научно-исследовательские центры;
- учебно-образовательные центры;
- разработчики программного обеспечения;
- виртуально-цифровые порталы, напрямую связанные с 3D-печатью.

### Влияние 3D-технологий на мировую экономику

Также стоит обратить внимание не только на популярность самой технологии, но и на то, как будут меняться производство, ряд бизнес-процессов и мировая экономика под ее влиянием.

Мировой рынок аддитивных технологий с 2014 по 2020 г. рос со среднегодовыми темпами в 19,3 %, достигнув к 2020 г. объема почти в



12 млрд долл. Согласно отчету GlobalData, в настоящее время на долю рынка 3D-печати приходится менее 0,1 % от общего мирового производственного рынка, который оценивается в 12,7 трлн долл. (рис. 2).

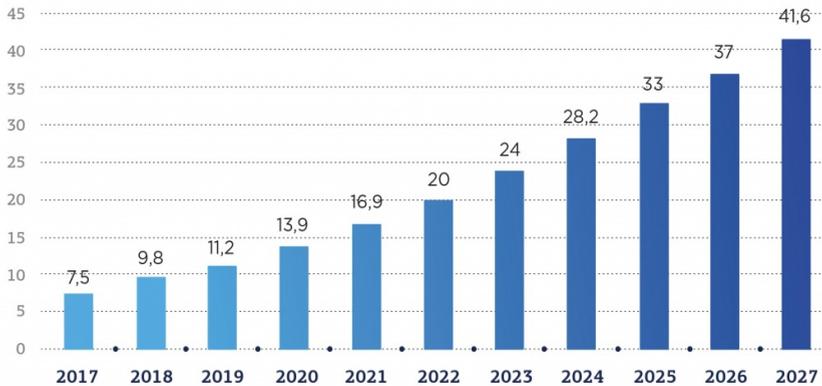


Рис. 2. Состояние и прогноз объема мирового рынка АТ, млрд долл.

Источник: *Exponential technologies in manufacturing*. URL: <https://www2.deloitte.com/us/en/pages/manufacturing/articles/advanced-manufacturing-technologies-report.html> (дата обращения: 21.03.2022).

Критические изменения производства при использовании новых технологий закономерно приведут к трансформации в первую очередь понимания разных моделей бизнес-процессов. В большинстве своем все оптимизационные мероприятия, проводимые на любом производстве, направлены на решение следующих задач:

- снижение затрат на производстве;
- ускорение возможных сроков производства;
- гибкость производства (то есть высокая возможность переквалификации производства с минимальными расходами).

Некоторые специалисты считают, что за счет 3D-технологий возможно быстро и без существенных затрат достичь высокого уровня именно по этим трем показателям.

В первую очередь влияние 3D-технологий будет распространяться на основные процессы – те, которые формируют стоимость продукции, доходы и расходы и связанные с ними. Далее влияние будет оказываться на внутренние бизнес-процессы, касающиеся производства, а также на управляющие (управление качеством, стратегическое развитие), в том числе те, которые так или иначе направлены на сотрудничество и связаны с внешней экономической политикой.

Как следствие, анализ указанных нами исследований позволяет выделить несколько факторов, которые станут решающими в процессе формирования мировой экономики [5]:

1. Разработка продукции будет занимать меньше времени. Кроме того, что из процесса создания продукта почти исчезнет разработка продукции вручную на бумаге, изменится и сам процесс. Он станет



полностью цифровым, с возможностью быстрого прототипирования, а значит, вероятные ошибки в итоговой продукции будут найдены быстрее, что исключит необходимость списывать, например, целую серию продукта в случае обнаружения массового брака.

2. Появятся новые производственные мощности. Тут необходимо понимание того, что выпускаемая продукция вырастет в объемах и качестве. Соответственно, увеличится и доход.

3. Изменятся спрос и источники доходов. С открытием 3D-печати те предметы, которые ранее были недоступны по разным причинам, станут доступнее. Значит часть продукции получит еще более высокий спрос, а возможные ее аналоги, наоборот, потеряют в цене и популярности. Другими словами, многие компании пересмотрят свое производство и будут исходить уже из совершенно иных понятий. При этом появится следующее следствие.

4. Новая конкурентная среда. Будут открываться новые компании и сферы применения АТ, появляться новые продукты. Следовательно, бизнес получит развитие в новом направлении, а в экономике появятся отсутствовавшие ранее статьи доходов и расходов. Часть компаний малого бизнеса получит толчок для дальнейшего развития, а крупный бизнес — для мощных прорывов. При этом и те, и другие могут выйти на совершенно новый уровень развития.

5. Новые возможности: 3D-производство практически стирает рамки невозможного, обеспечивает неограниченный полет фантазии и создает возможности для реализации в самых разных сферах. Тем компаниям, которые уже сейчас присматриваются к возможному использованию 3D-печати в производстве, будет значительно проще конкурировать на своем рынке, нежели тем, кто не видит перспективности новых технологий.

Влияние этих факторов можно увидеть именно с помощью цифровой модели производства. При этом цифровая модель поможет детализировать максимум процессов, происходящих при производстве, уточнить стратегию и составить четкий план действий [6].

Именно по такому пути пошел партнер «Формулы-1» — компания Williams. Изначально они разработали цифровую модель, оценили все риски и реализовали проект по печати деталей для гоночных автомобилей. Результаты подобной наглядной экономии представлены в таблице 1.

Таблица 1

**Экономия стоимости и времени изготовления с применением оснастки, напечатанной на 3D-принтере**

Метод	Затраты	Время изготовления
Традиционная алюминиевая оснастка	\$10700	40 дней
Оснастка, напечатанная на 3D-принтере	\$ 3200	2 дня
Общая экономия	\$ 7500 (70 %)	38 дней (35 %)

Источник: [6].



Другим примером зависимости экономической составляющей от производственной может стать изготовление оснастки при производстве медицинских устройств с использованием 3D-печати [6].

Несмотря на то что все эти прогнозы делаются на будущее, уже сейчас исключать влияние 3D-технологий на производство и бизнес нельзя. На текущий момент многие компании, имеющие мировое имя и занимающие ведущие позиции в мировой экономике, используют данную технологию, а значит, процесс реструктуризации и эволюции ведения бизнеса уже запущен. Консультанты выделяют две основные тенденции, которые при массовом использовании 3D-производства повлияют на экономику США [7].

1. В первую очередь изменится картина трудоустройства:

а) на 2017 г. в США имелось около 12,4 млн производственных рабочих мест, из которых около 9,4 млн были разбросаны по пяти основным секторам промышленности;

б) 3D-производство способно заменить объем импортной продукции на сумму в 330–500 млрд долл., а значит, сотни тысяч наименований товаров перестанут закупаться у других стран, что приведет к необходимости пересматривать десятки межправительственных торговых соглашений;

в) благодаря 3D-производству в США вернутся от 1,7 до 2,8 млн людей, работающих за границей;

г) кроме того, появятся от 3 до 5 млн новых востребованных мест работы, из них к 2027 г. количество мест в транспортно-логистической сфере увеличится на 21 %.

2. Значительное влияние 3D-технологий на мировой экономический потенциал:

а) сумма ежегодного импорта США составляет 3 трлн долл. США;

б) из этой суммы 1,4 трлн связаны сектором 3D-производства;

в) 330–500 млрд долл. могут быть импортозамещены при использовании 3D-технологий;

г) вклад в ВВП может составлять от 600 до 900 млрд долл. США за счет развития 3D-технологий в стратегически важных отраслях (табл. 2).

Таблица 2

**Объем вкладываемых инвестиций в развитие различных секторов промышленности с применением 3D-технологий**

Сектор промышленности	Объем инвестиций, млрд долл. США
Производство	300–470
Автопром	150–190
Потребительские товары	80–120
Медицина и медицинские приборы	60–90
Аэрокосмическая	10–30

Источник: [7].



Далее выделяются ключевые пункты при формировании влияния на экономику и науку [8]:

1. Произойдет частичная академическая реформа. Уже сейчас возникает дисбаланс на рынке труда: есть потребность в квалифицированных кадрах, владеющих навыками работы с 3D-технологиями. При этом фактическое количество обученных кадров в несколько раз меньше необходимого.

2. Поддержка исследовательски-проектных работ. Государствам необходимо выработать свою систему по поддержке НИОКР — от исследовательских льгот до исследовательских грантов. Эти инвестиции требуются для дальнейшего развития этой области экономики и производства.

3. Создание премиальной системы. Здесь формой стимула может выступить не только выдача различных конкурсных грантов, но и разработка новых форм налоговых льгот либо иных схем финансирования систем.

4. Защита интеллектуальной собственности. Решением данной проблемы может стать целый комплекс по созданию новой системы защиты прав на интеллектуальную собственность. Одним из таких методов может стать защита на законодательном уровне, с помощью введения новых санкций, где будут прописаны главные условия пользования подобными технологиями.

Таким образом, 3D-технологии окажут следующие глобальные изменения:

- трансформируется рынок труда и связанные с ним профессиональные области;
- будут пересмотрены международные торговые соглашения;
- появится новая и аналоговая продукция, которая приведет к увеличению импортозамещения;
- изменится баланс сил в сфере бизнеса;
- возникнут иные образовательные программы;
- появятся новые системы поощрения исследований;
- будет создана защита прав интеллектуальной собственности, установлены ограничения по выпуску.

### **Влияние 3D-технологий на транспорт и логистику**

Изменения в транспорте и логистике уже начались, а их последующее влияние на мировую экономику скажется на эволюции бизнес-процессов. Благодаря внедрению 3D-технологий эти процессы могут пойти по четырем путям эволюции бизнеса. В некоторых сферах они происходят одновременно, в некоторых — строго упорядочены в зависимости от множества факторов [8].

Первый путь — застой. На этом этапе будут использоваться минимальные возможности 3D-технологий, такие как прототипирование или выполнение оснастки. В данном случае нет никаких изменений ни в цепочке поставок, ни в самом продукте. Здесь ключевым направлением является производительность. Несомненным достоинством становится выгода при фокусировке на себестоимости.



Второй путь – изменение цепочек поставок. На данном этапе, так же как и на предыдущем, ключевым направлением является производительность. Несомненным достоинством тут становится выгода при фокусировке на себестоимости и значительная экономия времени.

Третий путь – изменение продукта. В этом случае подразумевается, что производство продукта будет подстроено под конкретного заказчика, с минимумом технических и технологических проблем.

Четвертый путь – полное изменение бизнес-процессов, абсолютная реорганизация, которая коснется как продукта, так и цепочек поставок. Здесь кастомизированный продукт получит массовость. При этом массовость станет своеобразной характерной чертой, принадлежащей исключительно тому региону, в котором располагается производство. Ключевая стратегия развития компании будет направлена на рост и инновации.

Прежде всего, как и в настоящее время, прогнозируется активный рост мировых разработок и внедрения аддитивных технологий в авиакосмической и оборонной отраслях, электронике и автомобильной промышленности (рис. 3).

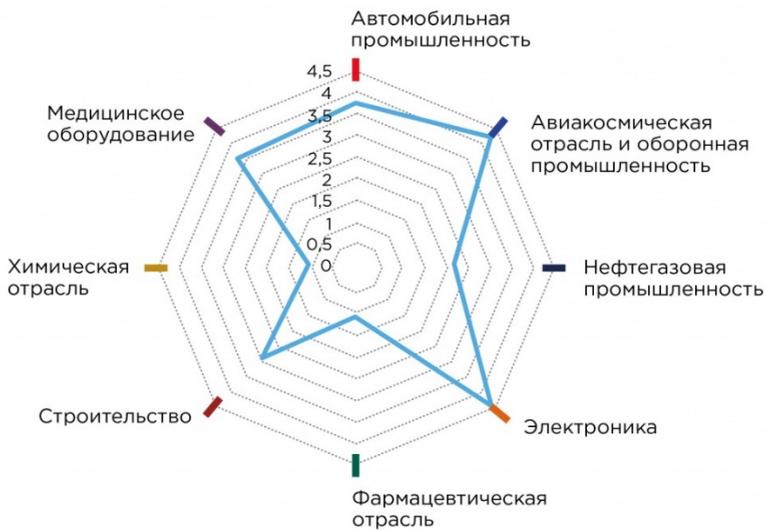


Рис. 3. Уровень внедрения 3D-печати по отраслям к 2025 г.

Источник: *Global Additive Manufacturing Market, Forecast to 2025*. URL: <http://namic.sg/wp-content> (дата обращения: 16.04.2022).

Таким образом, 3D-технологии будет оказывать значительное влияние почти на все сферы в ближайшем будущем.

### Список литературы

1. *Wopata M. Industry 4.0 Adoption 2020 – who is ahead?* URL: <https://iot-analytics.com/industry-4-0-adoption-2020-who-is-ahead/> (дата обращения: 05.03.2022).



2. USA & UK lead as the most advanced countries in 3D printing. URL: <https://www.graphicdisplayworld.com/categories/business/usa-uk-lead-as-the-most-advanced-countries-in-3d-printing> (дата обращения: 06.03.2022).

3. Yes, We Now Have Flying 3D Printers. URL: <https://www.3Dnatives.com/en/flying-3d-printer-150320184/> (дата обращения: 11.03.2022).

4. Frost & Sullivan: технологии аддитивного производства – рынок, тенденции и перспективы до 2025 года. URL: <https://3Dtoday.ru/blogs/news3Dtoday/frost-sullivan-additive-manufacturing-technologies-market-trends-and-p/> (дата обращения: 12.03.2022).

5. Пять факторов воздействия 3D-печати на мировую экономику. URL: <https://3Dtoday.ru/industry/pyat-faktorov-vozddeystviya-3d-pechati-na-mirovuyu-ekonomiku.html> (дата обращения: 12.03.2022).

6. Рынок 3D печати в России и мире (Аддитивное производство, АП / Additive Manufacturing, AM), 2018: аналитический отчет. URL: [https://json.tv/ict\\_telecom\\_analytics\\_view/rynok-3d-pechati-v-rossii-i-mire-additivnoe-proizvodstvo-ap-additive-manufacturing-am-2018-g-20190117060056](https://json.tv/ict_telecom_analytics_view/rynok-3d-pechati-v-rossii-i-mire-additivnoe-proizvodstvo-ap-additive-manufacturing-am-2018-g-20190117060056) (дата обращения: 10.03.2022).

7. 3D printing and the future of the US economy. URL: <https://www.de.kearney.com/operations-performance-transformation/article/?/a/3d-printing-and-the-future-of-the-us-economy-article> (дата обращения: 06.03.2022).

8. Как развитие 3D-печати повлияет на изменение бизнес-моделей производственных компаний в ближайшем будущем. URL: <https://blog.iqb.ru/3d-printing-business-models-change> (дата обращения: 05.03.2022).

#### Об авторах

Алена Сачёва – магистрант, Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград, Россия.

E-mail: [alena.sacheva@gmail.com](mailto:alena.sacheva@gmail.com)

Адилъ Джармагамбетов – магистрант, Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград, Россия.

E-mail: [a.r.jarmagambetov@gmail.com](mailto:a.r.jarmagambetov@gmail.com)

Александр Павлович Картушин – студ., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград, Россия.

E-mail: [Sash.kartushin@mail.ru](mailto:Sash.kartushin@mail.ru)

*A. Sachyova, A. Jarmagambetov, A. P. Kartushin*

## OVERVIEW OF GLOBAL TRENDS IN 3D TECHNOLOGIES

Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia

Received 22 April 2022

Accepted 04 May 2022

**To cite this article:** Sachyova A., Jarmagambetov A., Kartushin A.P. 2022, Overview of global trends in 3D technologies, *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Physical-mathematical and technical sciences*, №1. P. 67 – 76.



*This article introduces the main trends in the field of 3D technologies, gives a brief statistical overview of the main countries and companies involved in the development of the industry. The list of priority areas in which this technology can be applied is also indicated and tells about the main obstacles in the implementation of technologies. In addition, the article briefly reveals the aspect of the impact on the global economy and business processes, in particular on transport and logistics.*

**Keywords:** industry 4.0, 3D production, 3D technologies, innovations, economics

#### The authors

Alyona Sachyova, Master's Student, Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia.

E-mail: alena.sacheva@gmail.com

Adil Jarmagabetov, Master's Student, Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia.

E-mail: a.r.jarmagambetov@gmail.com

Alexander P. Kartushin, Student, Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia.

E-mail: Sash.kartushin@mail.ru