

Рынок технологий 3D-печати в России и мире: перспективы внедрения аддитивных технологий в производственные процессы

© 2021 Группа «ДЕЛОВОЙ ПРОФИЛЬ»

К 2020 году объем мирового рынка аддитивных технологий (АТ) достиг почти 12 млрд. долларов. По прогнозам компании *GlobalData*, к 2025 году глобальный рынок АТ составит 32 млрд. долларов, а к 2030-му – 60 млрд. долларов.

Россия находится на 11-м месте в мире по производству оборудования и внедрению технологий 3D-печати, а доля российского АТ-рынка, притом, что за последние восемь лет он вырос в 10 раз, составляет 2% от мирового.

Подробнее о роли АТ в технологической эволюции, о глобальном и российском рынках 3D-печати, а также о тенденциях и перспективах развития отрасли, рассказывается в предлагаемой вниманию читателей статье.

Характеристика технологий 3D-печати и их роль в технологическом развитии

Аддитивные технологии (3D-печать), как одно из направлений цифрового производства, являются мощнейшим инструментом для ускорения НИОКР и вывода новой продукции на рынок.

Аддитивное производство – это процесс объединения материала с целью создания объекта на основе заранее подготовленной 3D-модели, в частности, с помощью 3D-принтера. Вкупе с соответствующим программным обеспечением, подобные технологии позволяют быстро конструировать, оптимизировать и воспроизводить в материале крайне сложные по



форме или структуре изделия, изготовление которых в условиях обычного традиционного производства отличается высокой трудоемкостью или вовсе невозможно. Это могут быть самые

разнообразные объекты – от мельчайших деталей, например, в авиакосмической отрасли и медицине, до крупных промышленных конструкций.

Россия, находясь на данный момент на IV технологическом укладе (фактически эпоха нефти и машиностроения), стремится перейти на VI, на котором уже находятся Европа и США. Однако сделать это невозможно без внедрения АТ, для чего государство в последние годы создает условия во всех отраслях промышленности.

Принцип 3D-печати – создание объекта путем послойного нанесения материала, постепенно повторяя контуры изделия. По существу, это полная противоположность стандартным субтрактивным методам, таким как фрезерование и точение, где деталь формируется за счет удаления лишней части заготовки (рис. 1).

Наиболее распространенные технологии 3D-печати

✓ FDM

Fused Deposition Modeling (FDM) – послойное построение изделия из расплавленной пластиковой нити. Это самый распространенный способ 3D-печати в мире, на основе которого действуют



Рис. 1. Сравнение рабочих процессов традиционного и аддитивного производства

миллионы 3D-принтеров – от самых дешевых до промышленных систем трехмерной печати.

FDM-принтеры работают с различными типами пластиков. Изделия из пластика отличаются высокой прочностью, гибкостью, прекрасно подходят для тестирования продукции, прототипирования, а также и для изготовления готовых к эксплуатации объектов.

✓ **SLM**

Selective Laser Melting (SLM) – селективное лазерное сплавление металлических порошков – представляет собой самый распространенный метод 3D-печати металлом. С помощью этой технологии можно быстро изготавливать геометрически сложные металлические изделия, которые по своим качествам превосходят продукцию литейного и субтрактивного производств.

✓ **SLS**

Selective Laser Sintering (SLA) – селективное лазерное спекание полимерных порошков. С помощью этой технологии можно получать большие изделия с улучшенными физическими свойствами (повышенная прочность, гибкость, термостойкость и др.).

✓ **SLA**

Stereolithograph (SLA) – лазерная стереолитография основана на отверждении жидкого

фотополимерного материала под действием лазера. Эта технология аддитивного цифрового производства ориентирована на изготовление высокоточных изделий с различными свойствами.

✓ **DMD**

Direct Metal Deposition (DMD) – прямое осаждение материала непосредственно в точку, куда подводится энергия и где в данный момент происходит построение фрагмента детали. С помощью этой технологии можно создавать крупные изделия сразу из нескольких видов сплавов, а также вести ремонт таких дорогостоящих компонентов, как лопатки турбин авиадвигателей.

Основными преимуществами внедрения аддитивных технологий в производство являются (рис. 2):

- гибкость в проектировании, в том числе при необходимости минимизации веса или внесения изменений в конструкцию;
- оперативность изготовления прототипов по 3D-модели (максимальный срок изготовления опытного прототипа – 14 дней);
- снижение затрат на сопутствующие инструменты и оснастку;
- низкий уровень отходов (снижение вероятности появления неликвидного продукта);

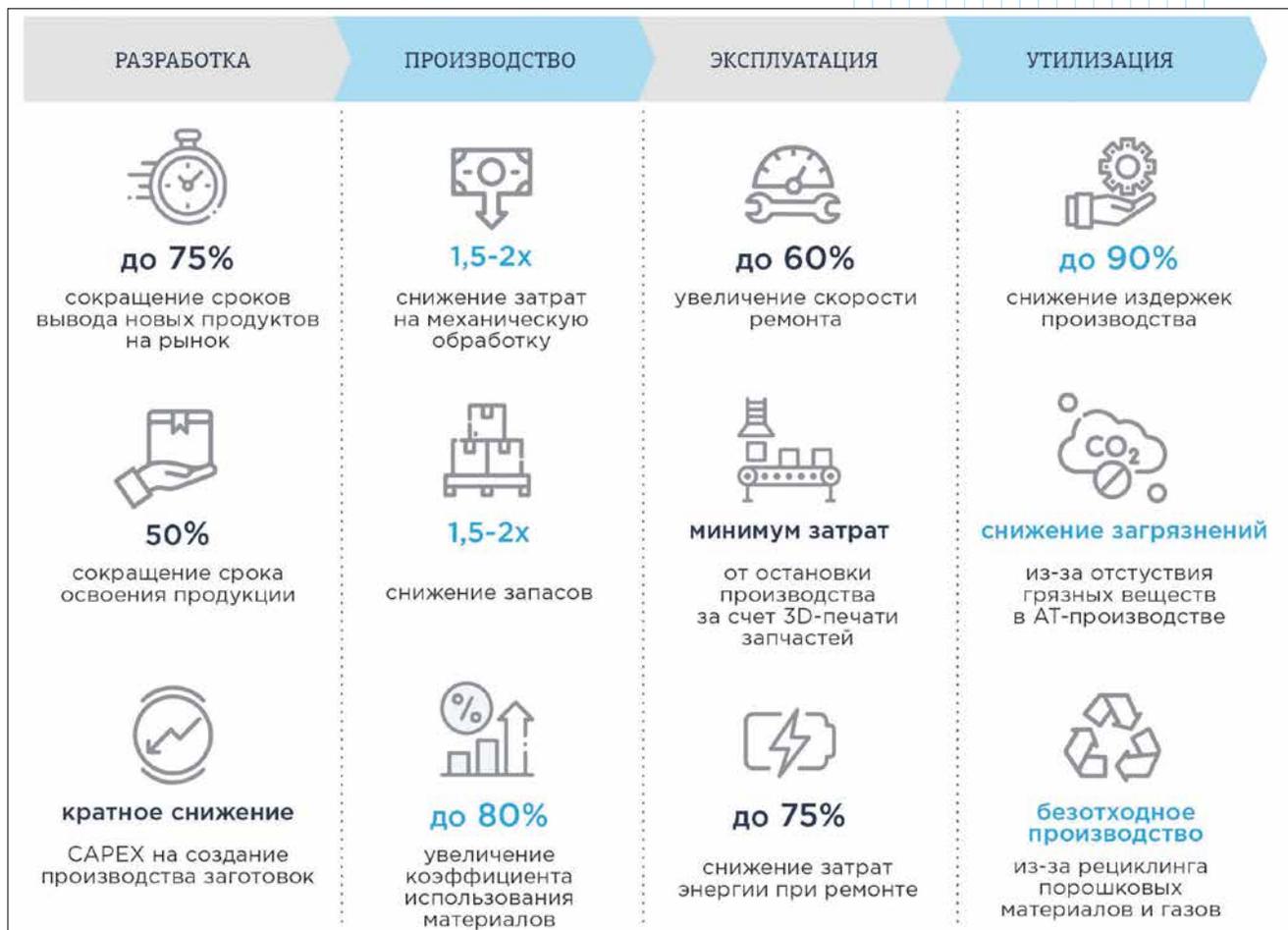


Рис. 2. Индустриальные эффекты от внедрения аддитивных технологий

- сокращение продолжительности производственного цикла;
- более гибкая цепочка поставок;
- сокращение количества комплектующих (можно сразу печатать сборки);
- снижение стоимости жизненного цикла изделия;
- возможность создания эксклюзивного продукта (детали со сложной конфигурацией и внутренней структурой, которые невозможно изготовить фрезерованием или методом литья).

Основные преимущества использования аддитивных технологий

В целом, говоря о достоинствах аддитивного метода, эксперты указывают на три основных фактора.

1 Себестоимость

В каких случаях экономический фактор оказывается решающим? Например, при изготовлении пресс-форм для литья под давлением. Стоимость этой операции измеряется сотнями тысяч рублей, а иногда и миллионами. При этом очень редко разработанная конструкция сразу отвечает всем требованиям – её приходится дорабатывать. Только представьте: вы изготовили пресс-форму, изготовили деталь и только после этого убедились, что всё это надо доводить до ума. Тут на помощь и приходят аддитивные технологии: гораздо проще и дешевле сначала вырастить деталь в рабочей зоне 3D-принтера, испытать, при необходимости доработать и еще раз вырастить.

2 Сложность формы и топологии деталей

Возможность создания легких и сложнопрофильных деталей – второе достоинство аддитивных технологий. В медицине это преимущество реализуется в виде кастомизированных протезов, которые, очевидно, подходят только одному человеку (в каждом отдельном случае они абсолютно уникальны по форме). Чтобы протез динамически соответствовал анатомическим особенностям, он должен быть адаптирован под конкретного человека с учетом его физиологических особенностей.

3 Новые материалы

Третье преимущество – использование материалов, которые недоступны для традиционных формообразующих технологий, таких как литье и мехобработка. Аддитивный метод открывает доступ к работе с материалами, которые

практически не поддаются традиционным методам обработки. К примеру, до появления 3D-печати кобальт-хром практически не применялся для изготовления сложнопрофильных деталей, так как он плохо лется. Из-за низкой жидкотекучести сложно пролить тонкие сечения из сплавов кобальта. Аддитивные технологии избавляют от этой проблемы. Так, благодаря им, сегодня предприятия делают из кобальтохромовых сплавов детали горячего тракта газотурбинных двигателей. Находят применение и уникальные алюминиевые сплавы с особыми свойствами.

Возможность использования материалов с уникальными свойствами – один из критериев выбора аддитивных технологий для изготовления деталей.

Мировой рынок 3D-печати

Мировой рынок аддитивных технологий в период с 2014 по 2020 годы рос со среднегодовыми темпами +19.3%, достигнув к 2020 году объема почти в 12 млрд. долларов. В целом, 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. долларов (рис. 3).

В целом, рынок аддитивных технологий складывается из четырех основных сегментов:

1 Оборудование для 3D-печати – серийное изготовление станков и комплектующих.

2 Материалы для 3D-печати – порошки, в том числе для ответственных изделий, пластик и пр.

3 Программное обеспечение для 3D-печати, обеспечивающее единую цифровую платформу для разработки деталей, симуляции и производства.

4 Услуги 3D-печати – комплексные предложения по аутсорсингу.

Основной оборот отрасли дают услуги, быстро растут сегменты продажи материалов и оборудования. По прогнозам мировых экспертов, мировой рынок АТ к 2027 году достигнет показателя

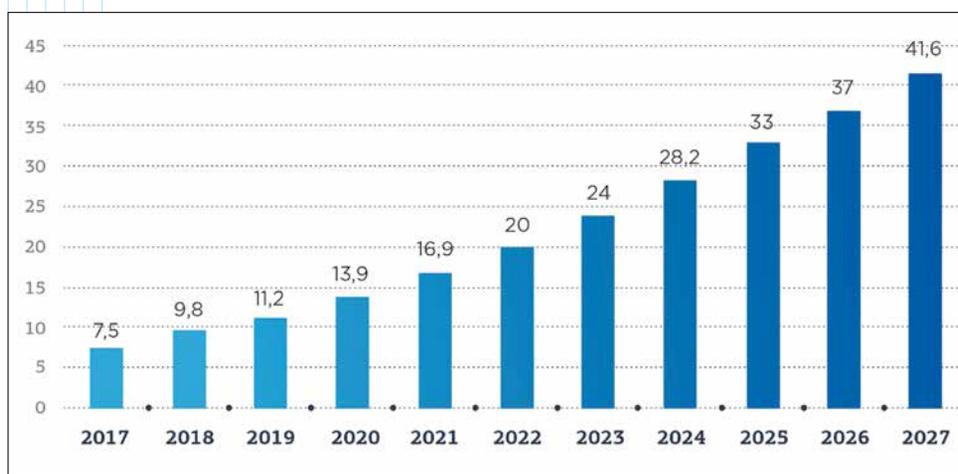


Рис. 3. Состояние и прогноз объема мирового рынка АТ в млрд. долларов. (Источник: *Exponential technologies in manufacturing*)



Рис. 4. Динамика и прогноз роста объема АТ-рынка (в млрд. долларов) по четырем основным сегментам. (Источник: SmartTech Publishing)

в 41.6 млрд долларов, высокий спрос будут иметь именно услуги 3D-печати (рис. 4).

Перспективы развития рынка 3D-печати

Как и в настоящее время, в ближайшие годы прогнозируется активный рост мировых разработок и внедрения аддитивных технологий в авиакосмической и оборонной отраслях, электронике и автомобильной промышленности (рис. 5).

Ожидается также, что самыми крупными областями применения АТ будут аэрокосмическая и оборонная промышленность. Активно будет развиваться аддитивное производство в автомобильной промышленности, а также в стоматологии и производстве медицинских имплантов. Вкупе все указанные отрасли будут занимать более 50% рынка (рис. 6).



Рис. 5. Уровень внедрения 3D-печати по отраслям к 2025 году. (Источник: Global Additive Manufacturing Market, Forecast to 2025, <http://namic.sg/wp-content>)

Крупнейшие игроки рынка 3D-печати

Крупнейшие игроки рынка АТ – а, значит, и основные мощности – сосредоточены в Северной Америке и Европе, однако самые высокие темпы ежегодного прироста в последние годы показывал Азиатско-Тихоокеанский регион. При этом Европа лидирует в области аддитивного производства металлических объектов, а Америка опережает остальной мир в аддитивном производстве полимерных объектов.

Конкуренция на рынке 3D-печати растет с каждым годом, особенно с приходом на него китайских компаний. Тем не менее, старые игроки продолжают удерживать свои позиции.

Основными мировыми поставщиками аддитивных технологий являются девять компаний:

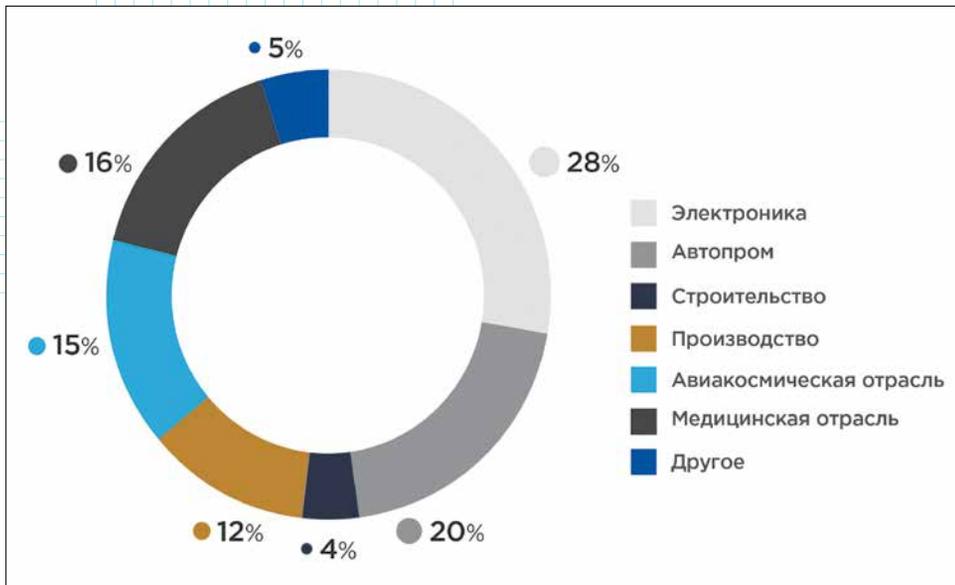


Рис. 6. Прогноз отраслевой сегментации рынка АТ на 2025 год: доли сегментов и процент выручки от продаж на мировом рынке аддитивных услуг. (Источник: Global Additive Manufacturing Market, Forecast to 2025, <http://namic.sg/wp-content>)

- 1 3D Systems (США);
- 2 EOS GmbH (Германия);
- 3 SLM Solutions (Германия);
- 4 Stratasys (США);
- 5 Objet Geometries (США-Израиль);
- 6 EnvisionTEC (США-Германия), направление – Digital Light Processing (DLP);
- 7 ExOne (США);
- 8 Voxeljet (Германия);
- 9 Arcam AB (Швеция).

По величине годовых доходов, по состоянию на 2019 год, лидерами на рынке 3D-принтеров были три компании:

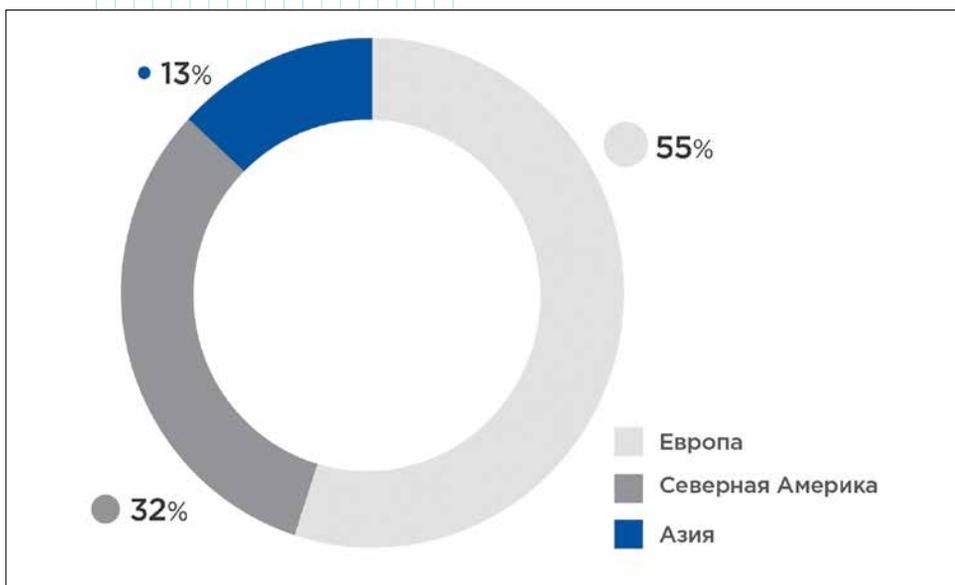


Рис. 7. Распределение крупнейших игроков рынка АТ по регионам

- Carbon (1.7 млрд. долларов);
- Desktop Metal (1.5 млрд. долларов);
- Formlabs (1.06 млрд. долларов).

Все три компании работали и коммерциализировали свои собственные технологии 3D-печати.

✓ Географическое распределение лидеров рынка 3D-печати

Штаб-квартиры 29% всех компаний, работающих на этом рынке, располагаются на территории США. Существенная их часть – компании-лидеры, деятельность которых способствует развитию технологий и росту количества патентов.

Второе место – у Германии, на её территории расположены 24% компаний.

Европейский регион занимает лидирующую позицию по общему количеству игроков на рынке аддитивного производства – 55% компаний; в Северной Америке – 32%, в Азии – 13% (рис. 7).

✓ Инициативы по развитию технологий 3D-печати в регионах-лидерах

Существенное влияние на развитие аддитивных технологий в США оказывают принятые правительственные инициативы. Учитывая тот факт, что отсутствие стандартизации остается одним из ключевых барьеров для ускорения внедрения аддитивных технологий в производство, в июне 2018 года национальным институтом *America Makes* (225 компаний – членов организации) совместно с Американским национальным институтом стандартов (ANSI) была разработана “дорожная карта”. В документе описывается 93 направления, по которым в настоящее время не существует опубликованных стандартов или спецификаций, отвечающих конкретным потребностям отраслей; кроме того, определены дополнительные направления в исследованиях и разработках,

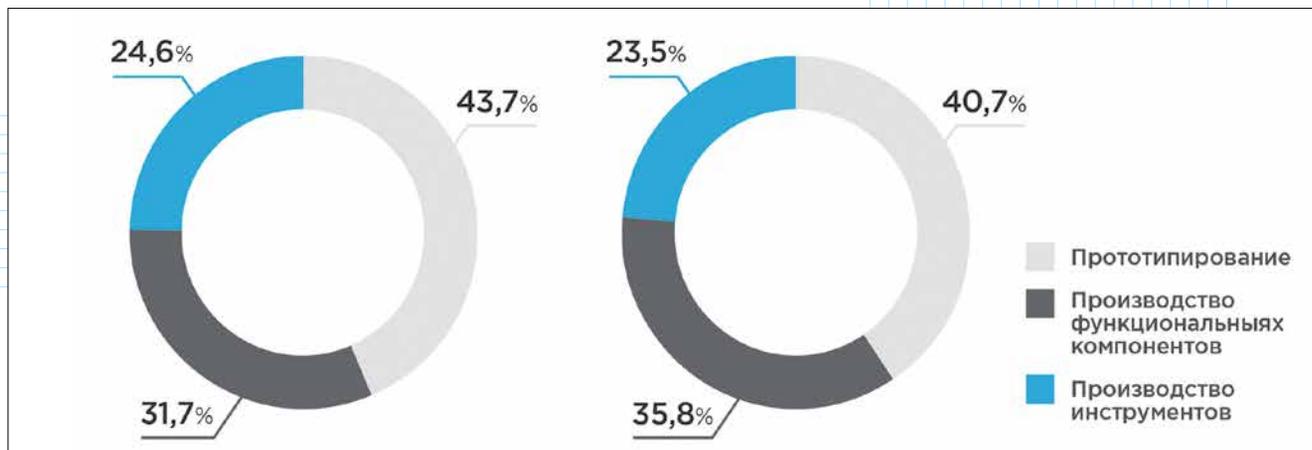


Рис. 8. Рынок 3D-печати в разрезе основных направлений применения. (Источник: MarketsAndMarkets, 2020)

необходимые в процессе стандартизации. Карта на сайте регулярно обновляется с учетом информации от компаний, участвующих в создании документа (175 организаций) и непосредственно разрабатывающих стандарты. Координационный документ способствует разработке согласованного набора стандартов в области аддитивного производства.

Не отстают в развитии сектора аддитивных технологий и страны Азии. Лидирующие позиции занимает Китай, чей рынок 3D-печати в 2018 году оценивался в 1.8 млрд. долларов (3-й по величине после США и Европы). Правительство Китая в 2017 году выпустило план “Additive Manufacturing Industry Development Action Plan”, предполагавший, что к 2020 году



Рис. 9. Текущее и ожидаемое в будущем применение АТ. (Источник: Dimensional Research, опрос 114 специалистов в сфере 3D-печати, 2019 год)

аддитивное производство в стране достигнет 3 млрд. долларов в денежном выражении. Ведется работа по поддержке перспективных компаний в области 3D-печати, по разработке стандартов и подготовке квалифицированных специалистов в этой области.

✓ **Ожидаемый рост объема мирового рынка 3D-печати**

Согласно исследованию компании *Sculpteo*, в котором приняло участие 1300 человек из разных стран, 51% опрошенных использует аддитивные технологии не только для прототипирования, но и в производстве. Наиболее популярными являются следующие технологии: моделирование методом осаждения с плавлением (*FDM*), селективное лазерное спекание (*SLS*), стереолитография (*SLA*).

Согласно прогнозам, к 2025 году глобальный рынок 3D-печати достигнет 32 млрд. долларов, а к 2030 году – 60 млрд. долларов.

Отметим довольно сдержанные оценки *GlobalData* по сравнению с прогнозами других компаний. Так, *Statista* публикует оценку в 16 млрд. долларов в 2020 году, а к 2024 году ждет роста до 40.8 млрд. долларов. По прогнозам *Fortune Business Insights*, с 2020 года рынок будет расти со среднегодовыми темпами +25.8% и к 2026 году достигнет 51.8 млрд. долларов. Еще более высоких темпов ожидает *Mordor Intelligence*: +29.5% ежегодно, увеличение объема к 2025 году до 63.5 млрд. долларов.

MarketsAndMarkets прогнозирует, что в 2024 году объем рынка 3D-печати составит

34.8 млрд. долларов. При этом наибольшее распространение получит металл; увеличится и доля производства функциональных компонентов (рис. 8).

Аналогичные результаты получены и специалистами компании *Dimensional Research* в опросе, проведенном в интересах *Essentium*: значимость простого прототипирования будет снижаться, тогда как в производственных процессах 3D-печать станет применяться чаще (рис. 9). Также компания в другом опросе, для *Jabil*, в котором приняли участие 308 респондентов, выяснила, что с 2017 по 2019 годы заметно выросла доля производителей, которые с помощью 3D-печати изготавливают от 10 до 50% функциональных и серийных элементов (рис. 10).

Российский рынок 3D-печати

Сегодня Россию никак нельзя назвать лидером в этой сфере. Доля России составляет всего 2% от мирового АТ-рынка, страна находится на 11 месте в мире по производству оборудования и внедрению АТ. Однако за последние 8 лет российский рынок 3D-печати вырос в 10 раз; совокупные продажи оборудования, материалов и услуг в области аддитивного производства (включая НИОКР) увеличились до 4.5 млрд. руб. в год (69 млн. долларов, оценка 2018 г.). На закупку оборудования, допоборудования и материалов приходится примерно 80% объемов рынка.

В целом, в настоящее время на российском рынке аддитивных технологий отечественное оборудование занимает порядка 42%. Таким образом,

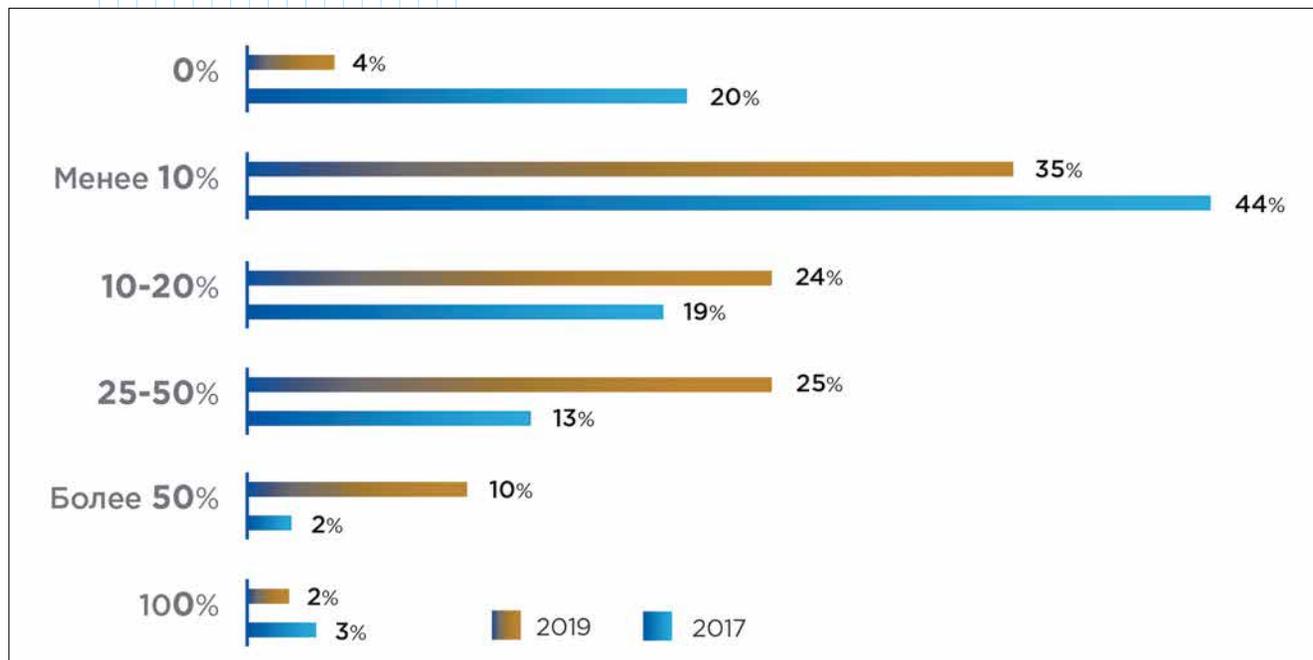


Рис. 10. Изменение доли функциональных и серийных компонентов, произведенных с помощью 3D-печати. (Источник: *Dimensional Research*, опрос 308 крупных производственных компаний, 2019 год)

Ведущие игроки российского рынка 3D-печати

Среди наиболее известного оборудования от российских производителей представлены в основном 3D-принтеры, не предполагающие промышленного использования – такого, как 3D-печать ответственных деталей и узлов (PICASO 3D, ZENIT, VORTEX IMPRINTA). Однако в последние годы анонсируются достижения и в этой сфере.

Следует перечислить компании, которые уже находятся в высокой стадии готовности промышленных установок и готовы к переходу от опытных установок к серийным поставкам (либо уже начали их). По металлопорошковой SLM-печати – это “Лазерные системы”, МЦЛТ МГТУ, 3DSL.A.RU, ЦНИИТМАШ (“Росатом”); по лазерной наплавке (DMD) – ИЛИСТ СПбГМТУ и МЦЛТ МГТУ. Имеется целый ряд других компаний, которые представили свои предсерийные образцы.

Из промышленных установок для 3D-печати пластиками/композитами стоит упомянуть Total Z, а также песчано-полимерные принтеры компании “Аддитивные технологии” (печать форм для отливок). Один из ярких успешных примеров – производство 3D-принтеров для строительной отрасли, где российский бизнес опередил европейский и имеет шанс закрепиться на мировом рынке (“Спецавиа”, Apis Cor).

Отдельно следует сказать о российской компании Anisoprint, которая занимается разработкой технологии печати непрерывно армирующим углеродным волокном. Что касается массового сегмента, то, по оценкам Минпромторга, в этой области (ценовой диапазон до 3÷4 тыс. долларов) работают более 30 производителей настольных 3D-принтеров.

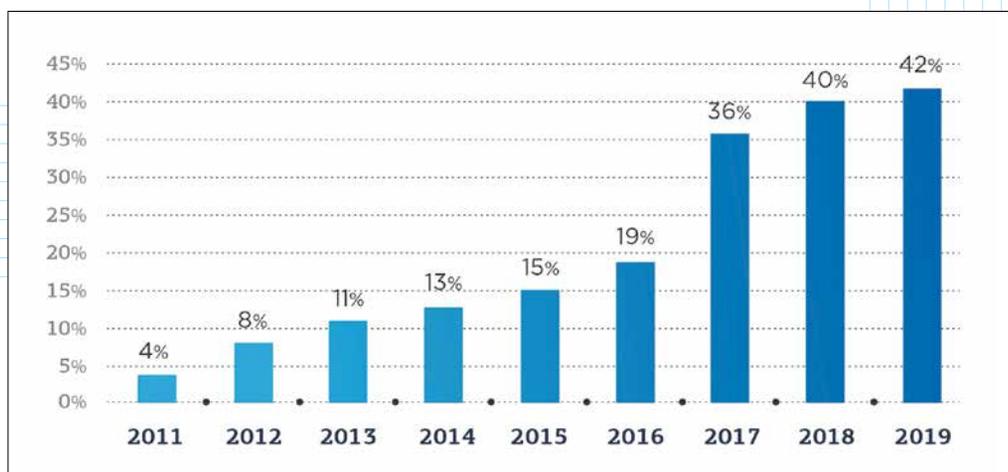


Рис. 11. Изменение доли российского оборудования для аддитивного производства по годам. (Источник: Минпромторг РФ)

импортозависимость в этой сфере снизилась с 96% до 58% (рис. 11).

По состоянию на конец 2019 года, Росстандарт утвердил для аддитивных технологий 12 ГОСТов, и ввел в действие 10 ГОСТов из 39 планируемых.

Сегментация рынка аддитивных технологий в РФ

Сегментация рынка АТ в России происходит в соответствии с мировыми трендами. Тем не менее, процесс внедрения аддитивного производства в сфере электроники, в отличие от европейских стран, имеет низкие темпы. В наибольшей степени аддитивные технологии внедряются в авиакосмической и автомобильной отраслях (в частности, 3D-печать деталей металлическими порошками). По данным Минпромторга РФ, на авиакосмическую отрасль приходится порядка 30% всего производства с применением аддитивных технологий (рис. 12).



Рис. 12. Отраслевая структура российского рынка аддитивных технологий в 2020 г. (Источник: Минпромторг РФ)

Крупнейшие потребители АТ в России

Среди крупнейших потребителей порошковых материалов на российском рынке можно назвать такие предприятия, как ПАО “Авиадвигатель” и ПАО “НПО “Сатурн” (в обоих случаях – разработка газотурбинных технологий и двигателей), а также ЗАО “Новомет-Пермь” (производство погружных электроцентробежных насосов для добычи нефти).

Наиболее крупными потребителями 3D-принтеров являются государственные компании: Роскосмос, Ростех, Росатом. Так, Роскосмос в 2017 году приобрел уникальный отечественный 3D-принтер “роутер 3131” с большим печатным полем, изготовленный специально для нужд авиакосмической отрасли. Государственная корпорация Ростех готова инвестировать до 3 млрд. руб. в развитие аддитивных технологий на предприятиях корпорации – в первую очередь в секторах двигателестроения, вертолетостроения, автомобилестроения.

Основные тренды рынка 3D-печати в России и мире

В целом, основными трендами мирового и российского рынка аддитивных технологий являются:

- Смещение акцента с разработки новых аддитивных технологий на определение и расширение перечня сфер применения 3D-печати отдельных функциональных элементов конечной продукции в самых разных отраслях. Сдвиг в сторону производства изделий/продуктов является ключевым фактором совершенствования технологий/оборудования. Разработчики технологий участвуют в создании практических решений в рамках совместных проектов с промышленными компаниями.

- Определение соответствующих сфер применения 3D-печати в различных отраслях, что стимулирует производителей материалов разрабатывать и сертифицировать новые высокоэффективные материалы – в первую очередь, пластики. Это будет способствовать развитию рынка полимерной 3D-печати, которая в настоящий момент несколько отстает от печати металлами. Наибольший спрос на такие разработки возникает в авиакосмической и автомобильной отраслях, где необходимы материалы с особыми свойствами и требованиями к качеству для решения конкретных задач (функциональные прототипы или серийное производство).

- Применение программного обеспечения как для проектирования, оптимизации и изготовления (моделирование процесса 3D-печати) изделия, так и для управления рабочим процессом с целью сокращения продолжительности и стоимости печати. Внедрение моделирования в рабочий процесс 3D-печати позволяет производствам выявлять потенциальные ошибки построения изделия еще до его начала. Предотвращение печати заведомо неудачных изделий помогает резко сократить производственные затраты, снизить уровень брака и повысить общую рентабельность.

- Разработка и распространение автоматизированных решений для сокращения затрат времени на выполнение ключевых задач. Например, постобработка, известная своей трудоемкостью, и ручные процессы – одни из областей, где автоматизация может существенно повысить эффективность производства.

- Сотрудничество компаний (а в некоторых случаях и покупка бизнеса) являются существенными факторами, ускоряющими принятие и распространение аддитивных технологий в промышленности. Здесь можно вспомнить: поглощение *Concept Laser* и *Arcam* компанией *General Electric* (2017 год); приобретение *3DSIM* (в 2017-м) и *Granta Design* (в 2019-м) компанией *ANSYS*; британского поставщика металла *LPW*, ставшего частью *Carpenter Technology Corporation* (2018 год).

Перспективы и препятствия к внедрению аддитивных технологий

Почему же столь эффективные и передовые во всех отношениях аддитивные технологии до сих пор не вытеснили традиционные субтрактивные? Как ни банально, всё упирается в деньги. Порошок стоит дороже алюминиевой чушки, поскольку для его получения требуются дополнительные технологические переделы. 3D-печать из металла – дорогая технология.

Аддитивная технология рентабельна там, где стоимость изготовления килограмма изделия высока – прежде всего, в высокотехнологических отраслях. Если это автопром, то 3D-печать оправдана при мелкосерийном или даже штучном производстве автомобилей премиум-сегмента и спорткаров. Применима она и в авиационной отрасли, где используются сложные конструкции, а цикл изготовления и проверок занимает много времени. Не обойтись без аддитивных технологий и в космической отрасли – там стоимость килограмма выводимого на орбиту груза находится на космической высоте.

Несколько лет назад, когда 3D-печать начала входить в моду, об алюминии в контексте аддитивных технологий никто не упоминал (к слову, килограмм алюминиевого порошка тогда стоил 250 евро). Но научную и производственную мысль остановить невозможно. Сегодня стандартный сплав продается уже по цене 20 долларов за килограмм. Уменьшение стоимости сырья и снижение стоимости аддитивного оборудования способствует тому, что аддитивные технологии, использующие алюминий, должны в ближайшее время получить широкое применение.

Несмотря на наличие неоспоримых преимуществ, в ряде промышленных отраслей на пути внедрения аддитивных технологий существуют ограничения, которые данный процесс замедляют. Согласно данному опросу 140 экспертов в сфере 3D-печати, проведенного в 2019 году компанией *Dimensional Research* в интересах *Essentium*, в числе главных проблем отрасли выделялись следующие: всё еще высокая стоимость технологий и



Рис. 13. Основные проблемы внедрения АТ в серийном производстве. (Источник: опрос Dimensional Research, 2019 год)

материалов, трудности с масштабированием результатов и низкий уровень доверия (рис. 13).

Тенденции развития технологий 3D-печати в российском производстве

Среди основных тенденций развития российского производства – расширение номенклатуры изготавливаемых изделий, возможность к экономически обоснованному переходу от массового к мелкосерийному производству, экономия площадей, непрерывная печать, экономия труда, сокращение производственного цикла, экономия электроэнергии, удовлетворение индивидуальных потребностей заказчика (кастомизация).

С недавних пор объединением и координацией российских компаний аддитивной отрасли занялась госкорпорация «Росатом». В частности, 10 июля 2019 года Правительство Российской Федерации и «Росатом» подписали соглашение в целях развития высокотехнологической области «Технологии новых материалов и веществ». Кроме того, участие в развитии аддитивных технологий принимают «Ростех», «Роскосмос», ФГУП «ВИАМ» и другие крупные компании. Правительством РФ, совместно с бизнесом, разработана «дорожная карта» развития аддитивных технологий до 2030 года (датована 28.04.2020 г.). Как полагают эксперты, при условии реализации всех мер из «дорожной карты», к этому времени Россия может войти в пятерку ведущих игроков мирового рынка 3D-печати.

В заключение стоит сказать, что сфера применения 3D-принтеров и сканеров сегодня весьма обширна: от производства, медицины, строительства, военной отрасли и электроники до индустрии моды и изобразительного искусства. Если рассматривать аддитивные технологии с точки зрения материалов, то можно отметить, что используется почти всё – от металлов до полимеров, твердых и гибких, жестких и мягких, горючих и негорючих.

Изготовленные аддитивным методом изделия находят применение на любом этапе производственного процесса – при создании прототипа, оснастки, в качестве готовой продукции (например, кузовные детали автомобиля). В последнее время аддитивными машинами начали активно интересоваться госструктуры. Восхищают большие успехи АТ в медицине: на 3D-принтерах получают мышцы, кости, хрящи, воплощая в жизнь недавнюю фантастику. Многие компании давно применяют аддитивные технологии в своём производстве. Вместе с тем, растет и потребительский интерес к аддитивным технологиям – в частности, из-за появления в продаже доступного по цене оборудования. 🧐

Контактные данные

по вопросам сотрудничества:

Группа «ДЕЛОВОЙ ПРОФИЛЬ»

www.delprof.ru

Тел. +7 (495) 740 16 01

Электронная почта: contact@delprof.ru