

РУССКИЙ БИЗНЕС

Краснодар: как из станции сделать мегаполис

РУССКИЙ БИЗНЕС

Стоимость добычи крабов выросла втрое

НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ

Научные журналы против ChatGPT

МОНОКЛЬ

30 ОКТЯБРЯ — 5 НОЯБРЯ 2023 № 02 (1318)

WWW.MONOCLE.RU

СПЕЦИАЛЬНЫЙ ДОКЛАД

400

КРУПНЕЙШИХ
компаний
РОССИИ

Дмитрий Трубашевский, Павел Биленко

Аддитивные технологии в России: быстрая эволюция 2022–2023 годов

В результате санкций и роста спроса на гибкие решения в промышленности средний рост выручки 26 основных АТ-компаний в России составил около 500%. Выручка крупнейших из них приблизилась к 0,5 млрд рублей



Сегодня существует около 30 мощных супервозможностей, которые выгодно отличают аддитивные технологии от традиционных, помещая их в новую производственную реальность

МИХАИЛ МЕТЦЕЛЬГАС

Аддитивные технологии (АТ), или, как их часто называют, 3D-печать (3DP), сегодня по новому осмысливается компаниями и предпринимателями. Возможность полной индивидуализации продукта, выпуска «под клиента», связь с производством по запросу (manufacturing on demand) и возможностями генеративных алгоритмов CAD/CAE-систем делают 3DP все более выгодным и интересным.

Прогнозируется, что общий объем мирового рынка аддитивного производства (оборудование, программное обеспечение, расходные материалы, специализированные системы для постобработки, производство по запросу) к 2032 году превысит 100 млрд долларов, примерно в шесть раз больше, чем в 2022 году (см. график 1).

Такой скачок произойдет благодаря нескольким факторам. Это кратное увеличение производительности оборудования; повышенный интерес потребителей к получению индивидуализированной продукции (обувь, очки, ювелирные изделия, часы, мобильные

телефоны, нестандартные приспособления, протезы/экзопротезы, имплантаты, элайнеры, товары для дома, носимая электроника); многономенклатурное мелкосерийное производство для автомобильной, авиастроительной, ракетно-космической, медицинской промышленности; серийное производство потребительских товаров; использование в ремонте техники; индустриализация безлучевых технологий.

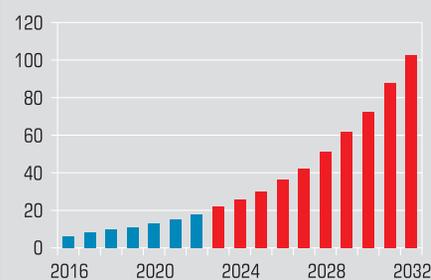
Сегодня внимание к аддитивным технологиям формируется благодаря трем основным течениям. Первое — это целая армия энтузиастов, для которых бытовая 3D-печать неразрывно связана с их жизнью, профессиональным развитием, получением эстетического и творческого удовольствия. В таких сообществах продвижение происходит благодаря сарафанному радио и самостоятельным поискам подходящей технологии и оборудования.

Второе течение — многочисленные предприятия, которые на использование 3D-печати сподвигли их соратники или конкуренты, простимулировавшие поиск новых прорывных решений в про-

ектировании и технологиях. Их скрупулезное погружение в мир аддитивных технологий окупается сторицей. Такие производственники сегодня составляют прогрессивную долю инноваторов, которые своим примером вдохновляют других предпринимателей.

Третье течение больше распространяется на противников или сомневающихся. На них влияют десятки знаменитых

Динамика развития рынка АТ до 2032 года График 1



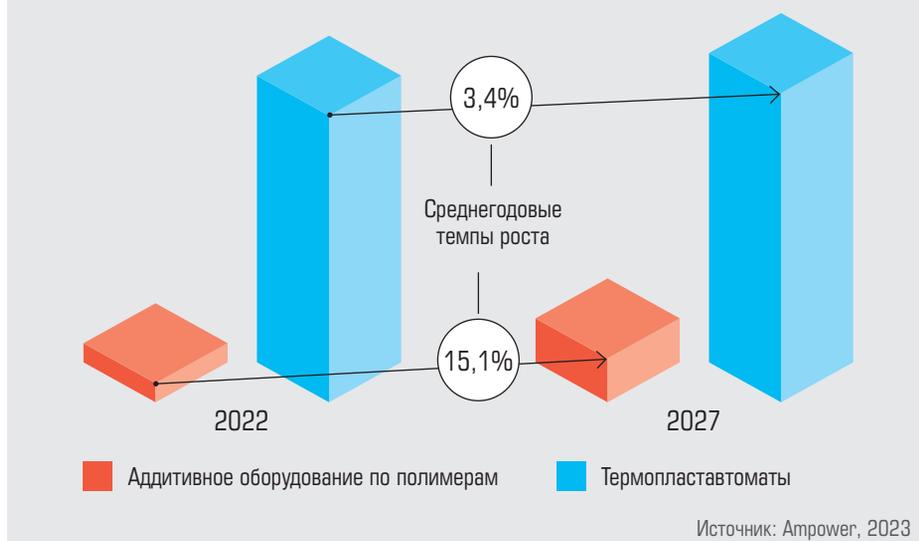
доход, млрд долл.

■ Реальный ■ Прогноз

Источник: layerlogic.tech

Темпы роста продаж аддитивного оборудования по полимерам по сравнению с термопластавтоматами на основе данных 2022 года и прогноза до 2027 года

Схема 1



компаний, которые между делом сообщают об использовании новых методов производства. Например, коллаборация Adidas и Carbon 3D с напечатанной промежуточной подошвой в кроссовках модели 4D FWD; Align Technology, изменившая уже более 15 млн улыбок благодаря своим прозрачным элайнерам; Илон Маск, задействующий технологии 3D-печати для изготовления ракетных двигателей SpaceX и сокращения количества компонентов автомобилей Tesla; Apple, готовящая технологический прорыв в серийной печати корпусов часов Apple Watch последнего поколения... Такие проекты обращают внимание промышленников на все новые и новые сферы применения 3D-печати, начиная со вполне логичных и заканчивая теми, которые еще полгода назад никто бы и не заметил. Это касается в первую очередь использования аддитивных технологий в серийном производстве. Оказывается, что при грамотной разработке продукции, подкрепленной новым инженерным мышлением, генеративным ИИ, адекватной технологией, материалом, постобработкой, уже сегодня можно говорить о потенциальной выгоде использования аддитивных решений. И с каждым полугодием вход в серийное производство становится все более рентабельным

благодаря снижению стоимости оборудования, материалов и повышению производительности.

Если не обращать внимания на корпорации, финансовые возможности которых существенно шире, чем у большинства компаний, можно выделить отрасли промышленности, которые уже сегодня получают выгоду от использования 3D-печати, и с каждым годом их оптимизм в отношении этой технологии только растет. Это космонавтика, авиастроение, автомобилестроение, медицина, стоматология, товары народного потребления, строительство, энергетика. Сегодня существует около 30 мощных супервозможностей, которые выгодно отличают аддитивные технологии от традиционных, помещая их в новую производственную реальность. В этой реальности именно потребитель или дизайнер/инженер определяет будущий облик изделия, а не технолог и культивируемые им ограничения традиционного оборудования. Современные требования инженеров направлены на такие вещи, как агрегация, оптимизация / генеративный дизайн с ИИ, использование ячеистых структур, в том числе градиентных, каналы конформного охлаждения, многоматериальность, вычислительная инженерия, 4D-печать.

А вот так выглядит эффект экономии от снижения массы по отраслям

Область применения	Экономия от снижения массы (долл./кг)
«Формула-1»	> 120 000
Космонавтика	25 000
Авиастроение	1200–13 000
Автомобилестроение	20–600
Грузовой и рабочий транспорт (тракторы, комбайны)	1,3–12,7
Станочное оборудование	< 6

Источник: Marcus Point, Domin Fluid Power, 2017 / The Economist, июль 2017

Очевидно, что для таких потребностей необходимо использовать новые, прорывные технологии, и здесь 3D-печать может играть одну из главных ролей. Например, при работе с металлами аддитивные технологии часто используют такие уникальные возможности, как агрегация (объединение деталей сборки), использование ячеистых структур, а также топологическую оптимизацию / генеративное проектирование с использованием ИИ. Нередко в таком случае можно наблюдать результат сокращения массы изделия от 20 до 60%!

При использовании, например, металлопорошковой технологии LB-PBF/SLM при стоимости цикла 10–25 тыс. руб./ч, среднем времени проекта 3D-печати 70 часов, производительности 100 см³/ч мы получаем стоимость детали 1,7 млн рублей (расчеты Андрея Рипецкого, кандидата технических наук, доцента Московского авиационного института). Если мы сэкономим 30% материала, это составит почти 570 тыс. рублей, или 5,7 тыс. долларов экономии.

АТ: опережающий рост

При рассмотрении двух ключевых сегментов направлений в 3D-печати — полимеров и металлов/сплавов, сравнении темпов их роста с традиционными технологиями можно сделать интересные выводы.

Усредненные темпы роста продаж аддитивного оборудования по полимерам с 2022 по 2027 год составляют 15,1% по сравнению с 3,4% традиционных термопластавтоматов (см. схему 1).

Усредненные темпы роста продаж систем аддитивного производства по металлам и сплавам составляют 25,8% по сравнению с 7,3% роста продаж традиционных металлообрабатывающих станков с ЧПУ в период с 2020 по 2025 год (см. схему 2). Всего за пять лет при нынешних темпах роста отставание объема продаж 3D-принтеров по металлу от металлообрабатывающих станков с ЧПУ должно сократиться с 80 до 36 раз, а к 2075 году до шести раз!

Исторически рынок полимерных АТ самый емкий, он примерно в два с половиной раза превышает технологии металлической 3D-печати в денежном выражении. Лидерами в полимерах являются технологии экструзии FDM/FFF, фотополимеризации в ванне SLA и синтеза на подложке PBF/SLS.

Однако вполне развита и 3D-печать металлами. В сегменте металлов около 90% рынка приходится на технологии синтеза на подложке LB-PBF (лазеры), EB-PBF (электронный луч) и прямого подвода энергии и материала DED (Ampower,

2021). В целом же металлические технологии в количественном выражении составляют 10% от всего рынка АТ.

По данным российской Ассоциации развития аддитивных технологий, объем потребления АТ в России в 2022 году составил 6,1 млрд рублей, а в 2030 году, по их прогнозу, составит около 9,8 млрд рублей.

В России насчитывается более 50 производителей 3D-принтеров. Большинство из них частные, малые или средние компании (см. график 2). Всего же в РФ, по нашей оценке, насчитывается более 300 компаний и институтов, тем или иным образом оказывающих влияние на развитие АТ.

Для успешного развития современного высокотехнологичного производственного бизнеса в стране необходима эффективно работающая сеть создания ценности АТ. Связь этих институтов и компаний, их совместная работа, экосистемность ведут к диффузии технологий.

Мы представили рынок аддитивных технологий РФ в виде экосистемы, состоящей из 10 основных категорий: компаний инженерного консалтинга; университетов и научно-исследовательских институтов; компаний, производящих оборудование для производства материалов (филаментов, гранул и порошков); разработчиков программного обеспечения; производителей 3D-сканеров и контрольно-измерительных машин (КИМ); производителей оборудования для постобработки; производителей расходных материалов; ферм 3D-печати, центров аддитивного производства (ЦАП), студий; производителей 3D-принтеров (см. Экосистема аддитивных технологий в России, <https://layerlogic.tech/am-ecosystem/>).



Запасные части из жаропрочного сплава (вентиляторы) для печей термообработки АО «Протон-ПМ»

Проведя анализ наиболее активных 26 команд, производящих 3D-принтеры, расходные материалы и оказывающих услуги с помощью АП в России, мы увидели, что средний рост выручки этих компаний в 2022 году составил 499%. Их совокупная выручка в 2022 году была на уровне 3,5 млрд рублей. Пока ни одна из компаний, производящих 3D-принтеры, не добралась до выручки 500 млн рублей, но лидер в 2022 году заработал 447 млн. Рост выручки двух лидеров составил 7923 и 2488% соответственно.

Все компании, которые мы успели изучить, — частные, большинство из них были основаны в 2013–2021 годах,

и только две начали свою деятельность в 1990-е.

Рост прибыли всех АТ-компаний за один год (с 2021 по 2022 год) составил 1240%. Прибыль трех лидеров выросла на 15 299, 10 712 и 1228% соответственно. Совокупная прибыль 26 компаний составила 457 млн рублей. Лидер получил прибыль 121 млн рублей.

Основное влияние на российский рынок оказали закрытие границ и уход с отечественного рынка ведущих производителей из США и Европы. Сегодня все чаще российский промышленник обращает свое внимание на российские продукты. Другим стимулирующим внедрение АТ фактором является мировой тренд на усовершенствование аддитивных технологий, который подталкивает использовать их для выпуска серийной продукции. И наконец, третий фактор — использование 3D-принтеров для оборонно-промышленного комплекса как одного из драйверов развития технологий.

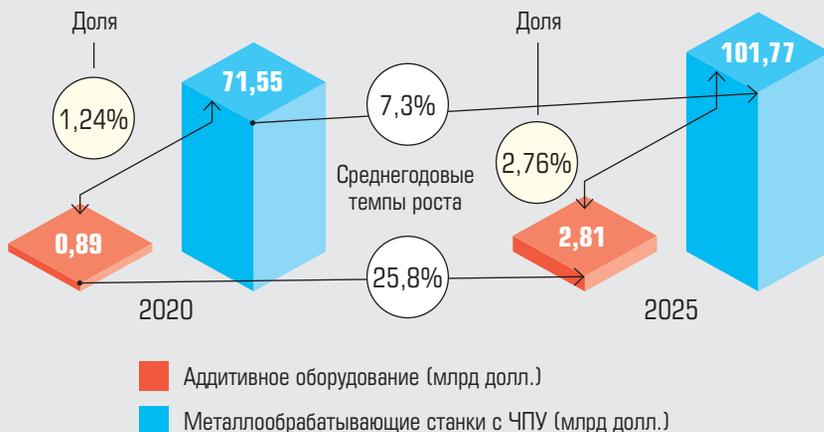
Самые популярные АТ

Постоянно проводя параллели с успешными зарубежными компаниями, мы проанализировали развитие рынка АТ и выделили лидирующие технологии по объемам продаж.

В полном соответствии с глобальными трендами технология экструзии полимеров и композитных полимеров FDM/FFF имеет наибольшее распространение. Она относительно давно присутствует на рынке РФ и дает самую большую выручку. Популярность этой технологии обу-

Объем продаж и темпы роста аддитивного оборудования по металлам по сравнению с металлообрабатывающими станками с ЧПУ на основе данных 2020 года и прогноза до 2025 года

Схема 2



Источник: additive-manufacturing-report.com; Grand view research, 2021

словлена низкой стоимостью владения, достаточно простой схемотехникой, невысокой зависимостью от санкционных иностранных комплектующих. Нелишним будет отметить ценность, которую привносит эта технология для пользователя: быстрое и доступное прототипирование, создание производственной оснастки без требований к сертификации, производство конечной продукции из широчайшего ряда термопластов. Наиболее востребованной компанией на российском рынке здесь можно назвать ООО «Пикасо 3Д» (Picaso 3D) — компанию, которая на протяжении всей своей деятельности показывает результаты, превосходящие возможности китайских компаний из этого же сегмента. Picaso 3D уже долгие годы остается верна своей формуле успеха, которая заключается в разработке и производстве только доступных экструзионных 3D-принтеров с нитевидным филаментом, и постоянно совершенствует свою продукцию. Ее устройства можно увидеть в школах, училищах, вузах, у частных пользователей и даже на заводах. Технология FDM/FFF сегодня является синонимом доступной 3D-печати прочных изделий из пластмасс, композитов и эластомеров, представляющей любой аудитории инструмент для визуализации своего цифрового замысла в физической форме.

Константин Алёхин, основатель и генеральный директор студии 3D-печати T10, работающей в Калужской области, рассказал: «С 2014 года в качестве основного оборудования мы используем принтеры фирмы Picaso, которые зарекомендовали себя как простые и надежные машины, что очень важно в случае коммерческой печати.

Если брать аддитивные технологии в целом, то они уже позволили сэкономить много времени нашим заказчикам, так как сроки создания деталей с применением методов обратного проектирования сократились в разы по сравнению с традиционными подходами. Конечно, экономический эффект в каждом кейсе индивидуален, но с уверенностью можно сказать, что он очень ощутим для заказчиков, так как большинство клиентов работают с нами на постоянной основе не один год».

Вторая технология, которая очень популярна в мире, но пока не имеет многочисленных реализаций в РФ — синтез на подложке PBF/SLS. Один из ее интеграторов и создателей в России — компания «Онсинт» (Onsint). Руководство и главные разработчики Onsint очень дальновидно подошли к вопросу инноваций. При имеющемся опыте в создании металлических LB-PBF/SLM-систем они все-таки решили создать российские

Компании и институты, оказывающие влияние на развитие АТ в РФ

График 2



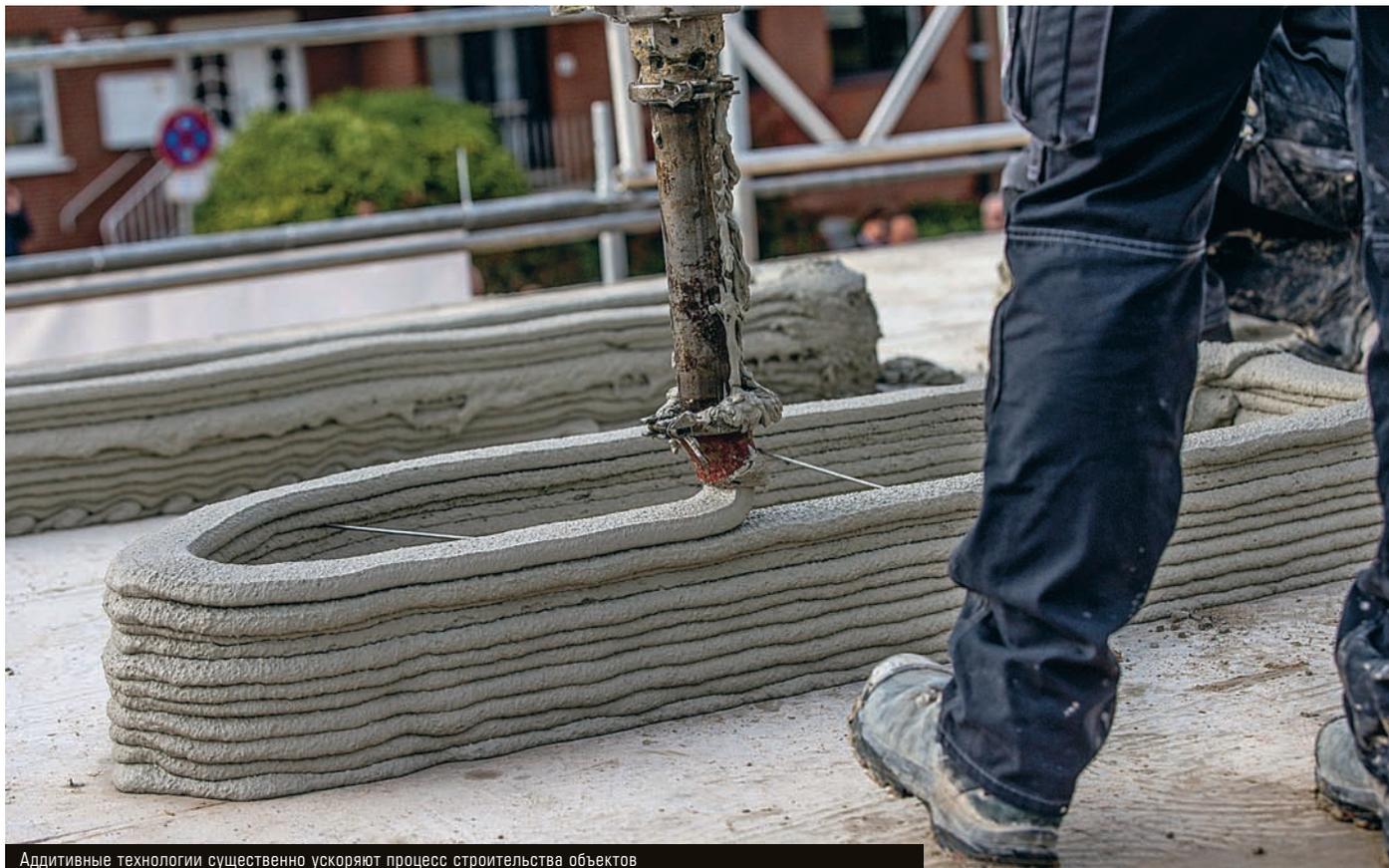
порошковые PBF/SLS-системы, работающие на чистых и композитонаполненных полиамидах, и начать их продажи на практически свободном рынке. Сегодня производство загружено на месяцы вперед, постоянно растут производственные площади и нанимаются инженеры, сборщики и тестировщики продукции. Onsint воспользовалась дорожкой, протоптанной американскими, европейскими и китайскими производителями, и с легкостью заместила компании, которые ушли с российского рынка. Их продукция приходится по душе очень многим отраслям и потребителям — например, очень широко ее используют в машиностроительной отрасли, часто такое оборудование приобретают центры аддитивного производства (ЦАТ/ЦАП), в том числе для печати индивидуализированной продукции медицинского применения, прототипирования различных корпусов и изготовления сложных дизайнерских форм. Технология PBF/SLS уместна там, где речь идет о быстром и наименее затратном производстве конечных изделий из полиамидов с практически изотропными характеристиками.

Преданность промышленников во всем мире металлам и сплавам обуславливает высокую популярность технологии синтеза на подложке LB-PBF/SLM, которую в своих системах используют более десятка российских разработчиков. Чем привлекает эта технология? Прежде всего следует отметить возможность гибкого проектирования / дизайна / топологической оптимизации, не ограничиваясь возможностями классических технологий, использование объемных решетчатых/ячеистых структур,

агрегация/консолидация деталей в одно изделие, огромное сосредоточение различных технологических операций всего на одном 3D-принтере. Здесь можно выделить такие компании, как ЗАО «Биоград» (3DLAM), АО «Лазерные системы», ООО «Титан-Авангард» (AddSol), и даже многопрофильное ООО «Онсинт». Традиционно технология LB-PBF/SLM используется там, где во главу угла ставятся такие сверхособенности продукции, как облегчение веса, агрегация (объединение деталей сборки в одно изделие), минимизация технологических процессов, индивидуализация. Соответственно, основные потребители таких систем одни из самых требовательных — это авиационное, космонавтика, медицина, авто- и мотоспорт.

В авангарде российской технологии прямого подвода энергии и материала DED в случае газопорошковой наплавки стоит отметить Институт лазерных и сварочных технологий СПбГМТУ. Активно развивается спрос на продукцию компании ООО «ИксВелд» (xWeld), выгодно отличающейся даже среди западных коллег уникальной технологией комбинированной проволоночной наплавки плазма + электрическая дуга. Технологии DED-P (металлопорошок) и DED-W (металлическая проволока) широко используются для ремонта ответственной продукции (лопатки турбин, пресс-формы, кронштейны, направляющие аппараты и т. п.), а также для создания сложных и габаритных изделий с нуля (корпуса ракетных двигателей, фюзеляжи, ступени, лонжероны и т. п.). При грамотно подобранных изделиях потребитель может выиграть как в скорости изготовления, так и в рентабельности производства.

«Решения xWeld зарекомендовали себя как надежный и удобный инструмент. Технологии проволоночной наплавки оказались незаменимыми при изготовлении крупногабаритной оснастки. Цикл получения заготовок с применением традиционных технологий зачастую занимает месяцы. С помощью проволоночной наплавки можно за считанные дни получить заготовки различных типов оснасток (станочных, оснастки для термофиксации и прочих), а за неделю-другую уже иметь готовое изделие. Зачастую нет необходимости в механообработке всех поверхностей, фрезеруются только посадочные. Сейчас мы не только активно печатаем оснастку для собственных нужд, но и начали печатать для внешних заказчиков. Самая большая напечатанная нами оснастка по весу превышает 400 килограммов. Кроме того, мы используем наплавку для изготовления комплектующих нашего



Аддитивные технологии существенно ускоряют процесс строительства объектов

При работе с металлами аддитивные технологии часто используют такие уникальные возможности, как агрегация, использование ячеистых структур, а также топологическую оптимизацию. В таких случаях можно наблюдать сокращение массы изделия от 20 до 60%!

технологического оборудования», — говорит **Виктор Кацай**, главный сварщик АО «Протон-ПМ».

Системы стимулирования

Для развития технологий компании из разных стран имеют возможность использовать как минимум три системы: частный венчурный капитал, специализированные государственные программы «под технологию» и консолидацию глобального спроса, к примеру с помощью краудфандинга. Каждая из них по-разному влияет на скорость развития аддитивных технологий.

В 2022 году венчурные инвесторы вложили в стартапы в области аддитивного производства по всему миру рекордные 2,84 млрд долларов, на 14% больше, чем в 2021-м. В это же время Мюнхенская ком-

пания AM Ventures — целевой венчурный фонд, закрыла новый фонд объемом 100 млн долларов, ориентированный на ранние стадии роста промышленных приложений 3D-печати. Инвестируя на международном уровне, компания прошла путь от семейного офиса до многопрофильной венчурной фирмы. В фонде работает 10 человек, которые сделали 25 инвестиций за пять лет, инвестировав в 18 3D-проектов в шести странах с двумя выходами, Additive Works и Cubicure, на 79 млн евро.

В мае 2022 года правительство США запустило инициативу Additive Manufacturing Forward. Она направлена на стимулирование роста компаний, занимающихся аддитивным производством, для снижения зависимости США от зарубежных цепочек поставок деталей

и возвращения производства в страну. Программа основана на добровольных обязательствах нескольких крупных производителей (GE Aviation, Honeywell, Lockheed Martin, Raytheon, Siemens Energy, Boeing, Northrop Grumman) и их небольших американских поставщиков поддерживать развитие технологий трехмерной печати. Эти обязательства включают в себя соглашения о закупке деталей, изготовленных с помощью 3D-печати, у небольших американских производителей и поставщиков, обучение сотрудников поставщиков новым способам аддитивного производства и оказание технической помощи в освоении поставщиками технологий трехмерной печати. Программа также определяет возможности разработки общих стандартов, сертификации технологий и продукции аддитивного производства.

Китайские компании, производящие сегодня оборудование для 3D-печати, имеют возможность консолидировать и увеличивать спрос, разместив свои продукты на глобальных краудфандинговых платформах. Так, команда Bambu Lab начала краудфандинговую кампанию 31 мая 2022-го и завершила 30 июня того же года. Целью кампании было собрать 10 тыс. долларов США. Результаты кампании сделали Bambu Lab одним из самых успешных технологических проектов, когда-либо реализованных на платформе краудфандинга: 5575 бейкеров заплатили за 3D-принтеры Bambu Lab 7 млн

Привлекали ли вы финансирование для развития вашей компании?

- 33%** Нет, не привлекали, но собираемся
- 30%** Да, привлекали грант, субсидию, заем от государственного фонда или госкомпании
- 20%** Да, привлекали банковские кредиты
- 16%** Да, привлекали частный венчурный капитал от бизнес-ангела
- 10%** Нет, не привлекали и не собираемся
- 3%** Да, привлекали частный венчурный капитал от фонда
- 3%** Да, привлекали корпоративный венчурный капитал

Как вы думаете, какая из форм финансирования роста бизнеса наиболее эффективна (то есть лучше всего ускоряет рост бизнеса) и несет наименьшие риски для основателей бизнеса и компании?

- 41%** Государственная субсидия, грант, заем
- 29%** Частный венчурный капитал от бизнес-ангела
- 25%** Частный венчурный капитал от фонда
- 19%** Краудфандинг
- 16%** Банковские кредиты
- 16%** Корпоративные венчурные фонды
- 16%** Конвертируемый заем от частного фонда или инвестора

Как вы думаете, какая из форм управления глобальным ростом компании (продаж на рынке других стран) помогла бы вам развиваться наилучшим образом?

- 53%** Целевые государственные программы (пример — AM Forward в США)
- 30%** Венчурный капитал «под технологию» (пример — AM Ventures)
- 23%** Более эффективная работа экосистем (Сколково, Иннополис)
- 23%** Более эффективная работа Министерства промышленности
- 19%** Более эффективная работа торговых представительств в странах развития
- 15%** Доступ к глобальным краудфандинг-платформам
- 11%** Частные консалтинговые компании в странах развития

долларов. Этому предшествовали 22 месяца кропотливой работы более 100 инженеров компании, которые произвели семь итераций продуктов и испытали более 750 прототипов. На странице краудфандинговой кампании команда рассказала, что за эти месяцы они потратили более трех тонн филамента на пробную печать.

К сожалению, сегодня возможности этих трех механизмов развития аддитивных технологий сильно ограничены для российских компаний. Мы задали три вопроса участникам экосистемы аддитивных технологий об источниках финансирования роста бизнеса. Результаты вы можете увидеть на схеме 3. Быстрорастущие ЗРП-компании из России пока активно не привлекали финансирования, но уверены, что целевые государственные программы развития, созданные «под технологию», — наиболее эффективный способ управления ростом технологического бизнеса.

Созданная экспертами и лидерами команд инженерного консалтинга, активно пополняемая экосистема аддитивных технологий демонстрирует сильные и слабые стороны российских компаний и предпринимателей, вовлеченных в сферу создания аддитивных технологий. Венчурные инвестиции, финансирование разработок, продажи заинтересованными командами из представителей науки и бизнеса, совместная работа крупных корпораций и команд предпринимателей должны ускорить процесс диффузии принципов АТ на российские предприятия. Визуально отмечаемый дисбаланс некото-

рых категорий экосистемы поможет задуматься над возможным развитием более слабых направлений, созданием новых технологий, а не жесткой торговой конкуренции с однотипной и низкомаржинальной продукцией.

На проведенных нами 17 «Аддитивных встречах» мы обстоятельно изучаем возможности компаний и институтов, проблемы, лежащие на пути к успеху, а также постоянно отмечаем технологический оптимизм этих команд. Мы надеемся, что экосистема и комплексные подходы команд и экспертов инженерного консалтинга к развитию АТ помогут инвесторам, топ-менеджерам, ученым, преподавателям и всем увлеченным быстро и качественно реализовать свои идеи и планы, участвуя в совместных проектах.

Непрекращающийся рост аддитивных технологий сегодня способствует созданию новых продуктов, более быстрому и рентабельному производству. И это уже не те воодушевляющие кейсы дистрибьюторов, имеющие мало общего с реальными результатами. Аддитивные технологии в настоящий момент и в ближайшем будущем — это действенный инструмент качественных преобразований, стандарт инноваций, способствующий переходу предприятий и инженерного мышления на принципиально новый уровень. А вот выбор качественного инструмента, целостной технологии и оборудования под текущие и будущие задачи производств сегодня является больше искусством с опорой на практики.

Об авторах экосистемы аддитивных технологий и этой публикации

Клуб производителей Московской школы управления «Сколково» — сообщество из более чем 500 выпускников МШУ, акционеров, управляющих собственников, директоров и руководителей производственных компаний. Сообщество создано в феврале 2017 года, является официальным клубом выпускников школы управления. Оно основано выпускником Executive

МВА 8 Павлом Биленко, инженером-конструктором, генеральным директором завода по производству насосных агрегатов в Челябинске в 2014–2016 годах. В настоящее время Клуб производителей участников сообщества. Одна из потребностей участников сообщества — качественная и актуальная аналитика по ключевым направлениям развития промышленности, новым возможностям и перспективам.

Компания «Логика слоя», основанная **Дмитрием Трубашевским**, — комплексный проект, направленный на быстрое получение необходимых управленческих навыков для топ-менеджеров предприятий, инвесторов, инженеров, преподавателей в сфере аддитивных технологий.

Компания «Диджикай» (d4kaizen.ru), основанная Павлом Биленко, — резидент фонда «Сколково», ее команда проводит исследования и создает цифровые решения для развития операционной эффективности промышленных предприятий.