



# ДОМИНАНТА НАЦИОНАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ИНИЦИАТИВЫ

## ПРОБЛЕМЫ УСКОРЕНИЯ РАЗВИТИЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РОССИИ

**С**егодня Россия проходит через сложную фазу своей технологической и инновационной истории. Очевидно, что без целостной, внятной и гибкой научно-технической политики, направленной на получение и практическую реализацию новых технологий, нашей стране вряд ли удастся сохранить экономическую независимость и остаться самодостаточной. Предыдущие попытки провести «перезагрузку» институтов и инструментов, необходимых для технологического развития (технопарки, особые экономические зоны, территории опережающего развития, различного рода кластеры и т.д.), пока не смогли обеспечить адекватный ответ на современные вызовы. К тому же финансовые возможности государства в последние годы заметно снизились, а предложенные схемы поддержки инноваций, как выяснилось, нередко имеют технические, кадровые и бюрократические ограничения.

Как показывает мировой опыт, для выхода на новый инновационный уровень необходима прежде всего радикальная реструктуризация инновационной сферы, модернизация ее управления и финансирования, создание объективных методов прогнозирования научно-технического развития с учетом рыночного спроса. Этим задачам в полной мере отвечает Национальная технологическая инициатива (НТИ), предложенная Президентом России Владимиром Путиным в Послании Федеральному собранию 4 декабря 2014 года. Как отмечает Президент РФ, «на основании долгосрочного прогнозирования необходимо понять, с какими задачами столкнется Россия через 10–15 лет, какие передовые решения потребуются для того, чтобы обеспечить национальную безопасность, высокое качество жизни людей, развитие отраслей нового технологического уклада».



В настоящее время на базе Агентства стратегических инициатив (АСИ) идет напряженная интеллектуальная работа по определению направлений реализации этой инициативы. В соответствии с указанием главы государства предстоит «построить матрицу, в которой рынки пересекаются с технологиями». «Мы хотим, – подчеркивает Президент, – первичными считать рынки, а не технологии. Затем на этой основе появятся дорожные карты, которые должны включать в себя уже конкретные заказы на новые разработки». С учетом этого Президент дал указание «объединить усилия проектных, творческих команд и динамично развивающихся компаний, которые готовы впитывать передовые разработки, подключать университеты, исследовательские центры РАН, крупные деловые объединения страны». Сформулированы важнейшие научно-технические направления, имеющие базовый, межведомственный и системообразующий характер для всей экономики. К этим направлениям относятся цифровое проектирование и моделирование, разработка и создание материалов нового поколения, искусственный интеллект, мехаботроника и бионика, робототехника, новые источ-

## Евгений Каблов

Генеральный директор  
Всероссийского научно-  
исследовательского института  
авиационных материалов  
(ВИАМ), академик РАН,  
профессор

ники энергии, аддитивное производство замкнутого цикла. В комплексе эти направления формируют основы так называемой четвертой промышленной революции («Индустрия 4.0»), которая позволяет выйти на новый уровень качества и производительности.

Доминантой Национальной технологической инициативы, по моему мнению, должны стать аддитивные технологии (прототипирование, 3D-printing). По оценкам, они позволяют увеличить производительность труда в 30 раз, довести коэффициент использования материала (КИМ) до 98%, снизить массу конструкции на 50%. При этом до минимума сокращается длительность цикла от чертежа до изделия, резко снижаются операционные и капитальные затраты, возрастает экологическая безопасность всех технологических переделов. С учетом этих факторов применение аддитивных технологий (АТ) обеспечит выход на стадию нового индустриального развития.

В мировой практике с АТ связываются перспективы высокотехнологического развития и переход к новому технологическому укладу. На них базируются будущие конкурентные преимущества и новые возможности для многих отраслей. В исследовательских центрах ведущих корпораций, таких как Boeing, General Electric, Lockheed Martin, Airbus, Concept Laser, выполняются масштабные научно-производственные разработки, направленные на создание специального оборудования и материалов, подготовку кадров и организацию производства изделий для практического использования. Лидирующие позиции в разработках и практическом использовании АТ занимают индустриально развитые страны. Наиболее динамич-



**Как показывает мировой опыт, для выхода на новый инновационный уровень необходима прежде всего радикальная реструктуризация инновационной сферы, модернизация ее управления и финансирования**

но это направление развивается в США (38% мирового производства), Германии (около 9%), а также Китае (8,7%). В целом мировой рынок АТ, по данным компании Wohlers Associates (на 2015 г.), составляет 5,1 млрд долл. К 2020 году, как полагают эксперты, он достигнет 21 млрд долл.

Важнейшим условием динамичного развития АТ, как и других инновационных направлений, является радикальная перестройка организации и управления всеми звеньями научно-производственного цикла. Адаптация к четвертой промышленной революции требует кардинального пересмотра бизнес-моделей, так как конкуренция смещается из области издержек в сферу инноваций, клиентоориентированности (кастомизации) и качества. В странах, о которых идет речь, были сформированы принципиально новые отношения между предприятиями внутри производственных коопераций и организациями заказчика. Фактически был создан новый уклад в разделении труда: произошел переход от управления предприятием к управлению кооперацией, связанной с изделием, и от выпуска изделия к управлению его жизненным циклом. При этом развитие гибкой кастомизации создает основу для глубоких

изменений, направленных на ускорение и удешевление разработки перспективных моделей и видов продукции, что стимулирует развитие передовых технологий, в том числе АТ. В рамках этой логики закладывается производственно-технологическая основа для кооперации предприятий и возможность управление ими на новых принципах. Такие подходы позволяют рассматривать изделия (объекты) как единую сложную систему, а предприятия – как единый производственный комплекс, обеспечивающий весь жизненный цикл изделия (разработку, производство, поддержку эксплуатации и утилизацию) в тесном взаимодействии с организациями заказчика.

Как свидетельствует мировой опыт, важнейшие инновационные проекты

реализуются главным образом в рамках крупных международных консорциумов научно-исследовательских организаций и корпоративных объединений. В настоящее время в 22 странах созданы национальные ассоциации по АТ, объединенные в альянс GAPRA (Global Alliance of Rapid Prototyping Associations). Эта организация создала специальный международный комитет, который утверждает все нормативные документы и, кроме того, осуществляет кооперацию членов альянса в сфере разработки 3D-моделей для изготовления конкретных деталей.

В США действует национальный научный центр NAMР, включающий 15 институтов, работающих по тематике АТ. Управление перспективных исследований Министерства обороны США финансирует работы по АТ в составе проекта «Программируемые материалы». Корпорация Boeing с помощью АТ ежегодно изготавливает для своих самолетов 22 тыс. деталей более чем 300 наименований. Компания General Electric с 2010 года инвестировала в работы по тематике АТ около 1,5 млрд долл. и получила за последние годы 346 патентов на разработки в области металлопорошковых композиций. В Питтсбурге она построила завод по производству металлических деталей методом 3D-печати, а в Европе запустила на базе АТ автоматизированную линию по изготовлению форсунок газовых турбин. Для усиления своих позиций на этом рынке компания приобретает готовые активы и намерена в ближайшей перспективе довести объем своего бизнеса в сфере АТ до 1 млрд долл. в год (рис. 1).

**Инвестиции General Electric с 2010 года в аддитивное производство достигли 1,5 миллиардов долларов.**

**В период 2010-2016 гг. компании выдано 346 патентов на технологии производства металлопорошковых композиций и на составы композиций.**

**В 2015 г. General Electric открыла новую автоматизированную производственную линию, использующую технологии лазерной 3D-печати и предназначенную для изготовления форсунок газовых турбин на заводе GE Oil & Gas в Таламоне, Италия (стоимость составила 10 миллионов евро)**

**3D-печатные прототипы уже прошли испытания в составе газогенераторов NovalT16**



**В 2015 г. компания General Electric открыла завод CATА по производству деталей из металла на основе технологии 3D-печати в городе Питтсбург (США). Строительство завода обошлось в 40 млн. долларов США.**



**В сентябре 2016 года компания General Electric объявила об инвестициях в объеме 1,4 миллиарда долларов на приобретение компаний Arcam и SLM Solutions.**

**К 2020 году бизнес GE по аддитивному производству вырастет до 1 млрд. долларов США.**

**В результате данных приобретений в ближайшие 10 лет компания GE планирует сэкономить 3 - 5 млрд. долларов США.**

Рис. 1. Проекты General Electric в области аддитивных технологий



# ПЕРВАЯ ЛИНИЯ



Рис. 2. Проект Bionic Aircraft, реализуемый концерном Airbus

В Европе консорциум в составе научно-исследовательских центров и 10 крупнейших компаний разворачивает работы по внедрению АТ в авиастроение. Этот масштабный проект, носящий название Bionic Aircraft, направлен на создание универсального программного обеспечения для автоматизированного проектирования бионических конструкций на базе АТ. Так, компания Airbus планирует за счет использования 3D-печати снизить к 2020 году вес каждого самолета более чем на 1 т (рис. 2).

Доля России на рынке аддитивных технологий пока невелика – около 1,5%, а российский научный задел и того меньше – 0,76% от мирового объема научных публикаций в этой области. За последние 15 лет в России выдан 131 патент по различному аспектам АТ, это 0,14% от мирового количества патентов в этой сфере, где доминируют США, Япония Китай и Южная Корея, владеющие совокупно 90% патентов.

Объективно оценивая ситуацию с точки зрения известной трехуровневой схемы реализации технологий, можно сказать, что в России находят применение пока только технологии 1-го и 2-го уровня с преобладанием традиционных технологий, т.е. в основном – в рамках вспомогательного производства и изготовления демонстраторов (прототипов и элементов конструкций). Для сравнения: в аэрокосмической отрасли США, по данным PwC, с использованием АТ производится 30% конечных продуктов (3-й уровень), которые находят применение в конструкциях, и ставится задача довести долю таких продуктов до 80% к 2020 году (рис. 3).

Российские проблемы хорошо известны. Это и отставание отраслей машиностроения, ориентированных на высокотехнологичный сектор (станкостроение, электроника, производства средств автоматизации и пр.), и неблагоприятные условия для экономического развития (дефицит инвестиций, дорогостоящие кредиты, продолжающееся вымывание высококвалифицированных инженерных и научных кадров, сохраняющаяся обособленность российских предприятий от мировой индустрии), и преимущественная ориентация отечественного бизнеса на импорт готовых решений. По данным Росстата, затраты на приобретение импортных машин и оборудования составляют более половины

всех расходов на технологические инновации. Замечу, что для полноценного развития АТ в России необходимо не только устранить зависимость от импорта промышленных 3D-печатающих установок, но и создать условия для развертывания собственного их производства. Чтобы добиться нужного результата, нам предстоит решить комплекс других взаимосвязанных задач: освоить промышленное производство металлопорошковых композиций, сформировать инфраструктуру аддитивного производства, разработать систему национальных стандартов по всему спектру АТ (металлопорошковые композиции и синтезированные материалы, модели рабочих установок, контрольно-испытательные методики и оборудование и т.д.). Мы уже сегодня должны безотлагательно заняться практической подготовкой специалистов для работы в области АТ, без чего о перспективах этой отрасли не может быть и речи.

Объективности ради нужно отметить и положительные моменты. В последние годы в России активно ведутся исследования и получены первые результаты от практического использования АТ. Прошедшая в 2016 году промышленная выставка «Иннопром-2016» продемонстрировала огромный интерес к этой теме со стороны российских научных организаций и промышленных предприятий. Сегодня к работе по АТ подключились около 200 организаций, подведомственных Минпромторгу России, Министерству образования и науки, ФАНО, госкорпорациям «Росатом» и «Роскосмос». Так, «Росатом» в соответствии со своей программой инновационного развития и технологической



Рис. 3. Уровни реализации аддитивных технологий

модернизации на период до 2030 года планирует развернуть строительство отраслевых центров трехмерной печати сложных объектов. Появились первые отечественные модели высокопроизводительных аддитивных машин, где наряду с импортными комплектующими используется российское программное обеспечение. Развиваются поисковые работы по технологии производства металлических порошков. В частности, такие работы ведутся на Ашинском металлургическом заводе, в компании «Русполимет», на Новоуральском заводе и ряде других предприятий. Могу с полной ответственностью утверждать, что в России пройдены, причем сравнительно быстро, начальные этапы решения этой многоплановой проблемы, о чем убедительно свидетельствуют итоги ежегодных международных научно-технических конференций «Аддитивные технологии: настоящее и будущее», проведенных в ВИАМ в 2015–2017 годах.

Серьезный импульс развитию АТ дала выставка «Авиакосмические технологии, современные материалы и оборудование», состоявшаяся в 2016 году в Казани. Среди экспонатов был и представленный ВИАМ прототип малоразмерного газотурбинного двигателя для беспилотного летательного аппарата. Издание ВИАМ стало первым отечественным авиадвигателем, полностью «напечатанным» на 3D-принтере, причем он появился у нас всего на год позже, чем аналогичное изделие General Electric. Понятно, что это лишь первый шаг и потребуются еще немало усилий конструкторов и технологов, чтобы в процессе горячих испытаний достичь нужных показателей по числу оборотов, мощности, КПД, надежности. Однако этот шаг исключительно важен для закрепления лидерства ВИАМ в развитии АТ на данном направлении, тем более что часть этих разработок уже внедряется в НПО «Сатурн» и на пермском предприятии «Авиадвигатель».

Использование АТ позволит в полной мере реализовать основные принципы создания материалов и технологий нового поколения, как это предусмотрено в «Стратегических направлениях развития материалов и технологий на период до 2030 года» – документе, который основан на результатах фундаментальных и фундаментально ориентированных исследований, проведенных ВИАМ совместно с ведущими научными организациями страны. Этот документ можно считать фундаментальным прогнозом в области материаловедения, при подготовке которого использован базовый



**Важнейшим условием динамичного развития АТ, как и других инновационных направлений, является радикальная перестройка организации и управления всеми звеньями научно-производственного цикла.**

принцип триединства «материалы – технологии – конструкции».

В России, как и в других странах, наиболее быстрыми темпами развитие АТ идет в авиакосмической отрасли, и тому есть свои причины. Как известно, дальнейший рост эффективности двигателя требует повышения рабочих температур. Между тем жаропрочность конструкционных материалов давно находится на пределе, и даже небольшой прогресс в этом направлении дается с трудом. По нашему мнению, единственно значимый резерв сохраняется в развитии систем специального охлаждения компонентов двигателей (детали камер сгорания, лопаток турбин и т.д.), но реализовать подобного рода конструкторские разработки можно лишь с помощью 3D-печати. Только таким способом можно, например, получить турбинные лопатки с толщиной кромки до 0,1 мм и внедрить дефлекторные системы внутреннего охлаждения. АТ позволяют во многих конструкциях отказаться от сварных швов и снизить толщину стенок до значений, которые просто невозможно обеспечить традиционными способами литья и механической обра-

ботки. В конечном итоге наряду с решением этих проблем получаем существенный выигрыш в массе при повышении КПД, упрощении технологической цепочки и значительном сокращении производственного цикла.

Среди наиболее важных достижений ВИАМ в области АТ отмечу создание замкнутого цикла аддитивного производства деталей сложных технических систем. Он включает производство расходуемой шихтовой заготовки, получение мелкодисперсных металлических порошков отечественных сплавов (в том числе титана, никеля, ниобия) и разработку технологий селективного лазерного спекания (SLS) деталей из этих порошков с последующей газостатической обработкой. Возможность проведения полного цикла исследований создает условия для перехода к выпуску продукции, обеспеченному всей необходимой научно-технической документацией. Имеющаяся база позволяет организовать в ВИАМ серийное малотоннажное производство порошков с последующей их сертификацией для ведущих моторостроительных предприятий. В институте спроектирован и изготовлен промышленный атомизатор с бесстигельной плавкой: тем самым решается задача изготовления титановых и интерметаллидных порошковых композиций (рис. 4.). Благодаря разработкам ВИАМ получен положительный опыт практического применения АТ 3-го уровня для серийных изделий. В сотрудничестве с АО «ОДК-Авиадвигатель», институтами РАН и вузами мы впервые в России изготовили селективным лазерным сплавлением из отечественной металлопорошковой композиции сплава ЭП 648-ВИ деталь ▶



двигателя ПД-14 (завихритель фронтального устройства камеры сгорания), отвечающую требованиям конструкторской документации. При этом в 10 раз сокращено время на процесс производства детали и в 2,5 раза повышена точность ее изготовления. К настоящему времени для российских предприятий аддитивными методами выпущено более 500 деталей, причем все они изготовлены из отечественных порошковых материалов. Отмечая этот факт, хотел бы особо подчеркнуть решающий вклад исследователей, специалистов и всего коллектива ВИАМ в определение вектора развития отечественных АТ, формирование научно-технического задела в этой области и создание предпосылок для перехода на качественно новый уровень организации научного и производственно-технологического развития АТ в соответствии с мировыми тенденциями.

Необходимым условием широкого внедрения АТ в российскую промышленность является создание системы национальных стандартов. Недавно Росстандарт утвердил первые национальные стандарты в области аддитивного производства, которые были разработаны в рамках Технического комитета по стандартизации «Аддитивные технологии» (ТК 182). В состав комитета ТК 182, созданного приказом Росстандарта (№ 1013 от 01.09.2015), входят 58 организаций. Секретариат комитета сформирован на базе ВИАМ, сопредседателями являются представители ВИАМ и ГК «Росатом».

По моему мнению, сегодня есть возможности ускорить процесс развития АТ

в нашей стране. Для этого работу институтов, предприятий и компаний, связанных с данной тематикой, необходимо подкрепить следующими действиями.

1. Создать в рамках Национальной технологической инициативы отдельную государственную программу развития и внедрения АТ в России. Это программа должна включать разделы, касающиеся материалов нового поколения, моделей оборудования, программного обеспечения (ПО), нормативной документации, системы подготовки высококвалифицированных кадров. Должно быть предусмотрено создание единой информационной среды на базе цифровых технологий для проектирования и изготовления изделий с разработкой отечественного ПО, включая САПР для 3D-моделей (CAD), и весь шлейф последующего управления жизненным циклом изделия.

2. Поддержать развитие научно-промышленных консорциумов как важнейшей формы кооперации для выполнения крупных проектов на основе технологических платформ в качестве эффективной коммуникационной площадки. Приоритетную поддержку должны получить

проекты с высоким уровнем кооперации, направленные не просто на разработку перспективной технологии или продукта, но и на его продвижение на рынок вплоть до получения коммерческого результата.

3. Разработать единую нормативно-правовую базу по независимой экспертной деятельности разработок по АТ на уровне федерального закона.

4. Инициировать создание рабочей группы для разработки предложений в области федеральных образовательных государственных стандартов высшего образования с целью подготовки профессиональных кадров для нужд аддитивного производства (при этом можно использовать опыт ВИАМ в решении проблемы целевой подготовки кадров для собственных целей).

5. Обеспечить создание единого межотраслевого инженерного центра (МИЦ) аддитивных технологий на базе ВИАМ. Опыт и компетенции нашего института, уровень его научных школ, многолетняя практическая деятельность в сфере теоретического и прикладного материаловедения (в том числе и в области аддитивного производства) позволяют осуществлять основные функции, возлагаемые на МИЦ. К их числу относятся разработка и квалификации (паспортизации) новых материалов (металлических и полимерных порошковых композиций и др.), выпуск нормативно-технической документации с целью координации деятельности по разработке и внедрению АТ на предприятиях в различных отраслях промышленности РФ, обеспечения предприятий отечественными материалами для развития АТ (рис. 5).

Учитывая исключительную важность проблемы, ее государственное стратегическое значение для научно-технического развития, обеспечения технологической независимости и обороноспособности страны, указанные предложения от имени участников III Международной конференции «Аддитивные технологии: настоящее и будущее» были изложены в обращении к Президенту страны В.В. Путину. Я уверен, что реализация этих предложений позволит консолидировать все творческие силы, направленные на развитие аддитивного производства, существенно ускорит практическое решение основных вопросов, что в итоге обеспечит повышение конкурентоспособности отечественной техники на международных рынках. Именно поэтому рассмотрение предложений должно стать одним из приоритетов повестки Научно-технического совета по развитию АТ в России. ■

**Мы уже сегодня должны безотлагательно заняться практической подготовкой специалистов для работы в области АТ, без чего о перспективах этой отрасли не может быть и речи.**

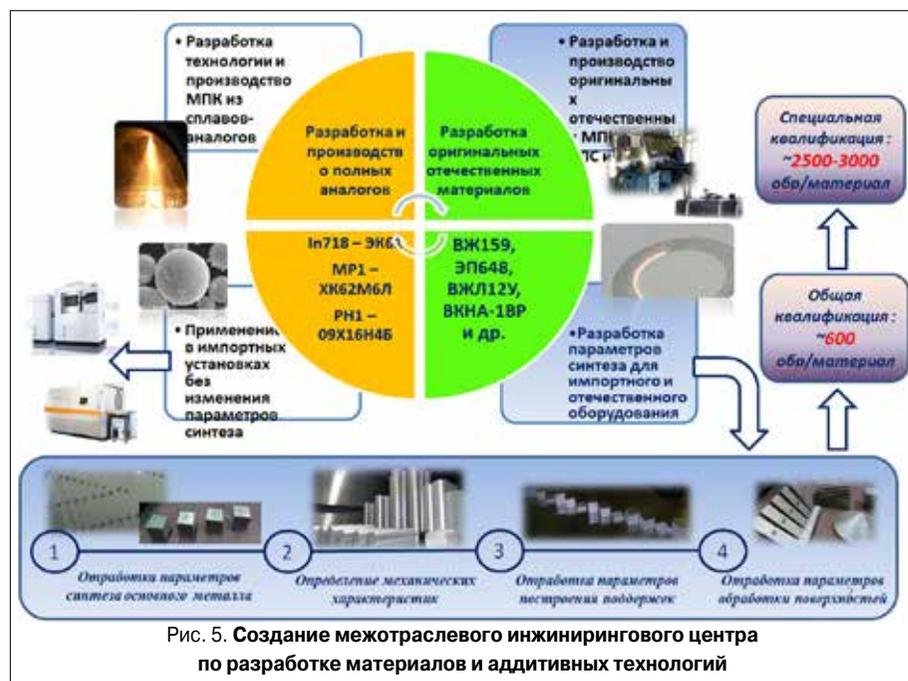


Рис. 5. Создание межотраслевого инженерного центра по разработке материалов и аддитивных технологий