

ПЕРСПЕКТИВЫ

Наступила ли эпоха аддитивных технологий в отечественной промышленности?

Текст: **Антон Большаков**
Оксана Чеканова

Аддитивные технологии избалованы вниманием СМИ, создающих вокруг них настоящую шумиху. Только за последние два года количество запросов в поисковых системах по словосочетанию «аддитивные технологии» выросло в три раза! И если в начале 2015 года источниками новостей были зарубежные компании – печать первых 3D-домов, первых 3D-двигателей и т. д., то пик интереса, пришедшийся на осень 2016 года, связан с российскими источниками информации – крупные отечественные корпорации заявили о внедрении аддитивных технологий. А эксперты предсказывают новые промышленные революции, связанные с «цифровым производством», неотъемлемой частью которого являются аддитивные технологии¹.

Но означает ли резкий скачок интереса к аддитивным технологиям, что они достигли того уровня развития, за которым их массовое распространение уже невозможно остановить? Не мешает ли шумиха «видеть лес за деревьями»? Увлекательное занятие – делать красивые прогнозы будущего аддитивных технологий. Но как обстоят дела на самом деле? Как воспринимают аддитивные технологии отечественные производители и разработчики, каковы их опасения, ожидания и надежды? Чтобы ответить на эти вопросы, а также сформировать актуальное видение перспектив развития аддитивных технологий в России, дирекция по маркетингу ГК Остек перед X Международным симпозиумом Асолд «Аддитивные технологии. Чем удивить искушенного промышленника?», состоявшемся в ноябре 2016 года, провела маркетинговое исследование.

1 IEEE CS 2022 Report. Alkhatib H., Faraboschi P., Frachtenberg E.: IEEE, February 2014

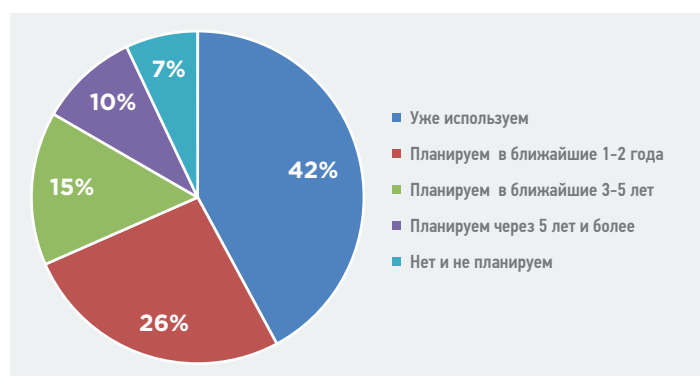
Исследование проводилось среди участников симпозиума в форме онлайн-опроса. Общее количество опрошенных составило 131 человек. Их отраслевой профиль представлен на рис. 1. Среди респондентов преобладают представители радиоэлектронной промышленности (43%), но есть и специалисты из других отраслей – авиация и космос (33%), машиностроение (25%), нефтегазовая промышленность (14%) и т. д. Услуги только 3D-печати представляли 6% респондентов.

Проведенное исследование дает уникальную возможность изучить ожидания представителей радиоэлектронной промышленности в отношении применения аддитивных технологий. Дело в том, что несмотря на ажиотаж со стороны СМИ, вопросу оценки перспектив внедрения аддитивных технологий в радиоэлектроннику, базовую для многих других отраслей промышленности, уделяется недостаточное внимание. Но как показали результаты опроса, это не означает, что такие перспективы отсутствуют либо ограничены. Напротив, многие уже не только где-то слышали или читали об этой чудо-технологии, но и находятся в процессе её активного освоения. Так, на вопрос «Используете ли вы аддитивные технологии на вашем предприятии?» (рис. 2) 42% опрошенных ответили «Уже используем». Такое количество положительно ответивших означает, что несмотря на молодость технологии, многие производители уже владеют ценным практическим опытом по данной теме. А 51% опрошенных заявили, что в ближайшие 3-5 лет планируют освоить аддитивные технологии, что говорит о впечатляющих перспективах роста рынка при благоприятном стечении факторов.

Для оценки мнения отечественных производителей об уровне готовности аддитивных технологий к промышленному применению респондентам было предложено указать по 7-балльной шкале степень своего согласия с одной из двух противоположных формулировок: «Аддитивные технологии – это сырая неотработанная технология» или же, напротив, «Надежная и проверенная технология». В результате 60% респондентов оценили уровень готовности аддитивных технологий в 4-5 баллов, что ближе к формулировке «надежная и проверенная технология». Среди ответов присутствовали и крайние варианты: 4% посчитали, что технология не готова, и 4%, что, напротив, технология является надежной и проверенной. Накладывая полученные результаты на концепцию «Уровней готовности технологий» (Technology Readiness Level (TRL)), разработанную NASA² для оценок в области технологического развития, мы видим, что большинство ответов соответствует уровню: получен опытный образец в производственных условиях, продемонстрированы возможности технологий в условиях, близких к реальным (рис. 3).



1. Распределение участников опроса по отраслям промышленности



2. Большинство участников опроса уже использует или планирует внедрение аддитивных технологий



3. Оценка «уровней готовности» аддитивных технологий

2 Technology Readiness Level, NASA, https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/engineering/technology/txt_accordion1.html

51 % респондентов планируют в ближайшие 3-5 лет освоить аддитивные технологии

Различия в восприятии уровня «готовности» аддитивных технологий, полученные по результатам опроса, скорее всего обусловлены разной степенью внедрения технологии в той или иной отрасли. Уже сегодня есть примеры продукции и проектов, в которых аддитивная технология оказывается предпочтительнее традиционных методов производства. В первую очередь, в медицине – впечатляют примеры реконструкции черепа или протезов, спасших человеческие жизни. Аддитивные технологии полностью готовы для применения в стоматологии: печать коронок, вставок, вкладышей и медицинских инструментов, с применением этих технологий уже серийно производятся слуховые аппараты³.

Стоимость стандартных компонентов, произведенных по аддитивной технологии, пока еще выше стоимости серийных компонентов, изготовленных традиционными способами. В связи с этим с экономической точки зрения внедрение аддитивных технологий перспективно для изготовления компонентов с уникальными техническими и массогабаритными характеристиками или удовлетворения уникальных потребностей клиентов при «массовой кастомизации». В аэрокосмической промышленности, благодаря свободе создания геометрических форм, аддитивная технология впервые позволила изготовить «бионические конструкции», открыв новые перспективы для создания изделий облегченной конструкции. Компания Airbus оснащает кабины самолетов модели A350 XWB кронштейнами из титанового порошка, изготовленными по принципам бионики. Эти кронштейны на 30 % легче своих предшественников, при этом отходы сырьевого материала уменьшены на 90 %. Результат – снижение се-

60 % респондентов оценили аддитивную технологию как надежную и проверенную

бестоимости производства и эксплуатационных расходов⁴. В противоположность этому примеру в автомобильной промышленности с учетом больших объемов партий и давления со стороны себестоимости в среднесрочной перспективе не ожидается широкого внедрения аддитивных технологий в серийное производство.

Согласно результатам опроса, изготовление прототипов по-прежнему остается самым популярным применением аддитивного производства. При ответе на вопрос «Для каких целей и задач вы используете или планируете использовать аддитивные технологии на вашем предприятии?» (рис. 4) 66 % респондентов выбрали вариант «Для прототипирования». Это модельные прототипы, наглядные пособия, презентационные модели, модели для литья, обучающие модели, модели для исследований. Такое количество ответов связано с тем, что производительность, стоимость материалов, управление процессом печати не являются критическими для прототипирования. Будучи впервые использованной для создания прототипов, технология 3D-печати постоянно совершенствуется и позволяет изготавливать инструменты и производственные компоненты, удовлетворяющие требованиям по качеству и техническим характеристикам.

На расширение областей использования аддитивных технологий указывает то, что 61 % респондентов назвали производство элементов и комплектующих в качестве потенциальных областей применения. Но для широкого промышленного применения должна быть продемонстрирована способность технологии производить детали экономично, массово и со стабильным качеством. Со временем можно ожидать естественного



4

Цели и задачи, для которых планируется использовать аддитивные технологии

3 3D printing transforms manufacturing and whets appetite for new investment. Ponfoort O., CECIMO Magazine, 2015

4 Additive Manufacturing – Manufacturing opportunities in digital production. Langefeld B., CECIMO Magazine, 2015

66 % респондентов планируют использовать аддитивные технологии для прототипирования

перехода (так как себестоимость снижается, а качество повышается) от производства прототипов и инструмента к производству конечных продуктов, что явилось бы свидетельством повсеместного внедрения технологий 3D-печати.

Но быстрое изготовление прототипов и инструмента, с одной стороны, и производство конечных продуктов, с другой, – это разные производственные «философии», отличающиеся определенным набором требований и имеющие разных потребителей. Два первых направления в общем случае ориентированы на штучные объемы производства с возможностью выполнения дополнительных ручных операций по «доводке» напечатанных образцов. А при изготовлении готового изделия на одном из первых мест стоит вопрос стабильной повторяемости надежности и качества продукта. Следовательно, готовность технологии для изготовления прототипов и инструмента не подразумевает ее применимость в производстве конечной продукции, в котором она, вероятно, будет только «элементом» производственной цепочки. И в этом большой технологический вызов для аддитивных технологий – подтвердить возможность серийно производить комплектующие соответствующего качества и по адекватной цене в сравнении с традиционными технологиями.

Повышение эффективности производства с применением аддитивных технологий в сочетании со снижением цен на материалы и ожиданием потребителей получать кастомизированные продукты «точно вовремя» будет способствовать расширению областей использования технологии. Прогресс в области материалов и техноло-

51 % респондентов считают неотрабатанность технологии основным фактором, сдерживающим ее внедрение

гических процессов обеспечивает непрерывное развитие не только по всей цепочке создания стоимости в рамках аддитивной технологии, но и по технологической цепочке разработки продукции. Основная причина популярности 3D-печати в последние пять лет заключается в появлении новых технологий производства, новых технологических процессов, материалов и программ САПР, что кардинально раздвинуло границы ее применения. А с расширением портфеля используемых материалов, особенно металлов и керамики, аддитивная технология продолжит свое шествие, чтобы конкурировать с традиционными производственными технологиями.

Показательно, что на вопрос «Какие технологии печати вы используете или планируете использовать?» (рис. 5) почти 41 % респондентов ответили, что не определились.

Такой ответ подразумевает сомнения: «Стоит ли технология того, чтобы вкладывать в нее средства?», «Примут ли наши заказчики изделия, которые мы изготовим по этой технологии?» или «Можем ли мы уже сейчас выполнять печать из материалов, которые используются в традиционных технологиях обработки?». Для большинства, 51 % опрошенных, внедрение АТ – только перспектива 3-5 лет, поэтому они еще далеки от выбора конкретной технологии под свои задачи. В самом деле, тогда как общими терминами «3D-печать» и «аддитивное производство», которые часто употребляются как синонимы, принято обозначать довольно обширную группу технологий (SLA, DMLS, SLS, SLM, EBF, EBM, FDM, и др.), отсутствует четкое понимание, какое из уже существующих решений наиболее оптимально по соот-



5 Технологии печати, которые уже используют или планируют использовать участники опроса

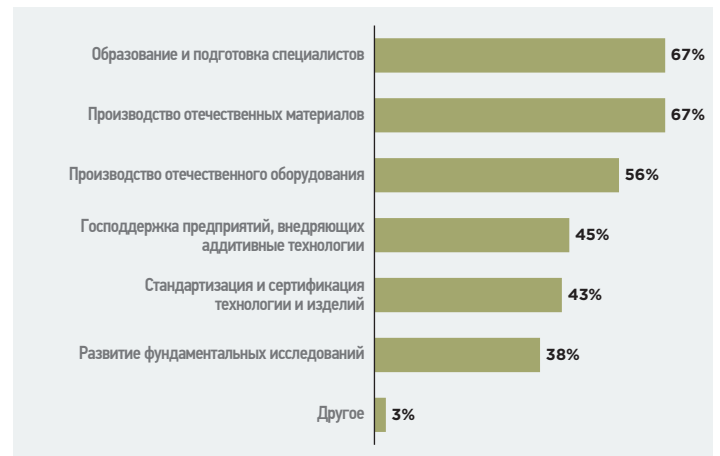


6 Преимущества использования аддитивных технологий

ношению цена/качество для насущных задач. Доступны ли материалы с необходимыми свойствами по приемлемой цене? Так как аддитивная технология – относительно молодая, и информация о параметрах технологического процесса и материалах редко публикуется компаниями, которые работают с ней, по-прежнему есть препятствия на пути принятия ее в качестве основной производственной технологии.

Согласно результатам опроса среди основных преимуществ использования аддитивных технологий специалисты отмечают создание изделий любой геометрической сложности, сокращение времени на разработку, гибкость производственного процесса и сокращение продолжительности производственного цикла (рис. 6). Интересно детальнее проанализировать три последних пункта из перечисленных.

Популярность этих ответов свидетельствует о проникновении в отечественную промышленность гибких методов управления проектами. Суть данного подхода заключается в быстрой генерации и оценке гипотез, проверке соответствия прототипа конструкции требованиям потребителей в целях сокращения времени выхода на рынок и снижения рисков⁵. Современные достижения в технологиях быстрого прототипирования позволяют сделать такой подход значительно проще и дешевле. Предлагаемые конструкторские решения проверяют, демонстрируя их заинтересованным сторонам, — клиентам, заказчикам, инвесторам, маркетологам. В результате определяется вся необходимая информация для подготовки качественного ТЗ и бизнес-плана. Благодаря потенциалу аддитивных технологий команда разработчиков получает возможность работать быстрыми и короткими корректирующими циклами (спринтами), быстро проверять свои гипотезы на клиентах, учиться на ошибках, вносить необходимые изменения и снова тестировать. Продуктами спринта смогут быть полно-размерные макеты, функциональные модели, макеты для проверки совместимости деталей и материалов. Разрабатывая прибор, мы можем не только работать с документацией, но и с конкретными физическими объектами, проверять как они выглядят, как функционируют. Либо представить прототип прибора потребителю, узнать, что он об этом думает, и внести необходимые коррективы. Таким образом, происходит обучение от цикла к циклам, появляется возможность быстро реагировать на изменения рынка и расставлять приоритеты разрабатываемых функций, не тратить время на ненужные и невостребованные рынком характеристики. В результате сокращается длительность проектов, а также их бюджет.



7

Факторы, способные ускорить процесс внедрения аддитивных технологий в России



8

Факторы, тормозящие процесс внедрения аддитивных технологий на предприятиях

Благодаря своим особенностям аддитивная технология подрывает основы традиционных технологий производства и цепочек создания стоимости по следующим направлениям:

- Быстрое и дешевое мелкосерийное производство изделий по индивидуальному заказу.
- Реализация гибких процессов разработки нового продукта.
- Изготовление компонентов сложных геометрических форм из высокотехнологичных материалов.
- Децентрализация производства в связи с возможностью изготовления компонентов на периферии, например, на принтерах в удаленных сервисных центрах или на борту различных транспортных средств.

⁵ Гибкий процесс разработки продукта: как качественно сформулировать требования для нового рынка? Большаков А., Научно-практический журнал «Вектор высоких технологий» №6 (27), 2016 г.

67 % респондентов считают, что образование и подготовка специалистов могут ускорить внедрение аддитивных технологий

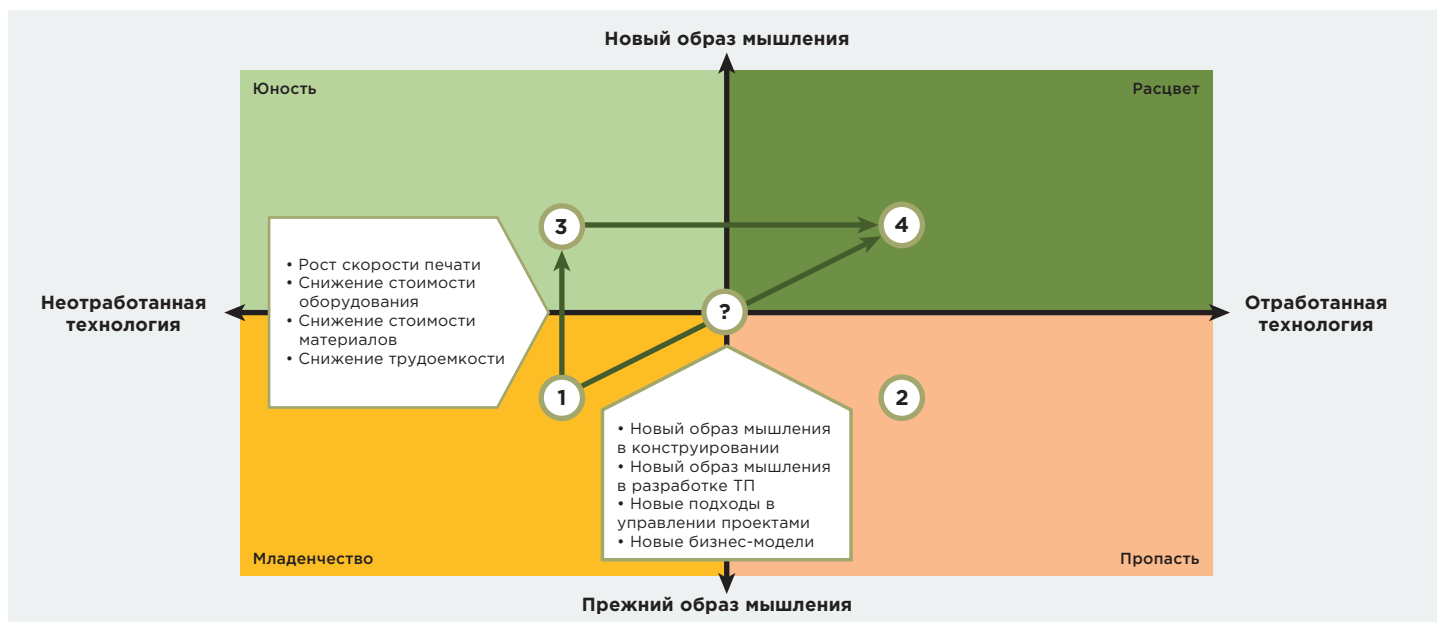
Среди основных драйверов, которые могли бы ускорить процесс внедрения аддитивных технологий в российскую промышленность (рис. 7), 67 % респондентов указали образование и подготовку специалистов. В широком смысле это может означать также изменение образа мышления управленцев и специалистов о том, как работать с конструкторской документацией, разрабатывать конструкцию и технологические процессы, управлять проектам, в конце концов – делать бизнес.

Столько же ответивших считают, что подстегнуть развитие технологии в России, в первую очередь, должно производство отечественных технологических материалов и оборудования. Вместе с тем многие уповают на государственную поддержку, так как в Национальной технологической инициативе, обозначенной Президентом РФ в Послании Федеральному собранию 4 декабря 2014 года, аддитивные технологии отмечены как одни из ключевых направлений развития^{6,7}.

Мы видим, что появляется много информации о новых областях применения аддитивных технологий, однако мы видим и то, что многие предприниматели и руководители компаний до сих пор проявляют мало энтузиазма по этому поводу. По мнению респондентов,

одним из основных факторов, сдерживающих внедрение аддитивной технологии в отечественную промышленность, является ее неотработанность (рис. 8). Но действительно ли технология сырая и неотработанная или отсутствует возможность предметно разобраться, какие именно технологии позволят решать конкретные производственные задачи? Возможно, это как раз второе, поскольку среди барьеров роста одним из популярных ответов был назван «недостаток информации о возможностях технологии». Также среди сдерживающих факторов участники опроса отмечали стоимость оборудования, материалов и стандартизацию. При этом санкции не были названы существенными ограничителями в России.

По результатам опроса были обозначены два наиболее влиятельных фактора, определяющих дальнейшие сценарии развития аддитивных технологий на производственных предприятиях⁸. Первый фактор – это отработанность технологии, второй – изменение образа мышления. Комбинация факторов дает четыре различных сценария событий, которые можно представить в виде матрицы (рис. 9): отработанная технология – неотработанная технология.



9 Крест сценариев развития аддитивных технологий в производстве

6 <http://kremlin.ru/events/president/news/47173>

7 <https://asi.ru/nti/>

8 Scenario Planning. The link between future and strategy. Lindgren M., Bandhold H., PALGRAVE MACMILLAN, 2003 г.

Сценарий «Младенчество» – один из четырех вариантов сценария, соответствующий текущей ситуации, когда небольшая группа энтузиастов развивает технологии, ищет им применение. Но пока окончательно непонятно, вырастет ли применение до массового, составит ли конкуренцию традиционным технологиям или так и останется нишевым.

Сценарий «Рассвет» – противоположный «Младенчеству». Это уже зрелая отрасль со своей цепочкой создания ценности, клиентами, поставщиками, сервисными компаниями. Вопрос в том, насколько быстро может быть реализован позитивный или катастрофический сценарий.

Сценарий «Пропасть» – как раз и является тем самым катастрофическим сценарием, при котором с развитием технологий наш образ мышления не будет меняться. Иными словами, там, где наиболее оптимально использовать аддитивные технологии, предпочтение по-прежнему будет отдаваться традиционным подходам,

методам, технологиям. Фактически это будет означать нерациональное использование ресурсов и неэффективное использование возможностей.

Сценарий «Юность» – наиболее реализуемый, предполагающий переход аддитивных технологий в зрелую отрасль, но в течение длительного периода подстегивающих друг друга циклов развития технологий и уровня мышления.

Какие факторы будут способствовать реализации позитивных сценариев? По итогам опросов в группе технологических факторов скорость печати, стоимость печати, стоимость оборудования, стоимость материалов, стабильность процесса и другие аспекты, необходимые любой новой технологии, чтобы стать зрелой. В группе факторов, связанных с изменением образа мышления, – изменение подходов к конструированию, к разработке производственных процессов, управлению проектами, развитию бизнеса, работе с клиентами.

В ближайшие 5-10 лет на аддитивное производство во всем мире возлагают много надежд. Важно вовремя разглядеть возможности аддитивной технологии для решения как насущных, так и перспективных задач, и начать извлекать пользу из ее преимуществ. Поэтому мы намерены продолжать наблюдение и знакомить вас с тем, что будет происходить с технологией в динамике и как будет меняться восприятие и образ мышления представителей промышленности. 