

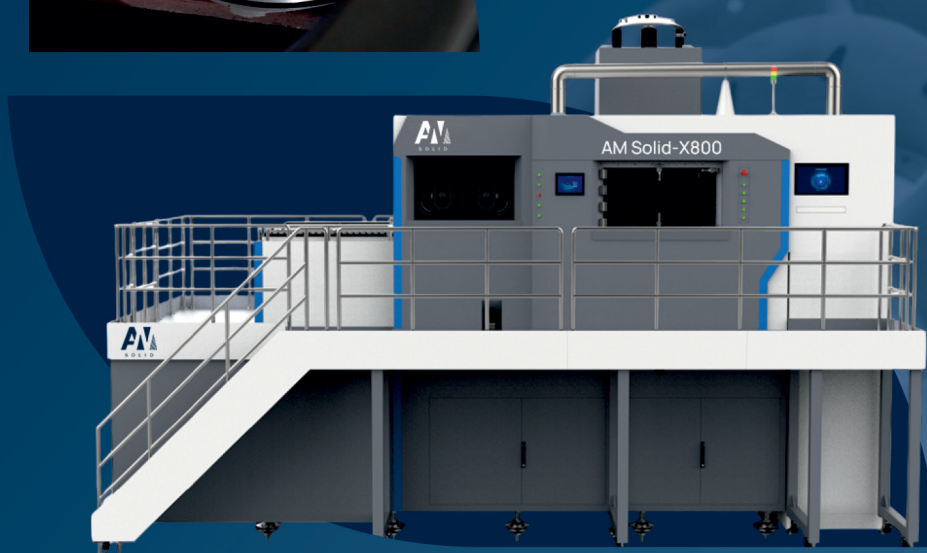
АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ



i3D
3D - ИНТЕГРАЦИЯ



ИНТЕГРАЦИЯ БЕЗ
КОМПРОМИССОВ:
КОМПЛЕКСНЫЕ
РЕШЕНИЯ AM SOLID



Подробнее на с. 4



Развитие
аддитивных
технологий
в Республике
Татарстан
10



Материалы для
аддитивных
технологий
в литейном
производстве
34



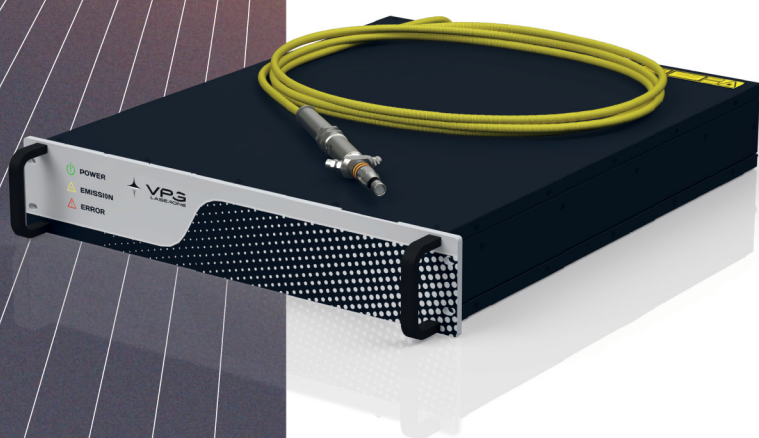
Перспективы
внедрения аддитивных
технологий: революция
в промышленности
или временная мера?
60

VPGLASERONE

Качество Инновации Будущее

ИТТЕРБИЕВЫЙ ВОЛОКОННЫЙ ЛАЗЕР СЕРИИ YLR-XXXX-U-R-SM

Новая линейка одномодовых лазеров до 2 кВт
Идеально для 3D-SLM-печати!



Выходная мощность
до 2 кВт

Подробнее о серии YLS



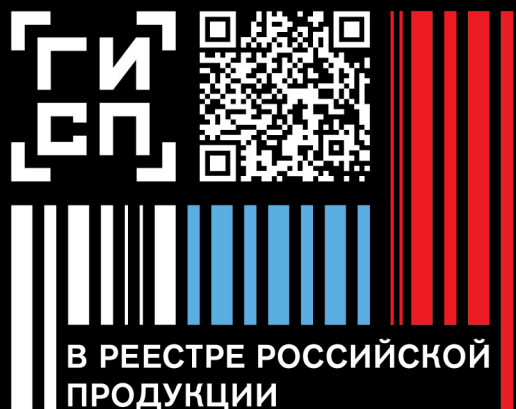
ПРИМЕНЕНИЕ

- 3D-SLM-печать
- Прецизионная резка
- Сварка высокоотражающих металлов
- Сверление сквозных отверстий
- Лазерная перфорация



ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

- Выходная мощность до 2 кВт
- Качество пучка $M^2 < 1,1$
- Система защиты от обратного отражения
- Стандартный оптический QFN коннектор
- Самый компактный и легкий корпус из существующих
- КПД «от розетки» более 40%
- Долговременная нестабильность <1% за 8 часов



В РЕЕСТРЕ РОССИЙСКОЙ
ПРОДУКЦИИ

Лазеры серии YLR-XXXX-U-R-SM – это самые компактные в отрасли непрерывные одномодовые волоконные излучатели киловаттного диапазона отечественного производства, объединяющие в себе последние достижения в мире лазерных технологий.

Малый диаметр световой жилы 10 или 14 мкм обеспечивает высочайшее качество пучка $M^2 < 1,1$ и возможность сфокусировать мощное лазерное излучение в наиболее узкий из возможных пучков. Благодаря этим свойствам одномодовые лазеры активно используются для прецизионного лазерного раскроя, производительной и точной 3D-SLM-печати, в том числе с применением медных порошков, а также для сварки высокоотражающих металлов.

Узнайте подробности и выберите лучшее, связавшись с нами удобным способом!

Подробнее обо всех новинках Вы можете узнать
у наших консультантов по e-mail и телефону:

+7 (495) 477-71-77
sales@vpglaserone.ru

www.vpglaserone.ru



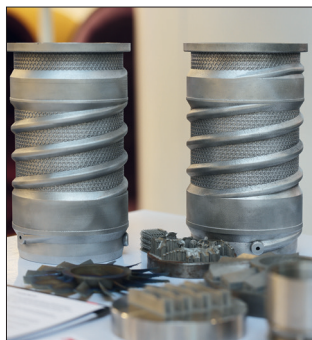
Реклама



32



42



50

СОДЕРЖАНИЕ

- 3** «3D-Профи»: будущее здесь
- 4** i3D и AM Solid: новый этап в развитии аддитивных технологий в России
- 10** Развитие аддитивных технологий в Республике Татарстан
- 12** Татарстан на пути к технологической независимости
- 14** Быть Татарстану аддитивной Меккой
- 17** Аддитивные технологии: новые горизонты для промышленности
- 18** На пути к технологическому лидерству
- 20** Аддитивное мышление закладывается смолоду
- 24** Потенциал высок, возможности реальны
- 28** Самое большое в мире здание, напечатанное на 3D-принтере, расположено в Татарстане
- 32** Как снизить себестоимость и повысить качество изделий в 3D-печати: методы, которые реально работают
- 34** Материалы для аддитивных технологий в литейном производстве
- 36** Технология SLM 3D-печати ускоряет цикл коммерческого аэрокосмического производства!
- 38** Компьютерное моделирование процесса газового распыления металлических порошков с применением сопла лавала на примере марки БрАМц9-2
- 42** Аддитивный Конгресс #1 подтвердил статус международной площадки для развития рынка 3D-печати
- 44** Аддитивный форум для производителей и эксплуатантов промышленного 3D-оборудования
- 46** «Конвергентум 2025» — форум, переворачивающий всё
- 48** Объединение во имя развития
- 51** Почему ошибки — главный учитель в мире аддитивных технологий
- 56** Применение технологии литья по выжигаемым моделям, изготовленным методом 3D-печати
- 58** 3D-технологии в детском саду: игра, обучение и развитие на грани возможного
- 60** Перспективы внедрения аддитивных технологий: революция в промышленности или временная мера?



Издатель ООО «ПРОМЕДИА»

директор О. Фалина

отдел редакции:

Т. Карпова, Э. Сацкая
С. Куликова

Экспертный совет:

Н.М. Максимов, к.т.н.
основатель и гендиректор
компании Nickatech, LLC

П.А. Петров, к.т.н.,
«Московский политех»

отдел рекламы:

т/ф (499) 55-9999-8

АДРЕС: 119071, г. Москва,
ул. Орджоникидзе, д. 12, офис 4506
т/ф (499) 55-9999-8
(многоканальный),
e-mail: info@additiv-tech.ru
www.additiv-tech.ru

Журнал зарегистрирован
Федеральной службой по надзору
в сфере связи, информационных
технологий и массовых
коммуникаций (Роскомнадзор).
Свидетельство о регистрации СМИ
ПИ № ФС 77-67106 от 15.09.2016.

Тираж 5000 экз.

Распространяется на выставках
и по подписке.

Перепечатка опубликованных
материалов разрешается только
при согласовании с редакцией.
Все права защищены ®.

Редакция не несет ответственности
за достоверность информации
в рекламных материалах и оставляет
за собой право на редакторскую
правку текстов. Мнение редакции
может не совпадать с мнением
авторов.

Полностью отечественная продукция

Ведущий российский разработчик и производитель лазерной техники VPG LaserONE (входит в кластер «СФ ТЕХ» ГК Softline) сообщает о внесении своего лазерного оборудования в реестр отечественной продукции Минпромторга. В перечень были включены иттербиевые волоконные лазеры YLR-500-U-R-SM (реестровый № 10679529) и YLR-6000-U-R (реестровый № 10679530).

YLR-500-U-R-SM — это самый компактный в отрасли непрерывный одномодовый волоконный лазер мощностью 500 Вт, объединяющий в себе последние достижения в мире лазерных технологий. Высочайшее качество лазерного излучения, возможность его фокусировки в наиболее узкий из возможных пучков, система внутренней самодиагностики, традиционно высочайшая надежность компонентов, кратковременная и долговременная стабильность по мощности, низкая вероятность отказа и большой гарантийный срок обеспечивают максимальную воспроизводимость, уверенность и контроль над ответственным производством. Благодаря этим свойствам одномодовые волоконные лазеры активно используются для 3D-печати металлом по технологии SLM.

Иттербиевый волоконный лазер YLR-6000-U-R мощностью 6 кВт — самый мощный в линейке YLR-(U)-R. Лазер обеспечивает надежную работу даже при высокой влажности (до 90%), оснащен защитой от обратного отражения и системой самодиагностики в режиме 24/7,

в легком и компактном корпусе имеет КПД более 40% (при работе от розетки) и может применяться для 2D/3D-резки металла, точечной и стыковой сварки, наплавки и SLM-печати, прецизионной обработки, термоупрочнения, а также сверления отверстий и обработки алюминия, меди и других высокоотражающих материалов.

На сегодняшний день более 50 наименований товаров, выпускаемых VPG LaserONE, официально включены в список продукции российского происхождения согласно постановлению Правительства РФ № 719. Работа по сертификации продолжается, и до конца 2025 года планируется включить в реестр большую часть ассортимента выпускаемого оборудования.

«Включение наших лазеров в реестр Минпромторга — не просто формальность. Это признание того, что VPG LaserONE сегодня — полностью отечественное высокотехнологичное производство, способное обеспечить страну инновационным оборудованием», — считает Николай Евтихийев, генеральный директор VPG LaserONE.



3D-производство в России вышло на новый уровень

За восемь месяцев 2025 года «Фабрика братьев Просвирниных» произвела 21,6 тонны изделий методом 3D-печати — это более 1 миллиона готовых деталей. По сравнению с тем же периодом прошлого года объем производства вырос на 31%.

Компания является резидентом Технопарка «Строгино» с 2015 года и за десять лет превратилась в крупнейшую в стране ферму 3D-печати. Сегодня на производственных площадках фабрики работает парк из тысячи с лишним 3D-принтеров, выполняющих заказы для машиностроения, приборостроения, медицины, образования, ритейла, дизайна и НИОКР-проектов.

«Мы не просто печатаем изделия — мы перестраиваем подход к производству. Вместо склада деталей мы создаем склад 3D-моделей, который позволяет изготавливать нужные изделия по запросу, снижая издержки и повышая гибкость бизнеса», — отмечает сооснователь и руководитель компании Виталий Просвирнин.

В портфолио фабрики — выпуск плафонов освещения для федеральной торговой сети, масштабные инсталляции к юбилею Московского метрополитена, дизайнерские светильники «Победитель» к 80-летию Победы, корпуса электроники для приборостроительных компаний и инженерные решения для промышленности.

В 2025 году предприятие сделало ставку на повышение качества: внедрена система выходного контроля, обеспечивающая стабильную повторяемость изделий на уровне 97–98%. Это усилило доверие со стороны крупных заказчиков, которые рассматривают 3D-печать как инструмент серийного производства.

«Аддитивные технологии сегодня — не эксперимент, а зрелый производственный инструмент. Более тысячи компаний доверяют нам инженерные задачи, потому что 3D-печать — это скорость, экономическая эффективность и гибкость», — подчеркивает Виталий Просвирнин.





11 октября в Москве определили сильнейших молодых специалистов в области аддитивных технологий. В финале международного чемпионата «3D-Профи–2025» встретились 30 команд из России, Белоруссии и других стран, прошедших экспертный отбор, — 150 школьников, студентов колледжей и вузов, готовых предложить инженерные решения будущего. Мероприятие организовал столичный Департамент предпринимательства и инновационного развития города Москвы, партнерами и спонсорами стали компании: IGO3D Russia, РЭК, AmTech, 3DVision, Shining 3D. Также партнерами чемпионата выступили компании «Импринта», «Логика слоя», RangeVision, ЦАТ «Ростеха», «Аскон», Digital4kaizen, ИОК «Техноград». Поддержку чемпионату оказало Министерство промышленности и торговли РФ.

Участники чемпионата представили жюри впечатляющие разработки. Команда MetaMakers из Барановичского государственного университета (Белоруссия) создала детализированную модель Брестской крепости, используя 3D-печать, для сохранения исторической памяти. Команда Olymр представила проект по моделированию и прототипированию биомеханической конечности, а «Биоинженеры» разработали бионический протез предплечья. Не осталась в стороне и практическая медицина: команда «Квадроберы» показала проект индивидуального черепного импланта. Были и решения для городской среды: команда Green Print предложила создавать инновационные экоклумбы из экологичных материалов с помощью строительного 3D-принтера. А команда «3дЗавры» разработала уникальную оснастку для трубогибочных станков, которая сокращает расход ресурсов в 10 раз по сравнению с традиционным производством.

Ярким финалом чемпионата стала церемония награждения. Абсолютным победителем «3D-Профи–2025» стала команда «Софт 3Д» из Московского политехнического университета, представившая разработку 3D-принтера для эластичных материалов. Главным призом для них стал 3D-принтер Bambu Lab H2S.

Второе и третье места заняли команды MetaMakers (Барановичский государственный университет) и FaceLab3D («Росбиотех»), цель проекта которых — создание индивидуальных элементов грима по анатомии лица актера с помощью 3D-сканирования и печати. Они были награждены 3D-сканером Shining 3D EinStar и 3D-принтером Anycubic Photon M3 соответственно.

В специальных номинациях были отмечены:

- «Лучшая диагностика 3D-принтера»: команда «Кибербуслы» (Белорусский национальный технический университет).
- «Лучший стенд»: команда FolloTeam (Московский авиационный институт).
- «Лучший реверс-инжиниринг»: команда RevolPCBM (Колледж современных технологий им. М.Ф. Панова).
- «Лучшее 3D-проектирование и печать»: команда code&&coffee (НИТУ МИСИС, РТУ МИРЭА, Колледж предпринимательства № 11).
- «Эрудит аддитивных технологий»: команда Bauman Miko Squad (МГТУ им. Н.Э. Баумана).
- «Лучшая презентация проекта»: команда VectoR (школа № 1411).

Партнеры чемпионата вручили участникам дополнительные призы: стажировки, обучающие курсы, консультации и мастер-классы, отмечая огромный потенциал нового поколения инженеров.

ТЕПЕРЬ В TELEGRAM!  ПРИСОЕДИНЯЙТЕСЬ!

РИТМ
МАШИНОСТРОЕНИЯ



t.me/ritm_magazine



t.me/additiv_tech



Тел.: 8 (4912) 51-19-41
8 (800) 444-29-41
+7 (930) 783-19-41
E-mail: 3d@3d-shop.ru

www.fdm-shop.ru
www.moldcast.ru

- Изготовление пластиковых, резиновых и металлических деталей на заказ.
- Официальный поставщик 3D-принтеров, 3D-сканеров и расходных материалов.
- 3D-печать прототипов и макетов различными технологиями.
- 3D-моделирование по образцам, чертежам и фотографиям.
- Высокоточное и художественное 3D-сканирование, обратное проектирование, реверс-инжиниринг.
- Промышленное литье деталей различными партиями.

г. Рязань, ул. Каширина, стр. 1Б, 1 подъезд, 5 этаж

i3D и AM Solid: НОВЫЙ ЭТАП В РАЗВИТИИ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РОССИИ

Интервью с Алексеем Ембулаевым,
генеральным директором ООО «Ай 3Д».



Вступление

Российский рынок аддитивных технологий быстро взрослеет: предприятия перестали рассматривать 3D-печать как демонстрацию возможностей и ждут от неё конкретной производственной отдачи — сокращения сроков вывода изделий, гибкости номенклатуры, локализации критических компонентов и прозрачной экономики. В такой среде выигрывают не поставщики «железа», а инженеры-интеграторы, способные превратить технологию в воспроизводимый процесс. Компания i3D (ООО «Ай 3Д») за последние годы сформировала репутацию интегратора полного цикла: от технологического аудита и подбора процесса до пусконаладки, обучения, метрологии и серийного сопровождения. В портфеле компании решения для 3D-печати на базе технологий Binder Jetting (PCM) для производства песчаных литейных форм и стержней и печати из PMMA моделей для литья в оболочковые формы, Ceramic Binder Jetting и Ceramic DLP для работы с керамическими материалами, SLS, FDM, SLA для производства моделей из полимеров и Metal Binder Jetting и LPBF (SLM), VEAM (Wire Multi-laser Coaxial AM) / WAAM (Wire Arc AM) для формовки металла.

Сегодня i3D делает новый шаг, выводя на рынок бренд AM Solid. О причинах и перспективах этого решения мы говорим с генеральным директором компании Алексеем Ембулаевым.

Роль компании в отрасли

Сегодня i3D воспринимается как один из лидеров российского рынка. Как вы оцениваете роль вашей компании?

Мы смотрим на аддитивные технологии скорее как на процесс, а не как на просто станки для печати чего-либо.

Если просто ограничиться поставкой оборудования, клиент получает сложную машину и набор неизвестных — материал, режимы, постпроцесс, контроль. Интеграция для нас — это ответственность за результат: технологический аудит, выбор процесса под целевую функцию детали, расчёт экономики, подготовка КД в соответствии с ГОСТ, запуск в демозале, адаптация производственного процесса под площадку заказчика с учётом уже существующих техпроцессов, метрология и ОТК, аттестация команды. Приходя на действующее предприятие с новыми решениями, важно дать новый импульс развития и не разрушить уже имеющееся отлаженное производство, но органично встроиться в него. Так аддитивные технологии перестают быть экспериментом и становятся предсказуемым производством с понятными допусками, сроками и себестоимостью. Наша задача — выстраивать полноценные технологические цепочки, которые решают производственные задачи заказчиков. Именно поэтому нас выбирают те, кто хочет получить реальный результат.

Многие компании сталкиваются с проблемами на этапе внедрения. Как вы решаете этот вопрос?

Мы все знаем случаи закупок оборудования, сгенерированные заказчиками, которые не до конца разбираются в технологиях и не получили на начальном этапе грамотных консультаций. В результате непонятными компаниями поставляется оборудование уровня по пале, а потом начинается беготня по всему рынку в поиске, кто же возьмётся его запустить. Это совсем ужасающий непрофессионализм, который мы считаем недопустимым и крайне опасным для рынка АТ. Чтобы с таким не сталкиваться, мы сделали серьёзную ставку на команду проектных менеджеров и инженеров. Наши специалисты знают каждую предлагаемую нами технологию изнутри,

они все проходили обучение у производителей оборудования, видели, как эти решения создаются и работают, посещали заказчиков-эксплуатантов.

Показательным для нас стало привлечение производителем наших инженеров для реализации проектов в третьих странах. Наша команда успешно провела внедрение нескольких единиц промышленного оборудования в Азиатско-Тихоокеанском регионе и Южной Америке, чем подтвердила свою высокую квалификацию перед производителями и получила новый интереснейший опыт.

Для нашего заказчика это означает одно: внедрение пройдет безболезненно. Мы не просто подключаем оборудование, мы осуществляем интеграцию и доводим процесс до стабильного производства. Именно это формирует доверие и долгосрочные отношения.

В чём практическая разница между «поставить принтер» и «интегрировать технологию»?

В уровне управляемости. Поставка — это «коробка» и базовые инструкции. Интеграция в полном понимании — это маршрутная карта: как готовим материалы, как задаём параметры, где стоят контрольные точки, какие метрики считаем, как фиксируем отклонения и корректируем режимы. Мы заранее проектируем весь цикл от песка и химии/металлического порошка/проволоки до приёмки изделия: хранение, подготовка, формовка, термические операции, механическая доводка, измерения, прослеживаемость. В результате у заказчика есть не просто рабочая установка 3D-печати, а управляемый процесс, который можно планировать и, что очень важно, масштабировать.

Давайте пройдемся по технологиям. С чего чаще всего начинается промышленный спрос?

Всё зависит от отрасли и направления. Для литейных заводов и металлургических предприятий крайне востребована технология PCM (Binder Jetting). Данная технология позволяет в прямом смысле печатать литейные формы и стержни без модельной оснастки. Сроки изготовления новой номенклатуры отливок сокращается с месяцев до недель и дней, а инженерная свобода растёт: убираем уклоны, уменьшаем припуски на механическую обработку, интегрируем различные каналы охлаждения, оптимизируем контракцию литниково-питающей системы, снижаем человеческий фактор. Литейные предприятия, внедряя АТ, получают очень гибкий инструмент, который позволяет быстро оказывать услуги производства новых изделий и не терять заказчиков, могут брать дополнительные заказы и существенно расширять ассортимент выпускаемой продукции. Для отраслей, где требуется производство металлических изделий, у нас сразу три опоры. Первая — уже широко известная и одна из наиболее зрелых технологий печати — LPBF (SLM): когда нужен ресурс, плотность и высокая точность, сложные контуры охлаждения, тонкие стенки, решётчатые структуры, высоконагруженные элементы, широкий перечень применяемых сплавов. Медицина, стоматология, авиакосмос, энергетика, электроника, машиностроение уже знают и активно применяют эту технологию. Вторая — Metal



Binder Jetting: зелёная деталь формируется связующим, затем проходит процесс дебайдинга и финальное спекание; получаем высокую производительность и очень привлекательную себестоимость при мелкосерийном производстве изделий. К сожалению, в данной технологии пока не такой широкий выбор доступных материалов, но производители, с которыми мы сотрудничаем, и даже наши заказчики активно развивают это направление, получая очень интересные результаты. И третья опора — для крупногабаритных металлических заготовок, ремонта и быстрого наращивания — DED и WAAM. Конечно же, мы не забываем о технологиях SLS и FDM/FGF для полимеров и композитов — эти технологии имеют очень широкое распространение в различных областях. Для литейных моделей с повышенными требованиями к размерной точности, со сложной геометрией оптимально использовать печать из полиметилметакрилата (ПММА). Наличие в арсенале возможностей широкого технологического спектра крайне важно: тогда технология подбирается под задачу, а не наоборот.

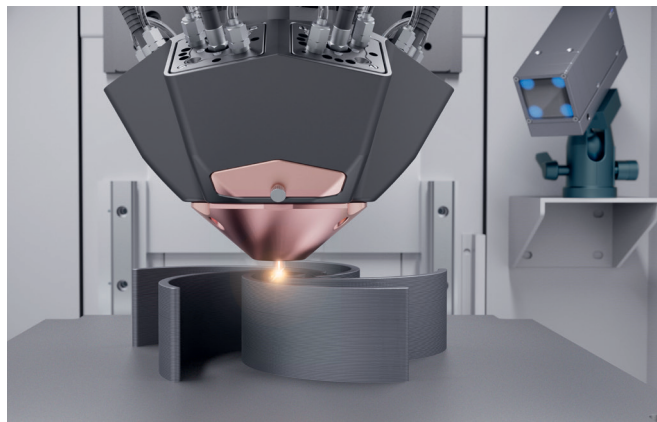
Почему вы отдельно выделяете керамику? Чем интересен Ceramic Binder Jetting и куда здесь движется рынок?

Техническая керамика закрывает задачи, где одновременно нужны жёсткость, термостойкость, химическая инертность и стабильность размеров. Технология Binder Jetting в случае применения с керамикой даёт главное — геометрическую свободу без пресс-форм. Мы используем решения на базе ведущего китайского производителя, с которым работаем уже много лет, — компанией FHZL (под брендом AM Solid. — ред.), ведём заказчика через выбор материала, тестирование идей до приобретения оборудования, помогаем в подборе режимов до получения необходимых параметров изделий, при необходимости помогаем построить процессы постобработки

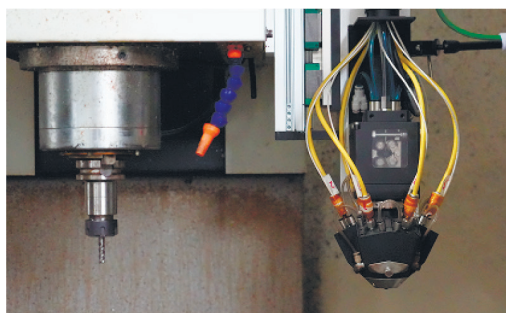


и контроля. Наибольший запрос — на эту технологию для печати из карбида кремния (SiC): это поразительный — лёгкий, жёсткий, термостойкий и устойчивый к агрессивным средам материал. Он уже активно применяется в энергетике (элементы, работающие при высоких температурах, например, в солнечных электростанциях и атомной промышленности), в авиационно-космической сфере (теплозащита, лёгкие силовые элементы), в химической промышленности и электронике. Все перспективы данной технологии и материала нам еще предстоит изучить.

В портфеле i3D упоминается VEAM — новое определение. Поясните.



VEAM — это проволоочная аддитивная технология с коаксиальной подачей и многолучевой лазерной головкой. По сути, развитие DED-W технологии, ориентированное на производительность и управляемость энерговыклада. Там, где SLM-технология обеспечивает высочайшую детализацию, VEAM даёт скорость и габарит: корпуса, силовые элементы, массивные заготовки под мехобработку, в том числе сложной геометрии благодаря наличию в портфеле производителя 5-осевых и роботизированных установок. Стоит отметить и наличие отдельного



упрощенного модуля, который позволяет превратить почти любой станок с ЧПУ в гибридный центр производства. Важно понимать, что ни одна из технологий не является панацеей и для каждой свое применение, так и VEAM — это не замена всему, а инструмент для выполнения задач, где крайне важна экономика процесса, — мы обеспечиваем сокращение цикла изготовления крупных деталей и снижение удельной себестоимости в том числе благодаря очень доступной стоимости сварочной проволоки. В отличие от того же SLM, где можно получить максимально приближенную к конечному изделию заготовку (а иногда и действительно готовое изделие), VEAM, как и все наплавочные технологии, почти всегда выступает ступенью в цепочке: быстрая наплавка объёма плюс последующая точная мехобработка критичных поверхностей.

Но если сравнивать с уже известными DED-технологиями, VEAM обеспечивает лучшее качество поверхности, достигающее шероховатости до 5 микрон, что ставит его посередине между SLM- и DED-технологиями. Сейчас мы активно прорабатываем с производителем ряд задач заказчиков, и перспективы уже становятся очевидными — очень интересный баланс качество/стоимость/возможности.

Как вы помогаете заказчику выбрать между LPBF, Metal Binder Jetting и VEAM?

Мы начинаем с изучения геометрии детали и функциональных требований к ней: нагрузки, среда, ресурс, точность, серийность и другие требования к изделию. Если нужна максимальная плотность, тонкие каналы и минимальные припуски — это SLM. Если партия из множества небольших деталей с высокой производительностью — тут ближе Metal Binder Jetting с грамотной компенсацией геометрии на спекании. Если задача — крупногабаритная печать и скорость, экономичная заготовка под мехобработку — VEAM/DED/WAAM в зависимости от конкретизации задачи. Далее считаем экономику: стоимость часа, материалов, постпроцессов, брак/перезапуск, логистика. На стыке требований и TCO появляется рекомендация, подкреплённая тестами в демозале.

Что входит в ваши инженерные сервисы помимо «поставить и запустить»?

Полный цикл. Технологический аудит участка, подготовка бизнес-кейса с TCO/ROI, реверс-инжиниринг с применением самых новейших метрологических 3D-сканеров с выпуском параметрических моделей, разработка КД по

ГОСТ, подбор аддитивной технологии и адаптация конструкции под неё, печать тестов в демозале или на наших производственных площадках, отбор режимов, описание маршрутной карты, внедрение на площадке заказчика, помощь в разработке регламентов ОТК и, конечно же, обучение персонала, причём не только операторов, но и инженеров-проектировщиков и служб эксплуатации оборудования. После запуска — сопровождение: мониторинг ключевых параметров, плановое ТО, обновление библиотек режимов и обучение под новые материалы.

Расскажите про демозал — что там можно увидеть и на что он влияет?

Демозал — это не просто место, где мы можем показать, как красиво оборудование стоит, а наша рабочая площадка проверки гипотез и отработки технологий изготовления. Мы берём целевую деталь, готовим варианты стратегии, печатаем, измеряем, сравниваем с КД, перенастраиваем и повторяем. Клиент видит процесс вживую: как ведёт себя материал, как собирается форма, как выглядит поверхность, как проходит термообработка и постпроцессинг. Здесь же проводим сравнительные тесты разных технологий под одну задачу — это прозрачно и по времени, и по экономике. Именно демозал позволяет принять решение на фактах, а не на презентациях: после серии итераций понятно, какой процесс стабилен, сколько он стоит и как его масштабировать заказчику.

Как у вас в компании устроены процессы реверс-инжиниринга и подготовка документации?

У нас этим занимается отдельный отдел. Все начинается с метрологического 3D-сканирования, формируем облако точек, обрабатываем сетки, строим параметрические CAD-модели. Далее подготовка КД с корректными допусками, базами и техническими требованиями. Параллельно адаптируем конструкцию под выбранную технологию: проверяем концентраторы напряжений, перераспределяем массу, добавляем внутренние каналы, пересматриваем кромки, исключаем «ловушки» для порошка/песка, проектируем теплоотводы, делаем виртуальное тестирование в специализированном ПО, выбираем ориентацию построения, при необходимости проводим топологическую оптимизацию. На выходе — комплект конструкторских и технологических документов, готовый для производства и контроля.

Качество — большая тема для всех.

Как вы выстраиваете метрологию и ОТК?

Мы начинаем мыслить качеством на этапе проектирования процесса. Определяем контрольные точки, выбираем средства измерения, описываем методики: входной контроль материалов, контроль атмосферы/влажности/температуры, контроль геометрии после построения и после постпроцессов. Внедряем прослеживаемость: партия материала, параметры печати, результаты измерений и отметки отклонений — всё хранится и связывается с изделием. Для заказчика это означает управляемость и возможность уверенно переходить от образцов к серии.

Какие требования вы предъявляете к цифровой нити данных?

Прослеживаемость крайне важна. Фиксируем партии материалов, параметры построения, журналы обслуживания, протоколы измерений и приёмки. Связываем системы с PLM/MES/ERP там, где у заказчика есть такие системы и возможности, либо предоставляем регламент ведения данных и шаблоны отчётности. Это не бюрократия ради бумаги — это основа повторяемости и возможность быстро локализовать причины отклонений.

А как масштабируете — от пилота к потоку?

Мы всегда стараемся закладывать модульность. Планируем логистику материалов, синхронизацию всех процессов, резервируем узкие места, балансируем смены. Внедряем учёт по партиям и интеграцию с учётными системами, настраиваем мониторинг KPI. При росте устанавливаем дополнительные модули без перелопачивания процесса — расширение, а не перестройка.

Запуск бренда AM Solid

Давайте поговорим о вашем новом бренде. Чем принципиально полезен бренд AM Solid для клиента?

Мы серьёзно подходим к созданию данного бренда и очень тщательно отбираем решения, которые «станут под зонтик». Кроме лучшего оборудования, AM Solid — это единые стандарты и одна ответственность. Да, мы объединяем под брендом решения нескольких производителей, но приводим их к общим правилам: качество оборудования, документация, интерфейсы, сервис, ЗИП, обучение. Клиент получает предсказуемость и локальную поддержку, что особенно важно в текущих условиях, когда многие заказчики выполняют заказ государства. AM Solid — это ещё и узнаваемость, удобный «зонтик», под которым мы масштабируем лучшие практики и быстрее переносим опыт между проектами.

Сервис — часто то, что определяет успех. Как он у вас устроен?

Мы держим критические запчасти, обучаем сервисных инженеров на заводах производителей, ведём базу отказов и решений, используем удалённую диагностику и превентивные выезды по индикаторам состояния. Закладываем SLA (не технология печати, а соглашение об уровне сервиса с заказчиком. — *Ред.*), регламенты и плановое ТО. В проектах с повышенными требованиями подключаем мониторинг процесса и собираем ключевые параметры, чтобы связать качество с режимами и быстрее устранять первопричины отклонений.

Обучение и передача компетенций заказчику — как вы делаете это системно?

Комбинация теории и практики. Базовые курсы по безопасности, обращению с материалами, обслуживанию. Технологические модули по целевым технологиям. Обязательно — практикум на изделиях заказчика: подготовка модели, печать, постпроцессы, контроль.

Плюс — аттестация: проверяем навыки, выдаём допуски на операции. Это защищает от ситуаций, когда процесс держится на одном человеке или, того хуже, после отъезда с площадки сотрудники заказчика «обнуляются» и просто не понимают, что им делать, чтобы получить результат, — компетенция становится командной.

Давайте вернёмся к литейке. Что вы делаете помимо печати форм из песка?

Мы оказываем услуги по проектированию литейных форм, осуществляем виртуальное моделирование процесса литья, печатаем формы из песка и PMMA, проводим тесты и сборку, документируем результаты и корректировки. На основе этого поставляем готовое решение: оборудование, технологию, методики, обучение, регламенты. Помогаем организовать ОТК и метрологию, чтобы участок сразу работал по правилам, а не «по вдохновению». Так предприятие видит эффект и входит в проект осознанно.

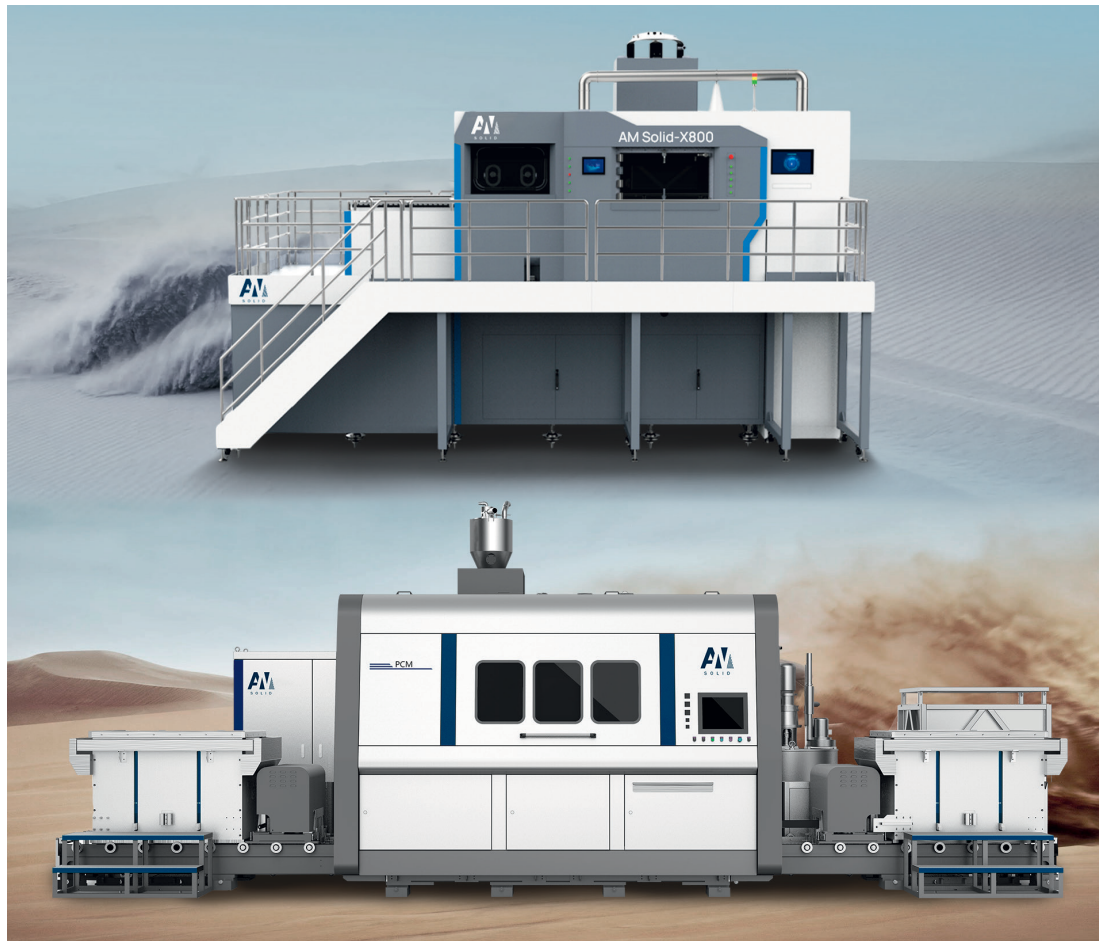
Какая роль у керамики и SiC в вашей стратегии на ближайшие годы?

Не могу сказать, что сегодня спрос на данное решение очень большой. Говоря откровенно, он скорее эпизодический. Но мы видим и устойчивый рост интереса рынка к изделиям, где критичны масса, термостойкость и химическая стойкость. SiC здесь вне конкуренции: он открывает решения, которые сложно или экономически нецелесообразно делать традиционно. Сегодня основная

масса проектов — это, скорее, начальный этап — R&D. Но мы верим в перспективы и развитие данного сегмента и с удовольствием готовы участвовать в НИОКРах по данной тематике. Повторюсь, это важное направление для энергетики, авиационно-космической тематики и высокотемпературных сред, и в Китае уже более востребовано — значит, мы скоро начнем догонять.

Что вы считаете основным риском при внедрении аддитивных технологий?

Недооценка инженерной подготовки и переоценка «волшебной кнопки». Аддитивные технологии — это не печать ради печати. Нужна корректная постановка задачи, адаптация конструкции, выбор технологии и материала, дисциплина параметров, продуманный финиш и контроль. Мы честно проговариваем ограничения, показываем их в демозале и фиксируем в регламентах. Это экономит бюджеты и время: ошибки ловятся в пилоте, а не в серии. Лучше предостеречь заказчика на начальном этапе. К сожалению, многие компании-«интеграторы» ставят своей целью продажу оборудования и освоение бюджета заказчика. Часто подобные подходы приводят к неработоспособному процессу производства, брошенному оборудованию и общему негативу в адрес АТ. Мы считаем, что заказчик должен получить максимально полную картину на начальном этапе, оценить свои силы и максимально осознанно подойти к внедрению АТ на предприятии. Или лучше этого не делать.



Как вы видите развитие i3D и AM Solid?

Мы развиваем и укрепляем три основных точки опоры. Первая — портфель AM Solid: расширяем технологии и материалы, приводим их к единому стандарту. Вторая — сервис и обучение: увеличиваем количество и вкладываем серьёзные ресурсы в развитие компетенций наших инженеров, развиваем демозал как центр прикладных испытаний. Третья — инженерные сервисы: реверс-инжиниринг, проектирование под АТ, метрология, ОТК. Наша цель — быть надёжной точкой входа в аддитивные технологии для промышленности и поддерживать заказчиков на всём жизненном цикле решений — от идеи до серии.

Заключение

Компания i3D позиционируется не как продавец станков, а как системный интегратор именно в классическом понимании: аудит — выбор технологии — демозал — КД — запуск — метрология — ОТК — сопровождение. Бренд AM Solid дополняет эту модель едиными стандартами и локальной ответственностью: заказчик получает устойчивый процесс, который можно масштабировать и планировать. Аддитивные технологии перестают быть красивой картинкой и становятся рабочим инструментом российского производства. Для рынка это значит зрелость, для заказчиков — предсказуемый результат под ключ, для i3D — роль технологического проводника и гаранта качества.

Как вы оцениваете текущее состояние российского рынка аддитивных технологий и его перспективы?

Мы видим, что рынок почти полностью прошёл этап интереса и демонстраций и входит в фазу зрелости. Предприятия всё реже спрашивают — можно ли это напечатать, а задают конкретные вопросы о себестоимости, сроках и воспроизводимости. Растёт запрос на локализацию критически важных компонентов, на сокращение зависимости от импортных поставок. Это стимулирует спрос на технологии, которые можно внедрить в условиях ограничений и масштабировать на отечественной базе. В ближайшие годы мы прогнозируем рост числа производственных участков, ориентированных на серийные партии, а не только на пилотные проекты.

Какую роль играют образовательные проекты и подготовка кадров?

Без людей никакая технология не работает. Мы построили систему обучения сотрудников предприятий, которая включает базовые курсы по технике безопасности и обращению с материалами, технологические модули по конкретным процессам и практикумы на изделиях заказчика. Отдельное направление — сотрудничество с вузами и исследовательскими центрами: мы готовим совместные программы, например с Московским Политехом, студенты вузов и колледжей Москвы проходят на наших площадках производственную практику, часто помогаем вчерашним студентам с трудоустройством к нашим заказчикам. Мы открыты для сотрудничества в этой

сфере и всегда с удовольствием готовы принимать участие в развитии образования. Это формирует кадровый резерв и создаёт экосистему знаний, которой может пользоваться и промышленность, и наука. В перспективе мы планируем запуск сертификационных программ по отдельным технологиям с заинтересованными вузами и колледжами.

Вы упомянули цифровую нить. Можете подробнее объяснить, как она работает в ваших проектах?

Цифровая нить — это связка данных на всём жизненном цикле: от CAD-модели и КД до серийного контроля и отчётов ОТК. Мы фиксируем партии материалов, параметры печати, данные о термообработке, протоколы измерений, результаты испытаний. Эти данные интегрируются с PLM-, MES- и ERP-системами предприятия. В результате заказчик получает не просто изделие, а цифровой двойник: он знает, из какой партии порошка деталь изготовлена, какими режимами построена, какие термопрофили использованы, какие отклонения зафиксированы и как они устранены. Это повышает прозрачность и позволяет управлять качеством на основе фактов.

Почему в условиях санкций и ограничений для вас важно развивать бренд AM Solid?

Потому что рынок ждёт предсказуемости. Заказчик должен быть уверен, что через год и через пять лет он получит тот же уровень поддержки, тот же сервис и сможет развиваться с этим брендом. AM Solid — это единые стандарты, локальная ответственность и гарантия воспроизводимости. Мы создаём бренд, который ассоциируется с качеством и стабильностью независимо от внешних обстоятельств. Это позволяет предприятиям строить долгосрочные планы и инвестировать в аддитивные технологии без страха остаться без поддержки.

Какой вы видите роль России в глобальной экосистеме аддитивного производства?

Россия имеет сильные инженерные школы, опыт в авиационно-космической и энергетической отраслях, сильную медицину. У нас есть потребности в реализации новейших разработок, в импортозамещении и локализации. Аддитивные технологии дают инструмент закрывать эти задачи быстрее и дешевле. Мы со своей стороны готовы стать центром компетенций по интеграции: брать проверенные решения, адаптировать их под наши стандарты, обеспечивать сервис и метрологию и выводить производственные предприятия на серийный уровень. В этом наша миссия как интегратора и создателя бренда AM Solid.

Тел: +7 (495) 108 60 68
сайт: i3d.ru
E-mail: 3d@i3d.ru



Развитие аддитивных технологий в Республике Татарстан



Как банально это ни звучит, для продвижения аддитивных технологий в промышленность нужна не только сама промышленность, но и бизнес-среда, в которой инновации востребованы. Деля тематический проект о развитии аддитивных технологий в Республике Татарстан, мы сочли полезным расширить контекст и рассказать не только о том, как сама республика сравнивает себя сегодняшнюю с собой вчерашней, но и как её видят со стороны.

Зинаида Сацкая, руководитель проектов

В соперничестве со столицей России

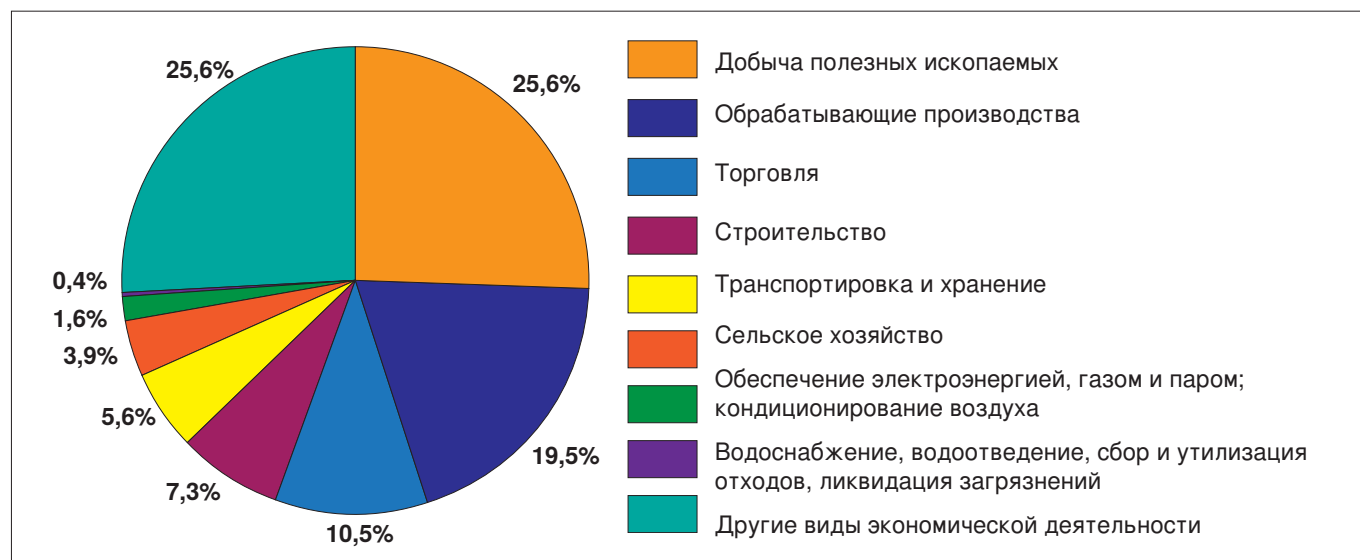
Республика о себе

По данным отчёта республиканского кабмина, в 2024 году в бюджет Татарстана поступило 499,1 млрд руб. налоговых и неналоговых доходов, что на 92,0 млрд руб., или на 22,6%, больше показателей 2023 года. Из федерального бюджета и иных источников в республику привлечено 95,1 млрд руб.

По основным макроэкономическим показателям Республика Татарстан входит в число регионов-лидеров, занимая по объёму ВРП 7 место, промышленного производства — 5 место, продукции сельского хозяйства — 3 место, строительства — 2 место, инвестиций в основной капитал — 6 место, обороту розничной торговли — 7 место. По итогам 2024 года ВРП Татарстана составил 5 203,5 млрд руб., или 103,9% в сопоставимых ценах к уровню 2023 года.

Структура ВРП Республики Татарстан в 2024 г.

Как видно из диаграммы, наибольшую долю в структуре экономики занимает промышленность — её удельный вес в ВРП региона в 2024 г. составил 45,1%. Индекс промышленного производства достиг 105%, показатель отгруженной продукции вырос на 19,2% до 5,65 трлн руб. Активный рост относительно прошлого года показали судостроение, вертолётостроение, производство машин, оборудования, компьютеров и оптических изделий. Наибольший прирост объёма отгруженных товаров, выполненных работ и услуг по итогам 2024 г. пришёлся на производство машин и оборудования. По данным Татарстанстата, этот показатель вырос в 2,8 раза и составил 228,3 млрд руб. Индекс промышленного производства нефтеперерабатывающей отрасли составил 106,6%.



За 2024 год продукции нефтепереработки было отгружено на 1,22 трлн руб., нефтегазохимической — на 784 млрд руб.

Малый и средний бизнес

На 1 января 2025 г. в республике зарегистрировано: 178,3 тыс. субъектов малого и среднего предпринимательства (МСП), или 103,3% по отношению к началу 2024 г., а на 1 мая 2025 г. насчитывалось уже 182,7 тысячи субъектов малого и среднего бизнеса, что отметил в одном из выступлений Раис Республики Татарстан Рустам Минниханов. В целом в сфере МСП создано 641 тысяча рабочих мест. Кроме того, в республике работают 390 тысяч самозанятых. Малый и средний бизнес Татарстана заплатил в прошлом году 233 млрд руб. налогов и взносов, сформировав почти 25% валового регионального продукта. Это выше, чем в целом по России, где доля малого и среднего бизнеса в ВВП, как отмечает «Парламентская газета», в 2024 г. приблизилась к 22%.

Республика входит в Ассоциацию инновационных регионов России, которая ставит своей целью оказание содействия экономическому взаимодействию регионов — членов ассоциации, построенного на комплексном представлении их интересов на межрегиональном, федеральном и международном уровнях. На долю регионов ассоциации приходится треть всей инновационной продукции страны. По общему количеству научных центров (114 единиц) у Татарстана лидирующие позиции в составе членов Ассоциации инновационных регионов России. По данным портала «Официальный Татарстан», в структуре источников вложений в НИОКР в республике преобладают внебюджетные средства: на них приходится 64% расходов на НИР, в то время как в целом по стране величина этого показателя сложилась на уровне 36%.

Республика Татарстан в зеркалах рейтингов

Ежегодно парад рейтингов открывает **Агентство стратегических инициатив (АСИ)** на Петербургском международном экономическом форуме. Согласно исследованию 2025 г. «Национальный рейтинг состояния инвестиционного климата в субъектах РФ», Республика Татарстан по итогам 2024 г. пятый год подряд идёт сразу за Москвой, с 2023 года деля второе место с Нижегородской областью.

Национальный инвестиционный рейтинг рассчитывался по 110 показателям в 8 направлениях: недвижимость, инженерные сети, защита бизнеса, меры поддержки бизнеса, экспортная деятельность, инфраструктура и технологии, кадровые и трудовые ресурсы, развитие рынка и конкуренции. В четырёх из этих направлений Татарстан входит в топ-5 лидеров: «Недвижимость», «Инженерные сети и коммуникации», «Кадровые и трудовые ресурсы», а по направлению «Меры поддержки бизнеса» Татарстан возглавил список лидеров. Это означает, что власти республики слышат бизнес, и эта обратная связь работает на благо республики.

В исследовании экономического здоровья российских регионов **агентство «Эксперт РА»** по итогам 2024 года отнесло Татарстан к топ-10 регионов с наиболее высоким текущим уровнем экономического здоровья регионального бизнеса.

На момент сдачи журнала в типографию рейтинг «Инвестиционная привлекательность регионов» по итогам 2024 г. ещё не опубликован, а по итогам 2023 года положение Республики Татарстан выглядит следующим образом.

По версии агентства, в 2023 г. в пятёрку лидеров вошли (в алфавитном порядке): Москва, Краснодарский и Приморский края, Республика Татарстан, Ямало-Ненецкий автономный округ. Это регионы с наивысшим уровнем инвестиционной привлекательности А-1.

Проведённая агентством оценка инвестиционной привлекательности основывалась на расчёте 66 показателей, сгруппированных в пять блоков: инфраструктурные, экономические, социальные, финансовые ресурсы, состояние окружающей среды. Лидирующие строчки заняли и имели по большинству показателей положительную динамику регионы, у которых более сильные позиции по инновационному развитию, отгруженным товарам собственного производства, выполненным работам и услугам собственными силами на душу населения.

Составители рейтинга утверждают, что «уровень развития экономики региона имеет большое значение для инвестиционной привлекательности, он показывает способности региона вести производственно-хозяйственную деятельность результативно и эффективно».

Цифровая платформа инвестиционных проектов, реализуемых в России, странах ЕАЭС и СНГ, фиксирует высокую динамику числа проектов в Республике Татарстан. Так, на начало 2025 года было 1200 проектов, а на середину июля уже 1353, что говорит о приросте в 38%. Рейтинг цифровой платформы отдаёт Татарстану 7 место в топ-30 регионов по объёму инвестиций частного капитала и ГЧП.

Центр экономических исследований «РИА Рейтинг» по итогам 2024 г. отдаёт Татарстану третье место в рейтинге российских регионов по социально-экономическому положению. Республика набрала 86,8 балла из 100 возможных. Татарстан улучшил показатель по сравнению с показателем 2023 г., когда он составлял порядка 83 баллов. При составлении рейтинга использовались данные Росстата, Минфина, Федерального казначейства, Единого портала бюджетной системы РФ и Банка России. Учитывались такие показатели, как объём производства товаров и услуг, доходы бюджета, инвестиции в основной капитал, положение на рынке труда, в социальной сфере и др.

Важно подчеркнуть, что рейтинги — это не вещь в себе и не информационный повод для самолюбования. Высокие позиции Республики Татарстан в различных рейтингах говорят о том, что региональная инвестиционная среда сильна, стабильна и привлекательна.

Татарстан на пути к технологической независимости



Интервью журналу «Аддитивные технологии» дал заместитель премьер-министра Республики Татарстан — министр промышленности и торговли Республики Татарстан Олег Коробченко.

Олег Владимирович, как вы оцениваете перспективы развития аддитивной тематики в республике? Кого или что вы могли бы назвать драйвером этого процесса?

Аддитивные технологии стратегически важны для технологического суверенитета России. Татарстан входит в тройку регионов-лидеров по развитию аддитивного производства в стране благодаря мощной промышленной базе, развитию научно-образовательного и технологического комплекса.

В структуре экономики республики промышленность занимает почти 50%, что создает огромный потенциал для внедрения аддитивных технологий. Основными драйверами для этого направления являются промышленные предприятия-лидеры, наука и инновационные компании.

Из крупных предприятий 3D-принтеры для печати песчано-полимерных форм внедрил КАМАЗ, что позволило снизить издержки в несколько раз. Активно применяет промышленную 3D-печать Казанский авиационный завод им. С.П. Горбунова. «Татнефть-Пресскомпозит» также использует в производстве аддитивные технологии. «СЛТ-Аддитивные технологии» печатает песчаные формы для уникальных крупногабаритных отливок массой до 13 тонн и отливает их. А «Татнефть» в этом году открыла самое высокое в России здание, напечатанное на 3D-принтере. Это культурный центр «Мелля» в Азнакаевском районе. Объект высотой 10,1 метра попал в Книгу рекордов России. На печать здания ушло около 500 часов.

Развитие отрасли поддерживает наш научно-образовательный комплекс. Например, КНИТУ–КАИ готовит специалистов по аддитивным технологиям, Высшая школа нефти запустила проект по восстановлению деталей для нефтегазовой отрасли с помощью технологий 3D-печати.

Промышленный кластер Татарстана активно продвигает приоритетные проекты, включая аддитивные технологии. Республика готова выступать не только как потребитель аддитивной продукции, но и как генератор ключевых решений в этой сфере.

Каково участие правительства республики в продвижении аддитивных технологий? Есть ли программа или дорожная карта поддержки и развития аддитивных технологий?

Правительство Республики Татарстан принимает не только активное, но и — главное! — системное участие в продвижении данных технологий на всех уровнях. Академия наук Татарстана разработала специальную республиканскую программу по аддитивным технологиям, которая будет запущена как приоритетная. Она обеспечивает решение базовых проблем науки.

Есть дорожная карта с «Росатомом» по вопросам внедрения технологий аддитивного производства в регионе, формируем перечень перспективной продукции локального аддитивного производства. Кроме того, разрабатывается технологическая концепция и организационная модель Центра аддитивных технологий общего доступа.

Отрасли оказывается государственная поддержка. Например, Инвестиционно-венчурный фонд республики

инвестировал 9 млн рублей в компанию «Воплощение» из Набережных Челнов для разработки инновационных пятиосевых 3D-принтеров. Теперь компания выпускает их под маркой Erit, и они весьма востребованы промышленностью, поскольку на 26% сокращают затраты на материалы и вдвое повышают производительность. Поддерживаем передовые инженерные школы и программы повышения квалификации. Кроме того, при поддержке правительства республики в Казани прошел V Юбилейный лидер-форум «Аддитивные технологии — новая реальность». К 2030 году планируется реализация масштабных проектов в сфере аддитивных технологий, в том числе проекты по серийному производству 3D-оборудования.

Эксперты отмечают высокую активность республики в использовании аддитивных технологий, и неслучайно V Юбилейный лидер-форум «Аддитивные технологии — новая реальность» прошел именно в Казани. Но пока вы практически всё покупаете, а когда начнете сами производить оборудование и материалы для аддитивного производства?

Вы правы, что республика демонстрирует высокую активность в использовании аддитивных технологий. Татарстан занимает третье место в России по закупке аддитивного оборудования после Москвы и Московской области. Но сейчас мы видим свою задачу в переходе от потребления к собственному производству. И сегодня в республике уже несколько производителей оборудования. На стадии реализации масштабные проекты. Свой вклад кроме компании «Воплощение» вносят другие инновационные компании. НПО «ЗД-Интеграция» планирует построить завод по производству 3D-принтеров в ОЭЗ «Иннополис» с объемом производства до 260 единиц оборудования в год. КНИТУ-КАИ предлагает оборудование для рекуперации порошков и постобработки металлических изделий. Мы нацелены на создание регионального научно-производственного центра аддитивных технологий на базе КНИТУ-КАИ. Компания «Лазерные системы» создает Центр аддитивных технологий на площадке Университета Иннополис. Планируется локализация 3–4 лучших китайских технологий по производству не только оборудования, но и материалов для 3D-печати.

Что касается производства материалов, то мы понимаем критическую важность создания полной производственной цепочки. Например, Зеленодольский завод им. Горького планирует перерабатывать титановое сырье в металлический порошок для печати изделий, в том числе для собственного потребления и продажи. В планах НПО «ЗД-Интеграция» на третьем этапе создать цеха по производству порошков и других материалов для 3D-печати. Это позволит нам достичь технологической независимости.

Задачи амбициозные, но достижимые при общей заинтересованности: сделать аддитивные технологии полностью отечественными и превратить Татарстан из потребителя в ведущего производителя оборудования и материалов для аддитивного производства.



Быть Татарстану аддитивной Меккой

С героем этого интервью мы договорились о встрече сразу после его выступления на конференции по аддитивным технологиям. Но по окончании конференции Евгений Дьяконов сразу оказался в тесном кругу участников конференции, которые в течение часа наперебой задавали ему вопросы. Их можно было понять: перед ними был глава комитета по аддитивным технологиям Промышленного кластера Республики Татарстан, человек, определенно причастный к успехам региона, где аддитивное производство — не маниловские проекты, а поле деловой активности.

Лидерские позиции Республики Татарстан в продвижении аддитивных технологий у всех на слуху. Как вы оцениваете динамику продвижения аддитивных технологий в республике?

Я бы назвал динамику стремительной. Еще недавно мало кто понимал, что такое аддитивные технологии. Слышать слышали, но, скажем, индустриальные зубры уровня главных металлургов скептически относились к аддитивным технологиям. Мы проводили совещания, организовывали встречи с главными технологами и главными металлургами, буквально атаковали их информацией, и видим, что процесс пошел. В 2025 году сразу пять предприятий оснастились 3D-принтерами и материалами для печати.

Какие отрасли проявляют наибольший интерес к аддитивным технологиям?

Пока это энергетика, авиация, автомобилестроение, строительство, и мы наблюдаем подвижки в судостроении.

Скажите, пожалуйста, на каких «дрожжах» поднимается аддитивное производство в республике?

Если коротко, то это объединение науки, бизнеса и власти. Но к этому прилагается значительная организационная работа.

В КОМИТЕТЕ ПО АДДИТИВНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ ЕЖЕМЕСЯЧНО ПРОХОДИТ ЗАСЕДАНИЕ С АНАЛИЗОМ ИТОГОВ ПРОШЕДШЕГО МЕСЯЦА И ПРЕДМЕТНОЙ ПРОРАБОТКОЙ ЗАДАЧ МЕСЯЦА ПРЕДСТОЯЩЕГО.



На самом деле это дискуссии, иногда жаркие, в ходе которых рождаются и всесторонне обсуждаются интересные идеи по продвижению АТ. Способы продвижения самые разные. Например, в рамках выставки по металлообработке и аддитивным технологиям «ТЕМП», которая пройдет в Казани 1–3 октября, мы планируем сессию высокого уровня с привлечением главных металлургов, главных технологов, технических специалистов всех заводов, где аддитивные технологии могут быть применимы. А дальше в наших планах посещать с инициативной группой руководителей либо технических специалистов этих предприятий и уже на их площадке заниматься просветительской работой, доносить до них аргументы в пользу применения аддитивных технологий.

Разумеется, бизнесу необходимо встречаться с высшей школой, потому что бизнес зачастую не знает о наработках — иногда уникальных! Чтобы подобные наработки были в поле зрения участников комитета, мы организуем встречи с университетами: Казанским аграрным университетом, Казанским авиационным институтом, Казанским федеральным университетом, Казанским энергетическим университетом, в планах — на еженедельной основе собирать и «десантировать» группу представителей промышленности в институты и университеты для эффективного обмена информацией. Это выгодно всем: студенты на практиках будут работать с реальным оборудованием на наших промышленных предприятиях, а бизнес будет получать настоящих специалистов, а не виртуальных.

Кстати говоря, мы знаем, что журнал «Аддитивные технологии» — единственное издание в России по этой тематике, в нем аккумулируется много информации о технологиях, оборудовании, материалах и программном обеспечении аддитивного производства во всех отраслях. И в нашем комитете есть задача пригласить тысячи с лишним предприятий промышленного кластера подписаться на этот источник концентрированной информации.

За это отдельное спасибо. Есть ли государственная поддержка развития аддитивной отрасли? Если да, то в чем это проявляется?

Я бы сказал, что в Республике Татарстан помогают в продвижении не только аддитивных технологий, но и развитию промышленности в целом.

ПРОМЫШЛЕННЫЙ КЛАСТЕР
РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН ОБЪЕДИНЯЕТ
БОЛЕЕ ТЫСЯЧИ ПРЕДПРИЯТИЙ,
СУММАРНЫЙ ГОДОВОЙ ОБОРОТ
КОТОРЫХ СОСТАВЛЯЕТ ПОЛТОРА
ТРИЛЛИОНА РУБЛЕЙ. ПОДПИСАНО
БОЛЕЕ 600 СОГЛАШЕНИЙ С
74 СУБЪЕКТАМИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ И 34 СТРАНАМИ МИРА.

В Промышленном кластере создано 23 отраслевых комитета по направлениям промышленности, которые объединяют предприятия страны. В моем комитете представлены 17 регионов страны, более 120 организаций — производителей оборудования, поставщиков услуг, инжиниринговых центров, образовательных учреждений, промышленных предприятий. Помощь государства заключается в административном ресурсе. Мы благодаря поддержке властей имеем доступ к высшему менеджменту многих предприятий страны. При поддержке властей регионов мы организуем совещания с промышленностью для знакомства с технологиями и возможностями применения аддитивных технологий в разных отраслях.

В КОМИТЕТ ПО АДДИТИВНЫМ
ТЕХНОЛОГИЯМ ВХОДИТ 120+
УЧАСТНИКОВ ИЗ 16 РЕГИОНОВ СТРАНЫ
И ИЗ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ.

Какова роль больших корпораций в продвижении аддитивных технологий в масштабах республики?

Хотя большие предприятия, как правило, закрытые, мы знаем, что на больших предприятиях республики начинается развитие. Но в продвижении в масштабах республики есть нюансы. Сейчас вот общался с большим авиастроительным предприятием. Мне говорят, что своими наработками предприятие ни с кем не намерено делиться. С большими предприятиями работать сложно в силу их большой бюрократизированности. Есть пример, когда с момента предложения инициативы по оснащению до подписания договора прошло полтора года, а потом пусконаладка, отработка технологий, и вот спустя два года предприятие находится в статусе догоняющего лидеров в отрасли. Это время было потрачено на согласования, экспертизы, протоколы разногласий и так далее. Я бы ставку делал на малые и средние предприятия. Бюрократия на этих предприятиях практически отсутствует, люди там, как правило, бизнес-ориентированные, они нацелены на результат и получение прибыли.

Да, малый бизнес мобилен и нацелен на результат, но инвестиционные возможности малого бизнеса, как правило, ограничены. Могут ли большие корпорации брать на себя роль инвесторов в таких ситуациях?

В республике эффективно показывает себя опыт КАМАЗа, с которым взаимодействует значительное количество малых предприятий. Они поставляют КАМАЗу изделия, которые у себя печатают, и это хорошо работает. Чтобы мотивировать федеральные компании начать работать таким же образом и чтобы бизнес тоже начал смотреть в их сторону, необходимо все-таки работать с отраслевой базой, иначе в отрасли так и останется бег по кругу малых серий.

ВСЕ ДО СИХ ПОР ПОЧЕМУ-ТО
УПИРАЮТСЯ В АДМИНИСТРАТИВНЫЙ
БАРЬЕР — ОТРАСЛЕВУЮ
ДОКУМЕНТАЦИЮ. БАРЬЕР, НА МОЙ
ВЗГЛЯД, ВЫМЫШЛЕННЫЙ,
ПРОСТО С ЭТИМ БАРЬЕРОМ НИКТО
НЕ ПЫТАЛСЯ РАБОТАТЬ.

Один из участников комитета — компания «ТриниТех» в этом году планирует разработать совместно с институтом ОСТ по допуску технологии WAAM на судостроительные заводы. Я общался с ними, они говорят, что необходимы голова и руки, чтобы это дело написать, и небольшие вложения на обеспечение процедурных

вещей. И всё! Но все большие авиационные и судостроительные предприятия просто загипнотизированы своими главными технологами, и никто не хочет пройти эту цепочку. К сожалению, сегодня инструмент ОСТов и ГОСТов, которые фиксировали передовые разработки и предписывали их использование, умер вслед за исчезновением системы отраслевых институтов. Мы упираемся в искусственный барьер, но у нашего поколения пока нет ресурса, чтобы эту работу возобновить, только есть понимание, что без этого движения вперед не будет.

Считается, что аддитивное производство пока дороже традиционного. А опыт Республики Татарстан что показывает?

В УЗГА, где я работал, мы придерживались иного мнения. Мы разработали финмодель, где аддитивное производство серии изделий до 100 единиц получается выгоднее, чем при традиционных методах изготовления. Если посчитать стоимость механообработки: работы операторов станков, работы станка, затрачиваемого инструмента, охлаждающей жидкости, уборки да еще добавить накладные расходы, то сравнение будет не в пользу традиционных технологий.

Уточните, пожалуйста, есть ли в республике какие-то примеры серийного производства или это все-таки какие-то кастомизированные решения для каких-то предприятий?

В компании «СЛТ – Аддитивные технологии» печатают серийно песчано-полимерные формы методом Binder Jetting для литья металлических отливок. Много предприятий, печатающих пластиком.

Многие эксперты говорят, что без поддержки государства прорыва в продвижении аддитивных технологий не будет. А вы как считаете?

Государственные меры поддержки есть. Только по моему комитету 13–14 финансовых мер поддержки — фонды, гранты, субсидии. Причем, по моей информации, деньги, которые в этих фондах аккумулированы, мы просто не выбираем. С одной стороны, мало знают, с другой стороны, как узнают об объеме необходимой документации, начинают ворчать, что, мол, это долго, муторно и так далее. Оказывается, чтобы получить деньги, надо поднапрячься! Ну так надо для себя решить: ты хочешь развиваться или плакать, что денег нет?

Есть и другая мера поддержки. Так, в Промышленном кластере Татарстана создана консалтинговая группа из десятка сильных специалистов.

Она денег стоит?

Там небольшие деньги для такого объема работы. Возглавляет эту группу Даниил Радикович Султанов, заместитель Сергея Васильевича Майорова, возглавляющего Промышленный кластер РТ. И многие из моего комитета обращаются к консультантам, иногда и по моему настоянию, когда я объясняю, что в сегодняшних реалиях кто оседлает волну стадии роста аддитивных технологий, тот пожнет все лавры.

Как вам кажется, как долго продлится эта стадия роста?

Я думаю, в перспективе одного-двух лет будет бум. Сегодняшняя сессия по аддитивным технологиям (в рамках деловой программы выставки «РосМолд» — ред.) показала, что на таких закрытых предприятиях, как Камов, Сухой, технологии активно развиваются.

Задача сертификации пока не получила принципиального решения на уровне государства, нет даже согласия в том, что сертифицировать — технологии или готовые изделия. Каков опыт Татарстана в этой сфере, вы куда склоняетесь?

Мне кажется, что необходимо сертифицировать технологию, потому что процесс сертификации изделий может быть бесконечным по вине той же бюрократии. Грубо говоря, ты десять изделий изготовил, сертифицировал, а если тебе нужно выпустить еще изделия, ты вынужден снова проходить этот путь. Зачем, если можно сертифицировать технологию?

Есть ли сейчас в работе проекты в аддитивной сфере, которые принесут пользу не только компаниям, но и республике в целом?

Конкретно у меня в комитете два проекта. Первый реализуют УЗГА с «Росатомом», они создают Центр аддитивных технологий на базе УЗГА. В рамках реализации проекта на УЗГА было поставлено два принтера RusMelt 310, которые после отладки начали успешно работать. По второму проекту НПО «3Д-Интеграция» планирует построить на территории Татарстана завод по выпуску 3D-принтеров. Сейчас определяются с площадкой.

На базе комитета создан Центр по продвижению отечественных аддитивных технологий и оборудования, по результатам голосования участников компанией-оператором определена «СЛТ – Аддитивные технологии», основная специализация которой — печать литейных форм и литье заготовок. Ими создан Центр аддитивных технологий в Набережных Челнах, в планах развития — расширение парка оборудования и применяемых технологий в области 3D-печати. В задачи оператора входит продвижение продукции на всех уровнях, причем затраты на продвижение он возмещает сам, заключение дилерских договоров с участниками, желающими развивать реализацию своего продукта.

В какие еще направления готовы пойти предприятия республики?

В силу известных причин сейчас актуализируется медицинская тема, печать разных протезов, и здесь мы тоже видим большой пласт работы.

Позвольте пожелать вам успехов и спасибо за интервью.

Спасибо за интерес к нашей работе.

Вопросы задавала Зинаида Сацкая

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ



В эпоху, когда инновации становятся определяющим фактором успеха, аддитивные технологии занимают все более значимое место в промышленности Республики Татарстан и в целом по стране. Они открывают новые возможности для производителей, позволяя создавать сложные формы и конструкции с высокой точностью и минимальными затратами. О развитии рынка аддитивных технологий в России и работе компании «СЛТ-Аддитивные технологии» рассказал ее директор **Сергей Алимович Сыч**.

Расскажите о сфере деятельности своей компании.

ООО «СЛТ-Аддитивные технологии» — одна из компаний, активно работающих в сфере аддитивных технологий. Она является официальным дилером российского производителя 3D-принтеров и предоставляет полный спектр услуг, включая поставку оборудования, материалов и сервисное обслуживание. Кроме того, компания специализируется на 3D-печати песчано-полимерных и РММА-форм методом послойного выращивания, работает с крупнейшими предприятиями России и зарубежья, таким образом обеспечивая технологический суверенитет страны и снижение зависимости от импортных комплектующих. Также ООО «СЛТ-Аддитивные технологии» успешно решает задачи в области реверс-инжиниринга и разработки технологий заливки. Это подтверждается сотрудничеством с такими партнерами, как «РУМО», «Росатом» и «Лукойл-Нижегороднефтеоргсинтез».

Каковы производственные возможности компании?

На предприятии имеется современное оборудование, в том числе аддитивная установка ZIAS BPrint Maxi с рабочей зоной 1800×1000×800 мм. Это дает возможность



производить высокоточные формы с оптимальными характеристиками. ООО «СЛТ-Аддитивные технологии» специализируется на производстве отливок 7–8 класса точности с габаритами от 200 грамм до 6 тонн, решает задачи как мелкосерийного, так и крупносерийного производства. Запуск второй очереди по производству песчано-полимерных форм в феврале 2025 года позволил усилить позиции компании на российском рынке аддитивных технологий.

Какие факторы способствуют развитию рынка аддитивных технологий и деятельности вашей компании?

Я считаю, что одним из ключевых шагов стало создание Центра продвижения отечественных аддитивных технологий и оборудования в Республике Татарстан. Его цели включают интеграцию аддитивных технологий в промышленность, модернизацию традиционных производств, стимулирование сотрудничества между производителями и клиентами, разработку уникальных изделий и содействие импортозамещению.

Отечественные аддитивные технологии обладают значительным потенциалом для различных отраслей, способствуя созданию новых продуктов, услуг и рабочих мест. Центр продвижения отечественных аддитивных технологий — важный шаг к инновационному будущему российской промышленности.

За аддитивными технологиями будущее?

Компания ООО «СЛТ-Аддитивные технологии» является ярким примером того, как инновации могут быть использованы для решения практических задач и повышения эффективности производства. В условиях глобализации и конкуренции на мировом рынке аддитивные технологии становятся не просто инструментом для инноваций, но и необходимостью для сохранения конкурентоспособности. Они позволяют компаниям адаптироваться к изменяющимся требованиям рынка, сокращать время разработки новых продуктов и снижать издержки. Таким образом, аддитивные технологии представляют собой перспективное направление для инвестиций и развития в промышленности. Они способствуют созданию новых рабочих мест, повышению квалификации специалистов и развитию высокотехнологичных отраслей экономики.



ООО «СЛТ-Аддитивные технологии»
г. Набережные Челны,
проезд Механизаторный, зд. 12
E-mail: slt-3dinfo@mail.ru,
Сайт: <https://slt-at.ru/>

Тел.: +7(8552) 91-30-32 — отдел продаж
+7 (917) 293-31-12 — директор Сыч Сергей Алимович
+7 (986) 906-69-00 — менеджер Апанаева Екатерина Радиковна
+7 (927) 044-01-77 — руководитель отдела продаж
Чернядьев Сергей Михайлович

На пути к технологическому лидерству

«Теория без практики мертва, практика без теории — слепа». Это крылатое выражение точно описывает необходимость союза теории и практики, без чего невозможен успех в продвижении высокотехнологичных решений. На вопросы о роли науки в продвижении аддитивных технологий журналу «Аддитивные технологии» ответил Альберт Гильмутдинов, советник Раиса Республики Татарстан по вопросам науки и технологий, заведующий кафедрой лазерных и аддитивных технологий Казанского национального исследовательского технического университета им. А.Н. Туполева — КАИ (КНИТУ–КАИ).



Вопросы «кого учить?», «чему учить?», «какими компетенциями должен обладать специалист в области АТ?» звучат на всех конференциях. Какой ответ на эти вопросы дают высшая школа и наука Республики Татарстан?

Республика Татарстан готовит инженеров-технологов, специалистов по материалам и процессам АТ, операторов 3D-оборудования и исследователей для работы в авиационной, машиностроительной, медицинской и оборонной отраслях на уровнях СПО, бакалавриата, магистратуры и аспирантуры.

Подготовка кадров в республике осуществляется по ключевым направлениям, которые необходимы развивающейся промышленности: базовое инженерное образование с углубленным изучением материаловедения, механики и термодинамики процессов; цифровые компетенции в области CAD/CAM-систем и программного обеспечения для аддитивного производства; технологические знания по процессам лазерного плавления, селективного лазерного спекания и других методов АТ; практические навыки работы с современным оборудованием для аддитивного производства. В результате на выходе мы имеем подготовленного специалиста с техническими, проектными и исследовательскими компетенциями.

Промышленные предприятия Татарстана используют аддитивные технологии, а как выглядят исследования в этой области, и кто их осуществляет?

Основными направлениями исследований для всех предприятий являются: оптимизация параметров работы установок АТ; разработка новых порошковых материалов и технологий их производства; разработка и модернизация технологий постобработки изделий; создание отечественного ПО. Эти направления исследований позволяют

сократить сроки разработки продукции, оптимизировать производство и повысить конкурентоспособность предприятий республики на рынке.

В Республике Татарстан целевыми исследованиями в области аддитивных технологий активно занимаются Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева — КАИ (КНИТУ–КАИ), Казанский федеральный университет, Альметьевский государственный технологический университет «Высшая школа нефти» при активной поддержке Академии наук Республики Татарстан и Министерства промышленности и торговли Республики Татарстан.

Есть ли в республике разработки в аддитивной сфере, которые можно было бы назвать прорывными?

Отвечу как заведующий кафедрой лазерных и аддитивных технологий КНИТУ–КАИ о результатах своего коллектива. На кафедре разработаны технологическая установка и набор отработанных технологий для плазменной обработки порошков для аддитивных производств. Установка позволяет довести до премиум-класса любые порошковые материалы, используемые в аддитивных производствах, в том числе тугоплавкие металлы и керамику, практически стопроцентную регенерацию использованного порошка, а также синтезировать градиентные частицы типа «ядро — оболочка».

Разработан новый способ электролитно-плазменной обработки изделий сложной геометрии с внутренними полостями и каналами, создан прототип промышленной установки, реализующей эту технологию.

Совместно с РФ ЯЦ-ВНИИЭФ ведутся работы по созданию нового вида сопла для прямого выращивания сверхтонких конструкций и разработан программный комплекс «Виртуальный принтер» для многомасштабного

моделирования изготовления изделия на всех этапах аддитивного производства.

Не нам судить, насколько к этим разработкам можно применить термин «прорывные», но у нас есть уверенность, что все эти работы находятся на уровне технологического лидерства, не уступая лучшим мировым аналогам.

Есть книги и публикации по аддитивным технологиям, а достаточно ли в вузовских лабораториях оборудования, чтобы гармонизировать теорию и практику? Помогают ли в этом индустриальные корпорации?

Кафедра лазерных и аддитивных технологий КНИТУ-КАИ обладает оборудованием, охватывающим весь производственный цикл аддитивного производства, — от подготовки сырья до постобработки готового изделия. С третьего курса студенты проходят практику и курсовые работы на реальном оборудовании для реальных задач производства.

В рамках программы передовых инженерных школ при поддержке Республики Татарстан на базе нашей кафедры создается Центр аддитивных технологий (ЦАТ), оснащенный всем перечнем самого современного оборудования.

Для аддитивной отрасли проблема инженерных кадров усугубляется тем, что сама отрасль молодая, бурно развивающаяся. Как реагирует на эти вызовы высшая школа республики?

Действительно, проблема кадров для аддитивной промышленности остро ощущается не только в нашей республике, но и в других регионах России. Работа в этом направлении в стране и в Татарстане разворачивается. Однако систематизация подготовки кадров для бурно нарождающейся аддитивной отрасли, с нашей точки зрения, требует отдельной специальности по направлению «Аддитивные технологии» с отдельным образовательным стандартом. Хорошо, что сегодня эта работа начата Министерством науки и высшего образования РФ.

Помогает ли государство в лице республиканских властей усилиям науки и системы образования в продвижении аддитивных технологий?

Однозначно да. Развитию и внедрению аддитивных технологий в региональную экономику помогают все — от раиса Татарстана, профильного Министерства промышленности и торговли, Академии наук РТ до самих предприятий, которые все яснее видят невероятный потенциал этих технологий. В Казани регулярно проводятся форумы и мероприятия, посвященные аддитивным технологиям. В частности, совсем недавно у нас завершился форум по металлообработке, в котором очень серьезно были представлены аддитивные технологии.

Использованы фотографии Академии наук РТ и Госкорпорации «Росатом»



Помощник Раиса РТ Альберт Гильмутдинов и президент Академии наук РТ Рифкат Минниханов в Центре аддитивных технологий госкорпорации «Росатом» в Москве



Научно-практический семинар «Лучшие практики разработки и внедрения аддитивных технологий». г. Казань, 2024 г.



Секция «Аддитивные технологии: от прототипирования к серийному производству в Республике Татарстан» на форуме «ТЕМП-2025»

Аддитивное мышление закладывается с молодости

Мы неоднократно писали про инициативы казанского «Дома занимательной науки и техники». Здесь погружаются в научные изыскания, увлекаются и интересуются физическими процессами, мечтают в космических масштабах, берутся за сложные проекты, проводят запоминающиеся праздники. О развитии подрастающего поколения, о выборе аддитивных технологий в качестве драйвера для детского развития, о слаженной работе команды, текущих делах и планах на будущее рассказал Дмитрий Иванов, генеральный директор центра, руководитель Центра высоких технологий АЛГА.



Ваш центр науки и творчества имеет широкую тематическую направленность. Почему такое внимание к аддитивным технологиям (АТ)?

«Дом занимательной науки и техники» создавался как генератор положительных изменений в обществе и как необычное место, где взрослые и дети могут непосредственно прикоснуться к самым различным технологиям и материалам, меняющим жизнь человека, способствующим развитию новых возможностей для творчества и производства. АТ, которыми мне пришлось много лет заниматься профессионально, прочно вошли в основу новой промышленности, которая формируется очень быстро во всем мире, однако в России не развивалась в должной динамике, и поэтому мы решили обратить на нее особое внимание, показывая нашим посетителям реально напечатанные демонстраторы технологий, объясняя понятным языком, «как это работает».

В нашей коллекции сейчас более 22 технологий и 43 материалов, от титана и бетона до керамики и воска, многие демонстраторы имеются в России в единственном экземпляре и тем особо ценны. Посетители нашей выставки в «Доме занимательной науки и техники» и мероприятий на выездных площадках в других городах, а также участники нефтегазовых форумов в Казани, взрослые инженеры и научные сотрудники, неоднократно переживали момент истины с нашими напечатанными образцами в руках, понимая, что такое АТ и где можно применить эти технологии в реальных отраслях. Мы рады, что благодаря и нашей работе аддитивные технологии стали развиваться и внедряться в России и в Татарстане более активно, в свою коллекцию мы регулярно получаем демонстраторы первой печати на принтерах, которых становится все больше в республике.

Аддитивные технологии подходят для раннего детского развития?

Да, мы видим на практике ежедневно, что АТ интересуют детей, они тянутся к этой новой области знаний и умений человека буквально своими руками.

Через различные форматы работы мы проводим самую эффективную, раннюю профориентацию подрастающего поколения, целенаправленно работая с детьми в возрасте от 5 до 12 лет, когда ребенок еще сам активно хочет познать новое и впитывает эти знания, как губка, самым натуральным способом.

Держа в руках образец тазобедренного сустава, напечатанный из титана, он понимает, что эта напечатанная на лазере или электронном луче деталь реально помогает человеку вновь обрести возможность ходить, и прикладывает это знание к своей будущей жизни и возможной карьере. Только в непосредственном контакте с технологией можно понять, чем она отличается от традиционных и в чем ее главные преимущества и уникальные возможности, а это и есть то самое аддитивное мышление, и чем раньше мы начинаем работать с человеком, тем лучшие результаты мы получим в перспективе, мы ежедневно создаем задел на многие годы.

Часто мы говорим нашим промышленным партнерам, что сотрудничать с «Домом занимательной науки и техники» очень выгодно, потому что мы готовим для вас либо будущего ценного высококвалифицированного сотрудника (которых всегда не хватает), либо такого же мотивированного заказчика в будущем.

У вас есть отбор детей для АТ-направления? Всем ли дано мыслить аддитивно?

Какого-то специального отбора мы пока не ведем, стараемся сеять семена аддитивных технологий как можно шире, мы не знаем, кто из наших посетителей в дальнейшем станет создателем нового принтера, придумает необычное применение для печати, научится печатать стеклом или алмазами, сосканирует уникальное крыло бабочки и успешно решит задачу создания покрытия, которое увеличит циклическую прочность напечатанной детали в сотни раз.

Благодаря природному природному любопытству и восприимчивости детей первый шаг к познанию им сделать проще, а осваивать АТ надо всем, это знание и прак-

тические навыки должны войти и уже входят в копилку обязательных умений образованного человека XXI века.

Какие проекты и программы по АТ вы реализуете?

Уже более трех лет в Казани в ежедневном режиме успешно работает первая в России, да и в мире, интерактивная выставка АТ для детей и взрослых «Удивительный мир 3Д-печати», она пользуется большим интересом и уже неоднократно выезжала на площадки в других городах, привлекала внимание очень серьезных посетителей нефтегазовых форумов, которые каждый год проходят в Татарстане.

Мы очень рады, что специалисты центра принимали участие в проекте печати из бетона самого большого в мире здания общественно-культурного центра «Мелля» (1605 м²), который в мае этого года был введен в строй в поселке Мальбагуш в Татарстане.

В настоящий момент мы разрабатываем новую эффективную ознакомительную программу по АТ для специалистов различных отраслей промышленности, а также программы для использования принтера в классах школы и в самой обычной семье.

Сколько детей проходит через центр в месяц?

В месяц через казанский «Дом занимательной науки и техники» проходит до 5 000 детей и родителей, в прошлом году увидело выставку в различных форматах около 45 000 будущих аддитивщиков.

Как зацепить ребенка, чтобы он выдал положительную эмоцию?

Сначала нужно ребенка удивить, чтобы он забыл о гаджетах и переключился в режим восприятия и познания, а вот уже сам процесс познания обладает свойством генерации положительных эмоций, причем «ребенку» может быть и 55 лет!

Каким требованиям должно удовлетворять оборудование и программа для детей?

В идеале мы хотели бы показывать, что называется, живьем все основные технологии печати: от лазерной печати порошками металлов до керамики, надеемся, что



такое оборудование вскоре будет доступно для нашей работы. Огромное впечатление произвел на взрослых посетителей нашего стенда на выставке TatOilExpo-2024 настоящий, самый большой принтер в линейке от наших партнёров из Санкт-Петербурга — компании «Лазерные системы». Процесс металлической печати многие инженеры и руководители предприятий отрасли увидели своими глазами именно на нашем детском стенде, взяли в руки образцы настоящих деталей, задумались о применении в своих изделиях.

Для детей важно увидеть настоящие технологии, способные производить дельные вещи, полезные людям, они хотят узнать и примерить на себя истории успеха, задуматься о будущем, которое уже наступило.

Развивая детей, развиваете родителей?

Каждый день без выходных уже более двенадцати лет к нам приходят дети с родителями, и мы видим, какое богатое общение складывается в семье, как отступают проблемы, глаза загораются, и это все имеет долгосрочное влияние, как я уже говорил, проект задумывался как генератор положительных изменений, в том числе и в каждой семье. Многие семьи стараются к нам приходить почаще, несколько раз в год, и мы этому безмерно рады!



Кто помогает вашему центру жить и развиваться?

Наш центр в первую очередь существует за счет неравнодушных родителей, которые приходят к нам в гости с детьми, мы благодарны туристическим компаниям, которые привозят к нам группы детей и взрослых из многих городов России, а география наших гостей охватывает всю нашу огромную страну, от самых восточных до самых западных границ.

Неоднократно поддержку нашей работе оказывал раис Республики Татарстан, за что мы ему очень благодарны. Рустам Нургалиевич Минниханов как-то сказал, что мы без пафоса занимаемся важной государственной работой в деле воспитания нового поколения инженеров и ученых.

Очень важна поддержка промышленных партнеров, с энтузиазмом воспринимающих наши задачи и идеи, многие экспонаты и образцы в нашей аддитивной коллекции появились благодаря нашим друзьям из промышленности и технических университетов: «Лазерные системы», «3DLAM», «Триангулятика», «АБ Универсал», «AM.Tech», «3Д Вижн», «Цветной мир», Центр цифровых технологий, «ЦТКАТ», «АВИ Металл 3Д», «КНИАТ», «Металл-Спринт», «Воплощение», SIU System, «Иннфокус», «3D4Art», «ПНИПУ», Высшая школа нефти и многих-многих других.

Есть ли другие подобные центры в Республике Татарстан?

Мы являемся частью большой образовательной системы, наверное, как частная инициатива увлеченных людей мы наиболее гибкая и отзывчивая на вызовы времени ее часть. Мы не только работаем в особом формате, выполняя важнейшую роль мотиваторов к процессу получения знаний в обычной школе, но и являемся третьим местом силы кроме семьи и школы, где активно формируется мировоззрение как детей, так и родителей. Мы рады, что в Татарстане успешно работает еще один интерактивный центр «Альметрика» в Альметьевске, мы не только участвовали в процессе его формирования, но и много лет дружим и проводим совместные программы.

Расскажите о вашей команде.

У нас за многие годы работы сложилась уникальная команда неравнодушных людей, целенаправленно и профессионально работающих в очень нелегком деле трансформации сознания и повышения мотивации к изучению математики, физики, химии и других естественно-научных предметов через необычный процесс познания нового. Этому не учат в вузах, поэтому каждого сотрудника мы готовим сами, и для многих работа в команде «Дома занимательной науки и техники» стала поворотным пунктом в жизни или трамплином в развитии дальнейшей карьеры. А еще у нас кто-то нашел свою половинку, и мы рады были недавно праздновать еще одну свадьбу прекрасных людей, которые нашли друг друга в нашем коллективе!

Особая статья сотрудников — это дети, которые ходили к нам в гости, а теперь выросли и сами пришли работать вместе с нами. Теперь осталось дожидаться в гости их детей, и за судьбу «Дома занимательной науки и техники» можно будет не переживать: как говорят наши коллеги, трудно только первые тридцать лет!

Какие у вас планы на ближайшее будущее?

Мы активно работаем над созданием нового цикла программ для регулярного ежегодного посещения нашего центра классами из школ, чтобы мы могли за руку провести детей по ступеням познания. Кроме того, мы работаем над новыми программами как для уже успешно работающих интерактивных выставок про аддитивные технологии и титан, так и новых экспозиций, посвященных необыкновенным материалам и технологиям.

Какая помощь и поддержка будут полезны, чтобы ваш пилотный проект заиграл яркими красками?

Мы безмерно благодарны нашим промышленным партнерам за оказанную поддержку и надеемся, что в нашей аддитивной коллекции постоянно будут появляться новые демонстраторы технологий, отражающие новые достижения в отрасли.



Нам очень нужны несколько качественно и быстро печатающих FDM-принтеров и компьютеры к ним для создания детской аддитивной лаборатории и проведения ознакомительных семинаров для инженеров и руководителей предприятий в рамках продвижения АТ в максимально большое количество предприятий в Татарстане и во всей России. Очень хотели бы получить в работу лабораторные принтеры, печатающие металлом, керамикой, песком и глиной, — все эти технологии вызывают большой интерес у наших посетителей.

Что нужно сделать, чтобы масштабировать ваш положительный опыт?

Правильно и полезно было бы показать нашу уникальную выставку в максимально большом количестве городов России, везде, где работают наши промышленные партнеры: от Москвы и Санкт-Петербурга до Перми и Воронежа. И не забыть про все остальные города!

Для этого требуется «размножить» нашу выставку и получить необходимые финансовые ресурсы для работы нашей дружной команды с целью эффективного показа выставки школьникам и родителям на протяжении нескольких месяцев, чтобы получить максимальный возможный охват самых широких слоев населения.

А теперь давайте мечтать! Что еще хотелось бы сделать при неограниченных возможностях?

Мы первыми в мире сделали интерактивную аддитивную выставку для детей и взрослых, которую уже посмотрели более ста тысяч человек. Это и много — и безмерно мало в масштабах нашей страны. Поэтому мы мечтаем о том, чтобы у нас появилась возможность и ресурсы продвигать аддитивные технологии в массы в еще больших масштабах, затронуть миллионы людей, пропитать этой технологией и старых, и малых, чтобы она получила достойное развитие и принесла много пользы в России.

Мы стали первым интерактивным научным центром в Татарстане, когда двери «Дома занимательной науки



и техники» открылись в 2013 году. Мечтаем мы о значительном расширении нашего центра, реализации наших проектов, посвященных интересным материалам и технологиям, космонавтике и машиностроению, авиации и подводной технике, искусственному интеллекту и робототехнике, атомной промышленности и медицине, — этот список можно продолжать еще долго. Только в Казани мы могли бы принимать поток до 2,5 миллионов посетителей в год, а в целом в России мы видим потребность в открытии сети из 200 партнерских интерактивных центров, подобных нашему, но непохожих друг на друга, со своими научно-техническими изюминками, работающих в единой идеологии с использованием наших наработок в едином познавательном пространстве. В этом случае, получив такие точки опоры по всей стране, мы сможем перевернуть мир и создать задел для развития в будущем в нашей стране всех критически важных технологий и направлений, конечно, не забывая об аддитивных!



Потенциал высок, возможности реальны

Чем привлекает Республика Татарстан активных, целеустремленных, увлеченных участников аддитивного рынка, как они оценивают продвижение аддитивных технологий в промышленность Республики Татарстан, как влияет региональная инвестиционная среда республики на работу их компаний, редакция журнала «Аддитивные технологии» узнала у ведущих специалистов отрасли.



Михаил Родин,
генеральный директор
НПО «3Д-Интеграция»

Республика Татарстан представляет интерес для участников рынка аддитивных технологий по совокупности факторов, прямо влияющих на экономику проектов и их риск-профиль. В регионе действует устойчивый контур государственной поддержки: совместно с Минпромторгом регулярно реализуются программы субсидий, грантов и льготного кредитования, что снижает входные барьеры и риски при запуске НИОКР и

модернизации производства. Дополнительно работают инструменты налоговых и таможенных преференций на территориях с развитой инженерной инфраструктурой (включая «Иннополис» и ОЭЗ «Алабуга»), что ускоряет ввод мощностей, сокращает срок выхода на рынок и совокупную стоимость владения.

Существенным конкурентным преимуществом является кадровая и научно-образовательная база: университеты, исследовательские центры и лаборатории аддитивных технологий формируют устойчивый поток инженерных кадров и площадку для совместных исследований, испытаний и доводки технологий и материалов. Для компаний ранних стадий доступен контур финансирования инноваций — в республике функционирует инвестиционно-венчурный фонд и профильные программы, помогающие ускорить выход на рынок и масштабирование разработок при соблюдении установленных критериев и процедур комплаенса.

Практическая экосистема внедрения включает демонстрационные площадки, где возможно пилотирование, сравнение технологий и подтверждение эффективности для заказчиков, что сокращает цикл принятия решений на стороне промышленности. Дополнительно действует государственная политика локализации и импортозамещения: проекты, снижающие зависимость от импорта и соответствующие приоритетам стандартизации, получают преференциальную поддержку.

Региональная инвестиционная среда Республики Татарстан оказывает позитивное влияние на деятельность НПО «3Д-Интеграция». В республике сформирован комплекс мер поддержки высокотехнологичных предприятий. Благодаря этим условиям НПО «3Д-Интеграция» получает возможности для ускоренного внедрения собственных решений в промышленность, расширения географии проектов и снижения зависимости от импортных технологий.



Ольга Оспенникова,
исполнительный директор
Ассоциации развития
аддитивных технологий

Рынок аддитивных технологий развивается достаточно стремительно, и по итогам 2024 года его объем в России превысил 18 млрд руб. Республика Татарстан, в свою очередь, один из наиболее развитых в экономическом отношении регионов России. Республика расположена в центре крупного индустриального района Российской Федерации, на пересечении важней-

ших магистралей, соединяющих восток и запад, север и юг страны. Около 45% валового регионального продукта (ВРП) республики приходится на промышленный сектор, а в структуре местной промышленности обрабатывающие производства занимают более 70%, что говорит о том, что потенциал внедрения аддитивных технологий в регионе очень заметный.

Аддитивные технологии уже нашли применение на ключевых предприятиях РТ. Так, например, компания «КАМАЗ» использует технологию Binder Jetting для изготовления песчаных литевых форм. С применением этой технологии на предприятии изготавливают литейные стержни для производства автоматических коробок передач, которыми оснащаются автомобили поколения K5. Также осуществляется 3D-печать мелкосерийными партиями, поступают заказы на стальное и цветное литье. По данным компании, время изготовления новой оснастки и деталей значительно уменьшилось.

Казанский вертолетный завод применяет технологии SLM и SLS. С их помощью создаются чаши гидроблоков, различные крепления, элементы воздухопроводов и т.д. Снижение массы деталей в ряде случаев достигает 55%, что критически важно для летательного аппарата.

Мощный импульс продвижению аддитивных технологий в республике придал строительный сектор. Возведенный с помощью аддитивных технологий общественно-культурный центр «Мелля» стал самым высоким зданием, напечатанным на строительном 3D-принтере. Это уникальное достижение позволило республике ярко заявить о себе в Книге рекордов России.

Хороший задел есть, и усилия развивать успех тоже очевидны.



Артем Лобач,
технический директор,
совладелец компании
«ОНСИНТ»

Татарстан сегодня — один из немногих регионов, где инновации не просто декларируются, а внедряются. Здесь сильная промышленная база, развитая инновационная инфраструктура и открытость власти к новым технологиям. Для специалиста это редкая возможность работать в точке пересечения науки и производства.

Татарстан — регион, где промышленность готова к эксперименту. Здесь есть доступ к производственным партнерам, инженерным школам и реальной поддержке государства. Это уникальное сочетание делает Татарстан площадкой, где новые технологии можно внедрять, а не только обсуждать.

Темпы и качество продвижения аддитивных технологий в РТ впечатляют. Регион системно развивает направление — от подготовки кадров до внедрения пилотных проектов. Аддитивные технологии сокращают сроки проектирования, снижают издержки и позволяют производить сложные детали локально. Это прямое усиление конкурентоспособности, особенно для машиностроения и автопрома, где Татарстан традиционно силен.

Инвестиционный климат в республике очень привлекательный. Татарстан предлагает механизмы поддержки и реально работающие институты развития. Поддержка инновационного бизнеса здесь не формальная — это реальный инструмент. Благодаря такой поддержке компании могут быстрее переходить от идеи к промышленному решению. Для технологических компаний это редкое сочетание стабильности и скорости принятия решений.

Татарстан не догоняет, а задает темп — именно поэтому мы решили развивать здесь партнерство и локальные проекты. Мы подписали соглашение с технопарком «Идея» — ключевым центром инноваций Татарстана — и отмечаем, что диалог с властями и технопарками здесь выстраивается быстро и по существу. Мы совместно развиваем проекты в сфере реверсивного инжиниринга, пилотные площадки и исследовательские направления для автопрома.

Для молодых специалистов и начинающих предпринимателей в сфере аддитивных технологий это регион возможностей. Молодые инженеры и стартаперы получают не только среду для роста, но и реальные инструменты — лаборатории, гранты, партнерства с промышленностью. Очень приятно, что меры поддержки Татарстана могут смело конкурировать с мерами поддержки Москвы в этой области.



ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА



- ◆ Установки для сбора металлических порошков
- ◆ Установки для просеивания металлических порошков

- ◆ Установки для очистки деталей от порошка
- ◆ Взрывозащищённые пылесосы

www.a-tekh.ru
• info@a-tekh.ru
• +7 495 152-03-73



Юлия Хантимерова,
руководитель отдела
аддитивных технологий
ООО «Казанский
агрегатный завод»

В нашем регионе формируется по-настоящему живая и привлекательная экосистема: здесь выстроена цепочка от фундаментальной науки до серийного производства. Молодые специалисты и студенты вовлекаются в процесс с самого начала: организована выставка, и проводятся мастер-классы в «Доме занимательной науки и техники»; научные организации, в первую очередь Академия наук РТ и профильные вузы (КФУ, КНИТУ–КАИ, КГЭУ), работают в тесной связке с производством, генерируя решения для реальных задач. Есть возможность получить поддержку от Инвестиционного фонда РТ, инфраструктура (технопарки, ОЭЗ «Алабуга») обеспечивает условия для масштабирования. Комитет по аддитивным технологиям при Промышленном кластере РТ помогает выстраивать кооперацию.

Этот синергетический подход дает результат — все больше предприятий, включая наш завод, переходят от прототипирования к реальному использованию аддитивных технологий в серийном производстве. Помимо этого, мы разработали собственный промышленный принтер, адаптированный под нужды нашего предприятия.

Уверена, что именно возможность работать с передовыми технологиями на стыке науки и производства делает Татарстан таким привлекательным для молодых специалистов. При сохранении динамики у нашего региона есть все шансы стать ведущим центром аддитивных технологий в России, где вырастет новое поколение инженеров-новаторов.



Айбулат Хайруллин,
директор
ООО «Аддитив Интегро»

Республика Татарстан — один из ведущих производственных центров нашей страны, где уделяют большое внимание развитию аддитивных технологий на всех уровнях. Аддитивные технологии позволяют решать задачи по производству уникальных изделий, по сокращению издержек производства, снижению сроков производства и реализации продукции и т.д. и постепенно внедряются как на крупных производствах, так и в домашних мастерских. При большом сосредоточении в РТ ведущих авиа- и машиностроительных предприятий перед вузами республики стоит серьезная задача подготовки молодых специалистов для сферы аддитивных технологий, понимающих основы сопромата, математического моделирования и материаловедения. Выпускники, получившие диплом по

данной специальности, видят в данных знаниях возможность находиться на острие прогресса, быть успешными в профессии, конкурентоспособными на рынке труда, иметь достойную заработную плату.

Огромную роль в развитии аддитивных технологий играют представители малого и среднего бизнеса. Они следят за последними новостями и примерами внедрения АТ на передовых зарубежных производствах; находят в применении АТ исключительную экономическую эффективность; несмотря на трудности, проводят инженерные изыскания; предлагают потенциальным заказчикам нетиповые решения типовых проблем.

Что касается инвестиционной среды, она благоприятная как для государственных, так и для частных инвестиций. Однако, на мой взгляд, для получения максимальной выгоды от применения АТ необходима комплексная работа и регулярное общение представителей власти, университетов и представительной бизнеса всех уровней.



Сергей Сарапулов,
директор
ООО «Воплощение»

Татарстан в целом и Набережные Челны в частности — родина российского автомобилестроения. Это сотни действующих предприятий машиностроительной отрасли. И данная среда формирует инженеров, людей с техническим складом ума, к которым отношусь и я. То есть сама промышленная среда региона стала базой для появления идеи создания нашего нового аддитивного обо-

рудования — пятиосевого 3D-принтера. Реализация проекта потребовала набора различных компетенций в областях конструирования машин, разработки электроники, написания программного кода. И все их мы смогли найти в Татарстане.

Не могу сказать, что Татарстан находится в лидерах по внедрению аддитивных технологий, однако, руководство республики осознает значимость данной отрасли и принимает меры для ее развития в регионе. Проводятся тематические мероприятия: выставки, семинары, круглые столы. Ведется просветительская деятельность с целью формирования аддитивного мышления как у молодых специалистов, так и у специалистов, занятых в традиционном производстве. В вузах и учреждениях среднеспециального образования вводятся дисциплины, посвященные аддитивным технологиям. Все это вселяет надежду на их широкое распространение во благо промышленности.

На нашу компанию инвестиционная среда повлияла напрямую — ООО «Воплощение» является портфельной компанией Инвестиционно-венчурного фонда Республики Татарстан. Данный институт поддержки инноваций помог нам реализовать бизнес-идею, поддержал на самых ранних стадиях в тот период, когда мы еще не имели продукта и не могли заинтересовать инвесторов.

МОБИЛЬНЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ 3D-ПРИНТЕРЫ



Rogue



<https://rogue3dprinter.com/>

КРАСОТА ФОРМ. СОВЕРШЕНСТВО ФУНКЦИЙ.



Самое большое в мире здание, напечатанное на 3D-принтере, расположено в Татарстане



Раис Республики Татарстан Рустам Минниханов и глава Азнакаевского района Марсель Шайдуллин.
Фото: пресс-служба Раиса РТ



Генеральный директор компании «Татнефть» Наиль Маганов. Фото: пресс-служба ПАО «Татнефть»

22 мая в селе Мальбагуш Азнакаевского района состоялось торжественное открытие общественно-культурного центра «Мелля» с участием Раиса Татарстана Рустама Минниханова и представителя инвестора — генерального директора ПАО «Татнефть» Наиля Маганова.

Это самое большое по площади здание в мире, при строительстве которого применена 3D-печать. В Книге рекордов России оно отмечено как самое высокое, напечатанное на строительном 3D-принтере. Высота здания — 10,1 м, общий объем 3D-печатных стен — 1069 кв. метров, для строительства использованы 440 тонн специализированной 3D-печатной смеси, более 6 км арматуры и более 4200 кв. метров композитной сетки. Это первый в России крупный объект, при возведении которого использовалась 3D-печать, прошедшая официальную экспертизу. Технологию успешно применили студенты Альметьевского политехнического техникума, прошедшие обучение на операторов строительного 3D-принтера.

Пространство центра предлагает сельским жителям современные условия для работы и отдыха. В центре расположены: многофункциональный зал с мультимедийным оборудованием, библиотека, почтовое отделение, фельдшерско-акушерский пункт, спортзал, пожарное депо.

Глава Республики Рустам Минниханов высоко оценил новый комплекс, отметив, что здесь предусмотрено все для комфорта сельчан. Глава Азнакаевского района Марсель Шайдуллин поблагодарил руководство республики и нефтяников Татарстана за поддержку в реализации данного важного для населения проекта.



Рустам Минниханов вручает благодарность представителю застройщика — генеральному директору 3D4Art Роману Павленко.
Фото: пресс-служба Раиса РТ



Студенты колледжа — операторы 3D-принтера, участвовавшие в строительстве. Фото: Дмитрий Иванов



Центр «Мелля» как источник вдохновения.
Фото: Дмитрий Иванов

Было много сложностей и вопросов, которые ранее не решались

О том, как создавался уникальный центр «Мелля» в Мальгабуше, рассказал генеральный директор 3D4Art Роман Павленко.

Общественно-культурный центр «Мелля» — это проект компании «Татнефть», выполненный методом строительной 3D-печати. На текущий момент времени это самое большое 3D-напечатанное здание в мире. Его площадь составляет порядка 1600 квадратных метров по пятну застройки: длина стен — 40×40 метров. Под это здание специально дорабатывались 3D-принтеры компании AMT S-300. Одновременно на площадке работало три строительных принтера. Высота стен достигала 10 метров. На текущий момент это единственное здание в России, которое прошло госэкспертизу как 3D-напечатанное. Достаточно часто приходится слышать вопросы или утверждения о том, что в нашей стране отсутствует нормативная база для возведения зданий методом строительной печати. Но это не совсем так, потому что, по сути, технология не так много привносит нового. Все, что делает строительный принтер, это печать несъемной опалубки, которая потом, как правило, заполняется легкими бетонными элементами либо в рамках этой несъемной опалубки создаются какие-то конструктивные элементы, несущие нагрузку в соответствии с тем проектом, который разработан.

Также для этого здания мы специально локализовали производство специализированной строительной смеси для 3D-печати. Причем использовались в том числе растительные компоненты, экологические материалы. Бетон, которым выполнялась печать, содержит волокна растения мискантус. Несколько вариаций такого состава пробовали в процессе выполнения ОКР. Для 3D-печати было использовано почти 500 тонн такой смеси. Наполнение стен осуществлялось в основном пенобетоном, но часть стен наполнена кастробетоном с добавлением конопля. Были еще элементы из полистиролбетона.

Для 3D-печати это был достаточно масштабный проект. Хотя, конечно, если брать классическую стройку, ничего особенного в габаритах здания нет.

Работа по 3D-печати велась в две смены. Соответственно, необходимо было подготовить несколько бригад операторов. На рынке таких сотрудников не было. Поэтому был организован учебный цех в городе Альметьевск, приглашены студенты местного политехнического техникума со строительного и механического факультетов — те, кому к моменту начала учебы исполнилось 18 лет. Необходимо было произвести аттестацию рабочих мест, определиться с тем, какими навыками, знаниями должны обладать строители здания, потому что официально такие здания у нас ранее не возводились. Несмотря на то, что компания 3D4Art ранее уже выполняла строительную печать, например, здания за полярным кругом для «Газпрома», но оно не возводилось именно как 3D-напечатанное и не являлось таким крупным общественным центром.

В ходе обучения было подготовлено 28 специалистов, из них отобрали восемнадцать, которые потом и взяли на себя основную роль по печати, или возведению здания. По сути, это были первые массовые курсы с прохождением обучения на реальном строительном 3D-принтере, который потом был перемещен на площадку, с реальным последующим трудоустройством и с выдачей свидетельств государственного образца как операторам строительного 3D-принтера. Была разработана учебная программа, которая включала в себя не только практику работы с принте-



Оборудование

1. Строительные 3D-принтеры — AMT
2. Система подачи смеси — PFT, PowerMix
3. Система подготовки и наполнения стен пенобетоном — AMT, Personiya, Robus
4. Электричество
5. Водоподготовка
6. Освещение

Рис. 1. Задействованное оборудование

ром, но и практику заполнения стен пенобетоном, работу с другими необходимыми механизмами и агрегатами на площадке и теоретическую базу, необходимую для того, чтобы выдать соответствующие свидетельства.

Конечно, такое большое здание невозможно было напечатать целиком. На первом уровне было 9 площадок печати так называемых захваток, также 9 площадок печати располагалось на втором уровне. Третий ярус меньше, и его решили целиком напечатать как prefab в условиях местного цеха.

Учитывая размеры площадки и то, что принтеры нужно было переставлять по определенной разработанной конфигурации, сборка принтеров для печати на втором ярусе производилась с разной высотой стоек: 12 метров

вне здания и 6 метров на крыше. В дальнейшем компания AMT по итогам совместной работы выпустила принтеры С-400. Их усиленная конструкция имеет определенные нюансы, которые связаны с печатью в стесненных условиях и на большей высоте.

Как системы подачи использовались штукатурные станции компаний PFT и Powermix. Для наполнения стен, а это в общей сложности порядка тысячи кубических метров, которые нужно было за сезон заполнить, использовалась связка оборудования подготовки и наполнения стен компаний AMT, Personiya, Robus. Также достаточно много было выполнено специфических работ, связанных с обеспечением всего этого комплекса электричеством, водоподготовкой. Освещение площадки осуществлялось с учетом изменения конфигурации площадок печати. Работа шла в две смены, но, по сути, круглосуточно.

Строительную смесь под этот проект разрабатывали специально. Компания Cemix поставляла белый цемент. Мы печатали архитектурным бетоном, который в дальнейшем планировалось покрыть гидрофобизатором и не окрашивать дополнительно. Мискантус представляла компания «Первый питомник». Для подготовки пенобетона напрямую работали с компанией «Цементум». Была подобрана соответствующая марка цемента, которая наилучшим образом повела себя с точки зрения необходимой скорости схватывания и поддержки плотности. Специально для этого здания была проведена работа с компанией Litsil, были доработаны материалы, которыми выполнялось покрытие стен: замедлитель схватывания, упрочнитель, гидрофобизатор. Также в процессе печати стен использовалась композитная арматура (более 6000 м композитной арматуры, 4200 м² композитной сетки). Композитная арматура и композитная сетка поставлялись «Производственным объединением ГСКА».

Надо сказать, что реализации проекта предшествовали НИОКР, в которых были опробованы различные варианты конфигурации возведения железобетонных колонн и реализации различных вариантов оконных блоков, четвертей. Данные исследования были использованы при подготовке проекта архитектурным бюро «Парсек».

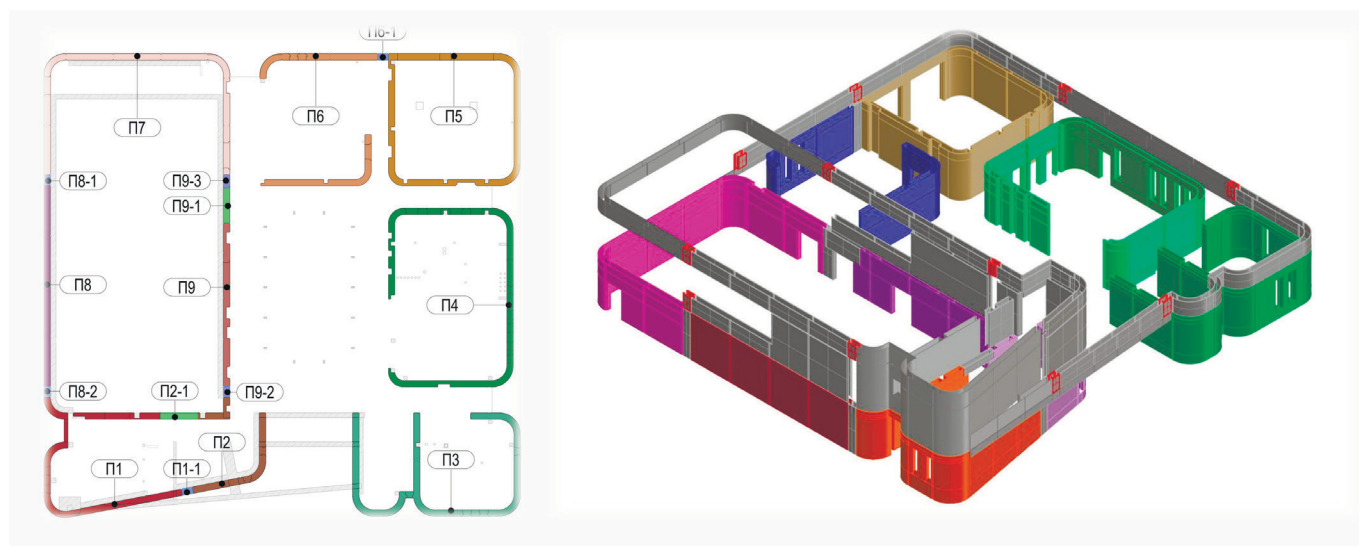


Рис. 2. Модель и площадки печати

Международный прецедент



Рустам Минниханов вручает благодарность руководителю портфеля проектов социального строительства УРПС ПАО «Татнефть» Алексею Деревянкину.
Фото: пресс-служба Раиса РТ

Выступая на конференции 3DMIX-2025 с докладом «"Мелля" — там, где будущее уже наступило», **Алексей Деревянкин**, руководитель портфеля проектов социального строительства «Татнефть», отметил уникальность здания и заложенных при его строительстве решений.

«Татнефть» использует самые прогрессивные разработки, в том числе и в строительной отрасли, уделяя особое внимание высоким критериям безопасности и надежности.

«Мелля» — это еще один из объектов, построенный компанией «Татнефть» по программе «На благо людей».



«Важнее всего люди», — считает **Константин Костюк**, наставник операторов в Альметьевском политехническом колледже.

Проект «Мелля» — достаточно смелый. В нем сочетаются традиционное строительство с новыми технологиями 3D-печати. Для села Мальбагуш это возможность прикоснуться

к самым передовым технологиям и пользоваться ими чаще, чем жители крупных городов. Общественно-культурный центр «Мелля» сочетает в себе стиль, удобство и практичность. Он отлично показывает подрастающему поколению пример, где фантастическое будущее становится реальностью.

Проект принес нам всем много практических навыков, но самое главное — это понимание того, что любой проект держится на людях. Важнее всего люди, которые берутся за сложные задачи и, учитывая все препятствия, быстро ориентируются, используют накопленные знания и доводят любое дело до конца.



Александр Маслов, CEO, группа компаний АМТ.

Компания 3D4Art является одной из первых и самой большой компанией, активно эксплуатирующей строительные принтеры бренда АМТ. Роман Викторович Павленко уже выполнил несколько флагманских строительных проектов с использованием 3D-печати.

Очень важно, что большая часть этих объектов относится к промышленному строительству, строительству зданий общественно-бытового назначения, которые требуют прохождения госэкспертизы проекта. На основе опыта печати в условиях Крайнего Севера, печати больших объектов в конструктиве принтеров были реализованы новые технические решения. Проект «Мелля» расширил линейку принтеров АМТ — на базе принтеров S300-2 по техническому заданию компании 3D4Art была разработана серия с увеличенной по высоте областью печати S400. Сейчас принтеры серии 400 прошли сертификацию и выпускаются серийно.

Концептуально мы всегда были ориентированы на эксплуатацию объектов, построенных нашими принтерами. Оборудование должно реально работать. И мы следуем этой установке от самого первого дома, напечатанного в Ярославле в далеком 2015 году, поставленного на кадастровый учет и поныне используемого по назначению, до масштабного во всех смыслах общественно-культурного центра «Мелля».

Для компании АМТ, производителя оборудования, любая практическая реализация — очередная ступень в развитии, модернизации оборудования. Каждый напечатанный объект говорит о его работоспособности, рентабельности строительной 3D-печати. Принтеры в нашем понимании должны быть простыми, надежными, ремонтнопригодными. Обратная связь с застройщиками — эксплуатантами принтеров дорогого стоит, именно отзывы строителей позволяют корректировать конструктив принтера, программное обеспечение, подходы к эксплуатации и регламентному обслуживанию.



Фото: 3D4Art

Как снизить себестоимость и повысить качество изделий в 3D-печати: методы, которые реально работают



Сегодня 3D-печать перестала быть демонстрацией технологий и стала промышленным инструментом. Но вместе с ростом спроса усилилось главное противоречие рынка: заказчики требуют снижать стоимость изделий, но при этом повышать их качество и срок службы. Большинство производств пытаются решить эту задачу за счет экономии на материалах или кадрах — и закономерно проигрывают на браке, рекламациях и потере доверия. Практика промышленного производства методами 3D-печати показывает: экономика аддитивных технологий — это не игра с ценой, а инженерная дисциплина. Именно такой подход и стал основополагающим при организации производственных процессов на Фабрике братьев Просвирниных — крупнейшем игроке рынка серийной 3D-печати в России.

С 2015 года Фабрика братьев Просвирниных развивает аддитивные технологии на площадке технопарка «Строгино» в Москве. Сегодня предприятие является крупнейшей производственной фермой 3D-печати в России: свыше 1000 принтеров, более 15 000 реализованных проектов, что соответствует более чем 2 миллионам

изготовленных изделий: от дизайнерских объектов до выпуска серийных изделий и инфраструктурных проектов. Такой производственный опыт позволяет основателям фабрики оперировать не теориями, а реальными инструментами оптимизации себестоимости и повышения качества изделий в аддитивном производстве.

Что на самом деле формирует себестоимость

Себестоимость в аддитивном производстве формируется не одним, а совокупностью факторов. Материалы, оборудование, инженерия модели, постобработка, контроль качества, серийность, инфраструктура, кадры и эксплуатационные затраты влияют на итоговую стоимость в комплексе. Отдельно стоит фактор времени: простои и перенастройки немедленно увеличивают затраты.

Главная ошибка рынка — попытка снизить цену за счет одного параметра, например, материалов или труда. Такой путь неизбежно приводит к браку и потере стабильности производства. Эффективная экономика 3D-печати возможна только при системном управлении процессами и инженерном подходе к изделию.

Как снизить себестоимость без потери качества

1. Инженерная оптимизация моделей. На практике снижение себестоимости часто достигается за счет инженерной переработки модели. Анализ конструкции инженерами и технологами позволяет выявить избыточные зоны и перераспределить нагрузку, сохранив функциональность изделия. За счет оптимизации стенок, заполнения и усиления ребрами жесткости себестоимость может снижаться на 30–40%, при этом прочностные характеристики в ряде случаев даже возрастают на 10–20%.

2. Правильный выбор технологии. FDM — не всегда дешевле, SLA — не всегда для красоты, SLS — не всегда самое прочное. В ряде проектов замена технологии SLS на промышленный FDM давала экономию до 55% без потери эксплуатационных свойств. Технологию нужно выбирать не по привычке, а по требованиям изделия.



Фабрика братьев Просвирниных является крупнейшей производственной фермой 3D-печати в России: свыше 1000 принтеров, более 2 млн изготовленных деталей.

3. Управление серийностью. Переход от штучного производства к пакетной загрузке снижает себестоимость на 25%. Такой подход подтвержден выполнением множества серийных проектов на производстве Фабрики братьев Просвирниных, где удалось закрепить стабильный ежедневный цикл в 550–600 изделий.

4. Автоматизация и стандартизация процессов. Стандартизация процессов снижает влияние человеческого фактора и повышает повторяемость результатов. «Производство без регламента — это эксперимент за счет клиента», — говорит **Виталий Просвирнин**.

Качество — тоже экономика

Контроль качества напрямую влияет на себестоимость. Каждый процент брака превращается в прямой убыток предприятию. На фабрике действует многоступенчатая система контроля качества: входной контроль материалов (визуальный, инструментальный: вес, диаметр, стабильность свойств партии), контроль на всех этапах производства (инженерный, производственный, постобработка, упаковка, отгрузка), контроль геометрии и функционала изделий.

Анатолий Просвирнин: «Качество — не результат финальной проверки, а результат правильной организации производства. Если инженерия, технологии и контроль разделены, будет брак. Мы создали производство, где ответственность за изделие несет каждый этап».

Реальные кейсы

Макеты вагонов метро. Для оформления станции «Трубная» в честь 90-летия Московского метрополитена

команда фабрики изготовила крупногабаритные макеты вагонов методом FDM с последующей обработкой и покраской. Управление себестоимостью и сроками выполнения проекта стало возможным за счет технологической сегментации модели и параллельной печати на 240 принтерах.

Промышленный заказ: фиксаторы и корпуса. Серийное изготовление функциональных деталей по требованиям заказчика к геометрической точности и ударной вязкости. Ключ к экономике проекта — минимизация брака и оптимизация конструкции изделий.

Дизайнерские светильники «Победитель» — к 80-летию Победы. Здесь себестоимость определяется не только технологией, но эстетикой тактильными свойствами получаемой поверхности и изделий в целом. Команда братьев объединила в проекте несколько технологий: FDM-печать, литье архитектурного бетона, ручную и автоматическую постобработку и профессиональное лакокрасочное покрытие. Это решение позволило создать изделие с высокой геометрической точностью, сильной патриотической вовлеченностью, глубокой фактурой и визуальной силой. Дизайнерский светильник «Победитель» — не тиражный предмет, а инженерно-художественный объект с идеей и ценностью, что позволяет утверждать: 3D-печать способна формировать рынок предметного дизайна, а не только прототипировать.

Как отмечает **Виталий Просвирнин:** «Невозможно конкурировать только ценой. Конкурировать можно только системой — инженерией, скоростью и надежностью производства. Это наш путь и путь тех, кто строит индустрию в России».



**ФАБРИКА
БРАТЬЕВ
ПРОСВИРНИНЫХ**

Первая и крупнейшая
в России ферма 3Д печати

МЕРИТОГРУПП

QR code and social media handle: @BROTHERS3D

www.MERITOGROUP.RU

Материалы для аддитивных технологий в литейном производстве



Станислав Александрович Лапунин, генеральный директор ООО «ПромХимТех»

Технология Binder Jetting

Наиболее распространенная технология, применяемая в литейном производстве, — послойное выращивание песчано-полимерных форм (*Binder Jetting*). Применение данного метода для литья металлов помимо прямой печати (*Metal Binder Jetting*) возможно в двух вариантах:

1. Изготовление форм из огнеупорного материала, в качестве которого в большинстве случаев используется кварцевый песок.
2. Изготовление полимерной формы для дальнейшего нанесения на нее огнеупорного керамического материала с последующим выжигом полимера.

Технология послойного выращивания песчано-полимерных форм

Описание

Огнеупорный материал (кварцевый песок) смешивается с кислотным отвердителем, затем подается в область построения и разравнивается до слоя нужной толщины. Затем через печатающую систему 3D-принтера наносится связующее, которое при взаимодействии с отвердителем полимеризуется и связывает песок в жесткую структуру. Таким образом послойно формируется песчано-полимерная форма. После окончания процесса печати формы извлекаются из бункера, очищаются от остатков песка, при необходимости покрываются противопожарными и разделительными покрытиями.

Плюсы технологии

1. Скорость печати — современные принтеры оснащаются высокопроизводительными печатающими системами, что позволяет выращивать формы в короткие сроки.
2. Размеры форм — на данный момент на рынке доступны принтеры с размером области печати вплоть до 4000×2000×1000 см, что позволяет печатать достаточно большие формы, а также, при необходимости, возможна печать составных форм.
3. Отсутствие поддержек — поскольку процесс печати идет в объеме песка, нет необходимости печатать дополнительные элементы поддержек криволинейных и наклонных поверхностей форм.
4. Процесс заливки металлов в 3D-напечатанные формы идентичен процессу заливки в стандартные

песчано-полимерные формы, изготовленные по технологии «Фуран-ХТС».

5. Высокая точность построения форм.

Недостатки технологии

1. Низкая газопроницаемость форм — для обеспечения высокой точности построения используется кварцевый песок фракции 016, обладающий низкой газопроницаемостью.
2. Высокая газотворность форм — в процессе печати в качестве связующего на песок наносится фурановая смола в количестве существенно большем, чем при классической формовке по технологии ХТС.
3. Нельзя применять стандартные фенол-формальдегидные связующие, используемые в ХТС-процессах.

Способы устранения недостатков

1. Низкую газопроницаемость необходимо учитывать при проектировании форм, добавляя большое количество каналов для отвода газов при заливке.
2. Для обеспечения приемлемой газотворности необходимо вести печать на минимально возможных дозировках связующего.
3. Для достижения наилучшего результата в части качества изготавливаемых форм, а также продления сроков службы дорогостоящих печатных модулей необходимо использовать специализированные расходные материалы.

Система материалов для печати песчано-полимерных форм от компании «ПромХимТех»

1. Фурановая смола BindEX+ — связующее на основе фурфуроливого спирта, разработанное специально для применения в 3D-принтерах, работающих по технологии Binder Jetting.

Основные свойства:

- Содержание фенола — 0%.
- Содержание азота — 0%.
- Содержание формальдегида — 0%.
- Содержание фурфуроливого спирта — не менее 85%.
- Условная вязкость — не более 12 с по ВЗ-246,
- 4 сопла (динамическая вязкость — 10 мПа*с).
- Плотность — 1,13–1,15 г/см³.
- Содержание твердых включений не допускается.

2. Кислотный катализатор ActivEX+ — отвердитель для фурановых смол на основе сульфоновых кислот.

Основные свойства:

- Плотность — 1,2–1,25 г/см³.
- Содержание серной кислоты — не более 3%.
- Общая кислотность — не менее 70%.
- Стабильность в диапазоне температур — от –15 до +30 °С.

3. Очиститель CleanEX+ — очиститель, совместимый со связующим BindEX+.

Основные свойства:

- Плотность — 0,9–1,1 г/см³.
- Отсутствие твердого осадка при взаимодействии со связующим BindEX+.
- Высокая эффективность по растворению связующего BindEX+.
- Отсутствие в составе спиртов — нет рисков повреждения (отклейки) печатающих модулей.

Система материалов «ПромХимТех» совместима со всеми типами песчано-полимерных принтеров, представленных на российском рынке, и успешно применяется большинством предприятий, внедривших технологию Binder Jetting в производственный цикл.

Технология послойного выращивания полимерных мастер-моделей

Описание

Полимерный материал на основе полиметилметакрилата подается в область построения и разравнивается до слоя нужной толщины. Затем через печатающую систему 3D-принтера наносится связующее, которое связывает полимер в жесткую структуру. Таким образом послойно формируется полимерная модель. После окончания процесса печати модели извлекаются из бункера, очищаются от остатков полимерного порошка и покрываются воском. После сушки модели покрывают специализированным связующим, содержащим огнеупорные наполнители, и помещают в печь для выжигания полимера и закалки керамики. В образовавшуюся полую керамическую форму заливается металл.



Формы из ПММА напечатаны на оборудовании FHZL



Песчано-полимерные формы напечатаны на оборудовании Kosel

Плюсы технологии

1. Высокая точность.
2. Высокое качество поверхности.
3. Возможность изготовления моделей больших размеров (зависит от области построения принтера).
4. Возможность заливки любых металлов и сплавов (в т.ч. титан).
5. Нулевая зольность.
6. Отсутствует риск растрескивания керамической оболочки (КТЛР близок к нулю).

Недостатки технологии

1. Ажурные формы и «висящие» элементы могут деформироваться (коробление).
2. Высокая стоимость расходных материалов.

Способы устранения недостатков

1. Перед запуском моделей в печать проводится анализ форм и при необходимости в модель внедряются дополнительные элементы, усиливающие конструкцию.
2. Данная технология применяется для изготовления сложных тонкостенных изделий, которые зачастую нельзя изготовить иным способом.

Система материалов «ПромХимТех» для печати ПММА-моделей

1. Порошок Microsint PMMA

- Размер частиц — 80–120 мкм.
- Остаточная зольность — 0.
- Т выжигания — 600 °С.
- Насыпная плотность — 0,7 г/см³.

2. Связующий состав Microsint PMMA Binder

- Плотность — 0,8–1,1.

Порошок ПММА и связующее применяются на предприятиях ОДК «УМПО» и АО «Центр цифровых технологий», а также ООО «ПромХимТех» оказывает услуги по печати на оборудовании FHZL PCM450.



ПРОМЫШЛЕННЫЕ
ХИМИЧЕСКИЕ
ТЕХНОЛОГИИ

<https://xtreel.ru/>
inbox@xtreel.ru
+7 (499) 398-19-65

г. Москва, территория Инновационного центра
«Сколково», Большой бульвар, д. 42, стр. 1

Технология SLM 3D-печати ускоряет цикл коммерческого аэрокосмического производства



На производство новой камеры сгорания ушло всего 168 часов

Напечатанные сопла ракеты (фото AmPro)

Стремительное развитие мировой аэрокосмической техники, и в особенности появление коммерческой аэрокосмической отрасли, предъявляет беспрецедентно высокие требования к производительности, надежности и экономичности ракетных двигателей. В этом контексте SLM-технология 3D-печати металлом продемонстрировала большой потенциал ее применения в аэрокосмической промышленности, и ожидается, что она коренным образом изменит традиционную производственную модель и будет способствовать быстрому внедрению инноваций в технологии ракетных двигателей.

Применение 3D-печати металлом в аэрокосмической промышленности становится новым стандартом в отрасли, 3D-печать способствует экономии средств и значительно повышает эффективность производства.

Производственные затраты являются узким местом в коммерческой аэрокосмической отрасли. 3D-печать по металлу позволила увеличить коэффициент использования материалов более чем на 90% за счет упрощения процессов, сокращения отходов и отказа от пресс-форм.

Кроме того, технология 3D-печати позволяет соединить во время процесса производства большее количество деталей в один узел и тем самым значительно сократить количество деталей в конечном изделии, снизить расходы на сборку, что позволяет выпускать более конкурентоспособный продукт.

Снижение веса и увеличение полезной нагрузки космических аппаратов

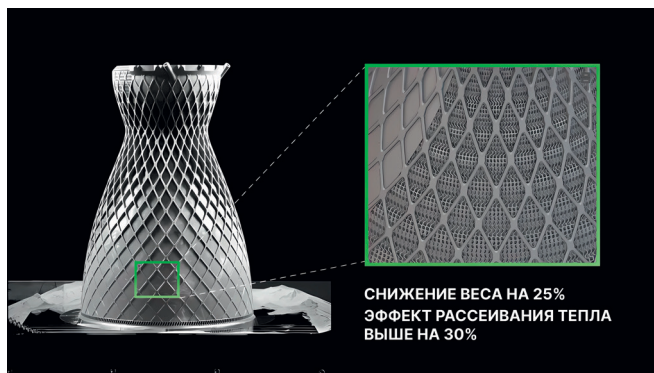
В аэрокосмической отрасли вес космических аппаратов играет огромное значение, важен буквально каждый грамм полезной нагрузки. 3D-печать металлом в сочетании с топологической оптимизацией (3D-дизайном) компонентов позволяет обеспечить высокую прочность при одновременном облегчении деталей и компонентов на 30% и более, включая снижение веса двигателя, улучшение соотношения тяги к весу ракеты и повышая полезную нагрузку ракеты.

Изменение модели цепочки поставок в аэрокосмическом производстве

Цепочка поставок традиционной аэрокосмической промышленности сложна и глобализована. Для производства двигателей требуются детали от сотен поставщиков по всему миру. К сожалению, часто производственные цепочки прерываются в связи с геополитическими, природными и другими факторами. Однако благодаря распределенному производству технология 3D-печати реализует концепцию «цифровой инвентаризации», при которой вместо физических деталей хранятся данные трехмерной модели изделия, что позволяет снизить зависимость от традиционных запасов, а также риск прерывания цепочки поставок, повысить гибкость и стабильность производства.

Оборудование для SLM-3D-печати металлом AmPro SP600 меняет технологию изготовления сопла ракеты

Являясь ключевым компонентом двигателя, хвостовое сопло ракеты и технология его изготовления непосредственно влияют на общие характеристики ракеты. Традиционный процесс изготовления сопла сложен, имеет длительный производственный цикл, высокую стоимость и сложную конструкцию.



Структура поверхности сопла ракеты, изготовленного на 3D-принтере AmPro (фото AmPro)

Появление технологии 3D-печати металлом привело к революционному прорыву в производстве сопла ракет.

Многослойное сопло с регенеративным охлаждением — это основа конструкции современных коммерческих ракетно-космических двигателей. Сопла этого типа равномерно распределены по сотням или тысячам небольших каналов между внешней оболочкой и внутренней термостойкой стенкой. Перед тем как топливо распыляется в камеру сгорания, оно сначала поступает в проточный канал в многослойной части сопла, чтобы действовать в качестве охлаждающей жидкости, снимая высокую температуру в тысячи градусов на стенке сопла, и в то же время оно само завершает предварительный нагрев, а затем поступает в камеру сгорания для воспламенения. Это не только предотвращает истирание сопла, но и повышает эффективность использования топлива, убивая двух зайцев — обеспечивая теплообмен и рекуперацию энергии топлива.

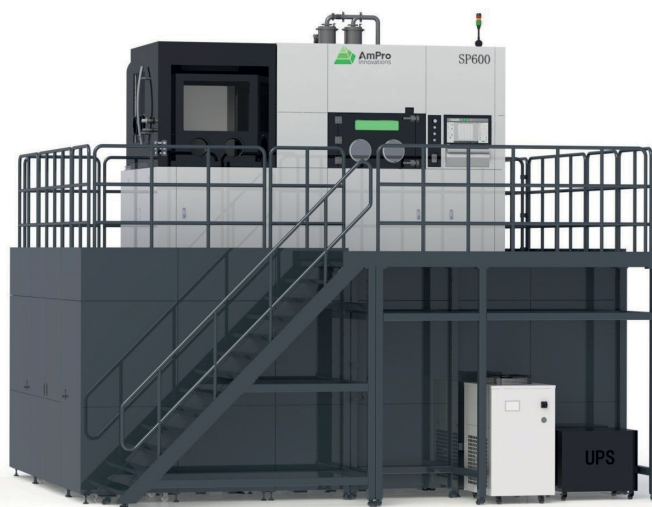
Сопло ракеты изготовлено за 168 часов!

AmPro расширяет возможности коммерческой аэрокосмической отрасли

Компания AmPro использовала крупногабаритное металлическое оборудование для 3D-печати — SP600 (производства компании AmPro) для печати компонентов многослойных сопел с регенеративным охлаждением, совершив технологический прорыв. Размер сопла достигает 400x400x600 мм, а время печати — всего 168 часов при чрезвычайно высокой стабильности печати.

AmPro SP600 SLM 3D-принтер предназначен для изготовления индивидуальных изделий и функциональных прототипов большого размера, а также средне- и крупносерийного производства изделий.

- Камера построения 600×600×800 мм.
- Шесть 500-ваттных IPG-лазеров.
- Настраиваемые параметры печати для металлических порошков от любых производителей.
- Автоматическая система подачи металлического порошка в больших количествах для работы 24/7 для высокоавтоматизированного производства.



SLM-3D-принтер AmPro SP600 (фото AmPro)

Оборудование **AmPro SP600** оснащено передовой мультисистемой, которая использует самостоятельно разработанную технологию мультисистемного сканирования и алгоритм калибровки, который позволяет точно контролировать и планировать траекторию мультисистемного сканирования. Технология Dynamic lar, обеспечивая эффективность печати, гармонизирует весь формат печати и позволяет избежать неточностей при печати, вызванных круговым сканированием лазера.

Оборудование **AmPro SP600** также оснащено встроенной полностью автоматической системой циркуляции порошка, которая обеспечивает эффективную транспортировку порошка, интеллектуальную систему его восстановления и автоматическое просеивание, что значительно повышает производительность оборудования, т.к. процесс печати идет постоянно и в автоматическом режиме. Ручная замена порошка обычно отнимает много времени и может даже привести к прерыванию процесса печати.

Кроме того, система AmPro работает в среде инертного газа, что значительно повышает безопасность производства.



AmPro — австралийско-китайский производитель инновационных 3D-принтеров по технологии SLM (Selective Laser Melting) — 3D-печать металлом. Принтеры AmPro позволяют изготавливать изделия из широкой линейки металлических порошков, создавая детали с высокой плотностью и прочностью для различных сегментов рынка от авиационной и космической промышленности до медицины и исследовательских центров.

<https://www.amproinnovations.com>



«Аврора-3D» входит в ГК «Аврора», дистрибутор промышленного SLM- и SLS-3D-оборудования. Совместный производственно-образовательный аддитивный центр с МИРЭА «Российский технологический университет». Высокий уровень 3D-компетенций, поставка промышленного SLM- и SLS-3D-оборудования под ключ.

<https://avrora-3d.ru>

Компьютерное моделирование процесса газового распыления металлических порошков с применением сопла лавая на примере марки БрАМц9-2

А.И. Андрейко, А.И. Демченко, А.А. Максимов
ООО «Гранком»

Введение

В последние годы стремительное развитие аддитивного производства привело к необходимости глубокого изучения технологии получения металлических порошков. Качественные порошки должны обладать характеристиками, обеспечивающими стабильную работу оборудования и уровень свойств синтезируемых изделий. Порошки должны иметь преимущественно сферическую форму, высокую текучесть и насыпную плотность, равномерное распределение частиц по размерам [1, 2]. К распространенным методам производства порошка относятся электродное индукционно-плавильное газовое распыление (EIGA) [3], вакуумная индукционная плавка с газовым распылением расплава (VIGA) [4], плазменное распыление (PA) [5] и центробежное распыление вращающихся электродов (PREP) [6]. Среди них процесс VIGA обладает весомыми преимуществами: высокой производительностью и эффективностью производства, широким диапазоном адаптации сплава с возможностью вариации химического состава, низкой стоимостью, контролируемым размером порошка, а также высоким выходом годной фракции. Он широко используется в передовых областях, таких как аэрокосмическая промышленность, медицина, автомобилестроение, энергетическая промышленность [7].

Несмотря на очевидные преимущества метода, существуют и определенные недостатки, обусловленные

физикой процесса газового распыления, при котором дробление струи жидкого расплава происходит в башне распыления, где одновременно циркулируют частицы в жидком состоянии со значительным перегревом над температурой ликвидус и кристаллизованные. В результате столкновения этих частиц друг с другом образуются дефекты (рис. 1), такие как сателлиты (мелкие частицы, соединенные с более крупными), агломераты (спекшиеся частицы, образовавшие гранулу irregularной формы) и так называемый «аморфный панцирь», представляющий собой корку толщиной несколько микрон, наплавленную на сравнительно крупную гранулу [8, 9].

На количество дефектных частиц при газовом распылении оказывает влияние множество факторов: химический состав металла, перегрев над точкой ликвидус, давление и температура распыляющего газа, конструкция атомайзера и распыляющего устройства — форсунки.

Из всех известных факторов наибольшее влияние на качество получаемого порошка оказывает форсунка, так же она является наиболее сложным узлом в конструкции установки, поэтому для оптимизации ее работы выполнено компьютерное моделирование газодинамических процессов, проходящих в башне распыления. В качестве объекта исследования выбрана конструкция форсунки с соплом Лавая, имеющая высокую энергоэффективность и позволяющую улучшить качество порошка, судя по многочисленным исследованиям [10, 11, 12].

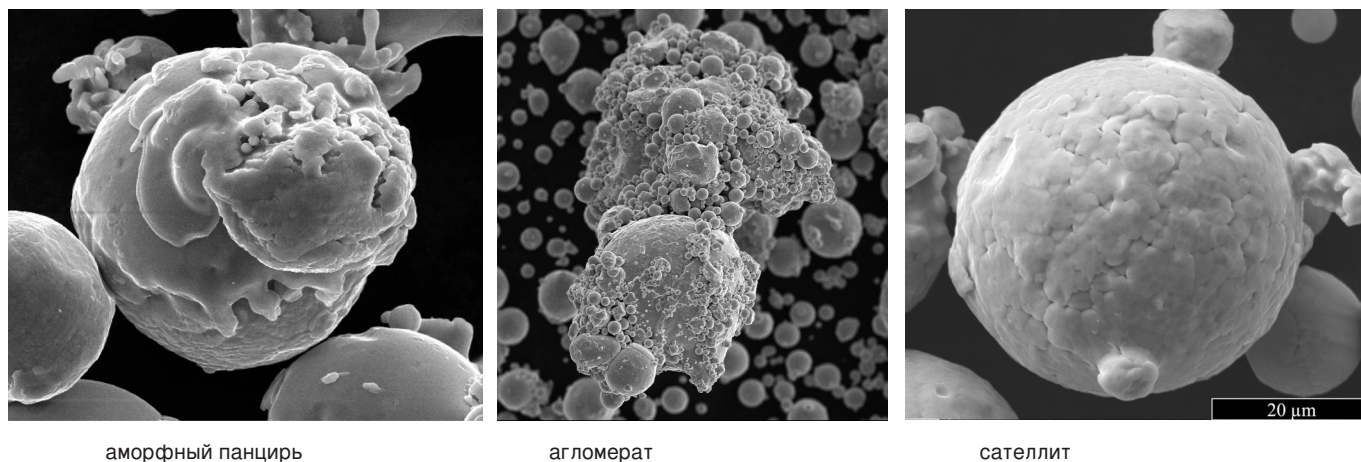


Рис. 1. Дефекты частиц металлических порошков

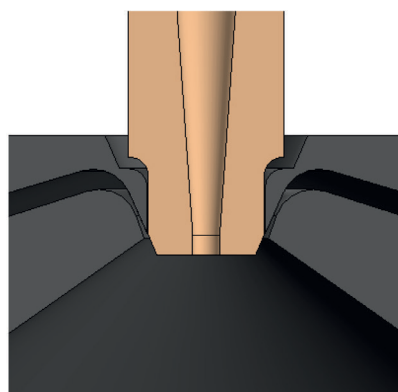


Рис. 2. Геометрия форсунки с кольцевым соплом Лавая

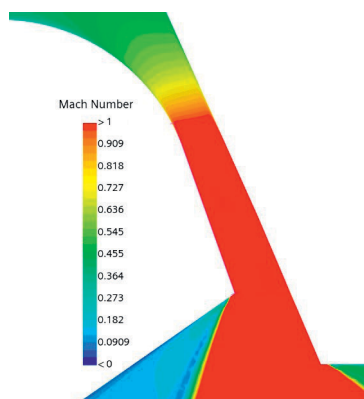
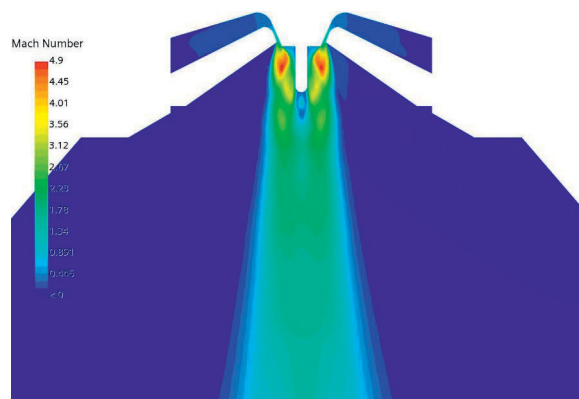


Рис. 4. Скалярное поле расчетного распределения чисел Маха для течения аргона в сопле



Компьютерное 3D моделирование

В ходе работы было выполнено 3D-численное имитационное моделирование неизоэнтальпического квазистационарного течения аргона при его поступлении в верхний сегмент расчетной области (ВСРО) через кольцевое сопло Лавая, разработанное специалистами ООО «Гранком» и имеющее характерный размер минимального сечения — 1,29 мм [13, 14, 15].

Геометрия исследуемого сопла представлена на рис. 2. Оно конструктивно выполнено в виде кольцевого газового канала с изменяющейся в пространстве геометрией его сечения.

Для расчетов применялся только верхний сегмент расчетной области (ВСРО) [13], представляющей собой модель внутреннего пространства камеры распыления установки VIGA.

В первом приближении при моделировании аргон полагался совершенным газом с постоянной удельной теплоемкостью, равной $c_p = 552,24$ Дж/(кг·К). Удельная теплопроводность аргона и его динамическая вязкость описывались формулой Сазерленда [13].

В качестве ГУ на входе формирователя струи распыления задавались температура газа, равная 20°C, и давление 45,0 бар. На выходе ВСРО газовая струя распространялась в окружающей среде с температурой 25°C и давлением 1,1 бар [13].

В результате имитационного моделирования были получены численные оценки параметров и характеристик неизоэнтальпического квазистационарного течения

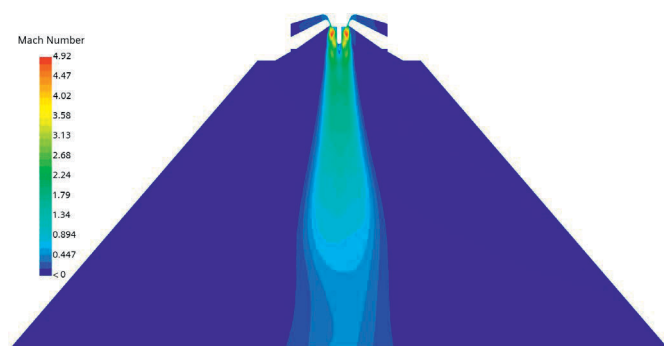


Рис. 3. Скалярное поле расчетного распределения чисел Маха для течения аргона в ВСРО с соплом Лавая

сверхзвуковой закрученной струи аргона в ВСРО с расчетным вариантом сопла Лавая, учитывая ее теплообмен с охлаждаемыми стенками корпуса башни распыления (рис. 3).

Для определения критического сечения исследуемого сопла, где число Маха $M = 1$, рассмотрим подробнее фрагмент скалярного поля расчетного распределения чисел Маха в сопле (рис. 4).

Из анализа рис. 4 следует, что разработанное сопло по определению можно считать соплом Лавая, так как скорость газа в нем достигает своего критического значения $M = 1$ в сечении, расположенном в окрестности минимального сечения, отделяющего конфузурную часть сопла от диффузорной, при этом скорость течения газа в диффузорной части сопла становится сверхзвуковой.

При этом геометрические размеры сопла Лавая обеспечивают параметры его функционирования близкими к оптимальным значениям в части достижения максимального динамического давления газа на выходе сопла при использовании изоэнтальпического приближения.

Скорость обтекания распыляющей струей аргона поверхности конструктивного комплекса сопла Лавая, имитирующего условные границы зоны распыления (рис. 5), существенно выше, чем при использовании простого сопла (656 м/с и 472 м/с соответственно), что создаст лучшие условия для формирования мелкодисперсных целевых фракций металлических порошков.

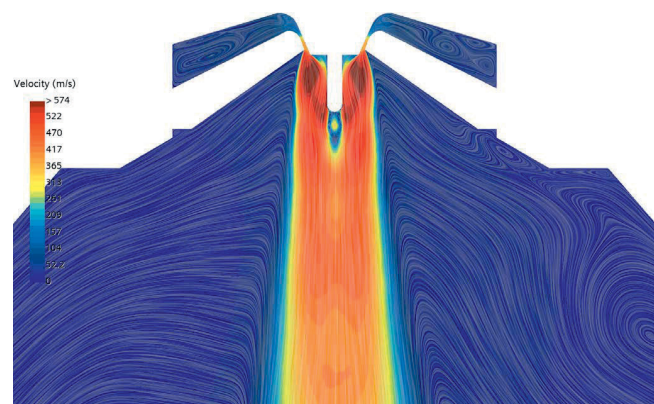


Рис. 5. Векторное поле расчетного распределения скорости течения аргона в ВСРО в формате текстуры с соплом Лавая

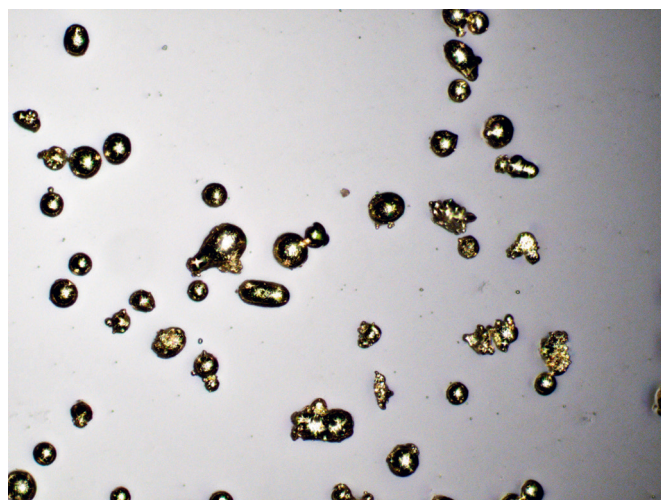
Экспериментальная часть

Для оценки эффективности работы форсунки с кольцевым соплом Лавалья согласно разработанным чертежам изготовлен новый распылительный узел. В качестве исследуемого материала выбран бронзовый сплав на основе меди марки БрАМц9-2. Плавку вели в штатном режиме в соответствии с утвержденным технологическим процессом для возможности объективного сравнения свойств порошка, полученного распылением стандартной форсункой. Выплавку осуществляли в вакуумно-индукционной печи, после расплавления основной заготовки выполнили легирование до целевого химического состава. Для компенсации теплопотерь при выпуске металл перегрели над точкой ликвидус до 1430°C и приступили к распылению. Газ в форсунку подавался под давлением 45 бар и был подогрет до 25°C. Процесс проходил стабильно, без замерзания металла внутри стакана и образования наростов [16], что свидетельствует о корректно подобранной геометрии сопла.

Известно, что при неправильной работе форсунки может происходить замерзание металла внутри разливочного стаканчика, связанное с отсутствием разряжения (эффект Коанда) в точке выхода металла в зону действия форсунки.

Таблица 1. Результаты проведения исследования порошка марки БрАМц9-2

Параметр	Стандартная форсунка	Сопло Лавалья
Текучесть, с	17,0	16,5
Насыпная плотность г/см ³	4,09	4,3
Сателлиты, %	24	15
Форма частиц:		
Сферическая, %	80	87
Округлая, %	16	12
Угловатая, %	4	1



Стандартная форсунка

Фракционирование порошка производилось на установке рассева. Порошок отсеивали для получения фракции 40–100 мкм.

Исследование порошка

Методы испытаний

Для оценки качества полученного порошка были проведены анализы текучести по ГОСТ 20899-98, насыпной плотности по ГОСТ 19440-94 и формы частиц ГОСТ 25849-83. Все испытания проводились в центральной заводской лаборатории.

Результаты исследований

В таблице 1 и на рис. 6 приведены результаты исследования свойств порошков, полученных с применением различных конструкций форсунок.

Обсуждение результатов

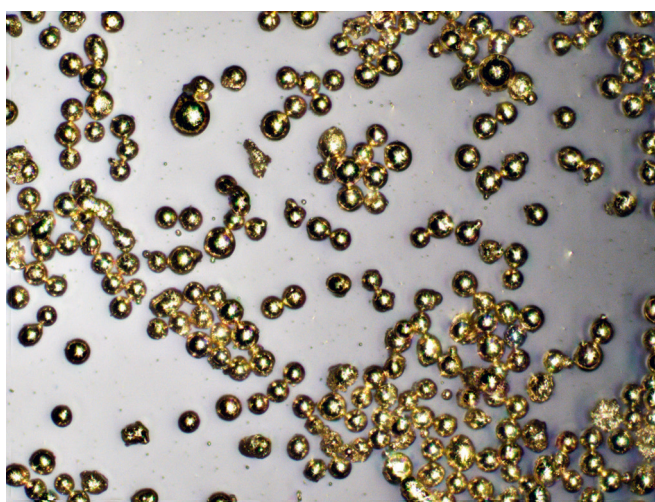
Важным критерием, характеризующим качество порошка, является насыпная плотность, так как на ее значение оказывают влияние все дефекты частиц металлических порошков. Из полученных данных сравнительной таблицы 1 видно существенное увеличение значения насыпной плотности и содержания сферических частиц, при этом произошло снижение содержания частиц с сателлитами.

Таким образом, полученные экспериментальные данные подтверждают эффективность применения форсунки с соплом Лавалья и коррелируются с результатами компьютерного моделирования.

Выводы

На основании проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. В рамках выполнения работы выполнено 3D-численное имитационное моделирование процессов, протекающих в форсунке и башне распыления. Данные,



Сопло Лавалья

Рис. 6. Морфология частиц при увеличении 20х

полученные в результате моделирования, коррелируются с экспериментальными.

2. Порошок, распыленный форсункой с соплом Лавалля, обладает высокой насыпной плотностью, форма частиц преимущественно сферическая, а количество сателлитов ниже по сравнению с порошком, распыленным стандартной форсункой.

Литература

1. K. Riener, N. Albrecht, S. Ziegelmeier, R. Ramakrishnan, L. Haferkamp, A. B. Spierings, G. J. Leichtfried. Influence of particle size distribution and morphology on the properties of the powder feedstock as well as of AISi10Mg parts produced by laser powder bed fusion (LPBF), Additive Manufacturing 34 (2020).
2. J. Wegner, M. Frey, M. Piechotta, N. Neuber, B. Adam, S. Platt, L. Ruschel, N. Schnell, S. S. Riegler, H.-R. Jiang, G. Witt, R. Busch, S. Kleszczynski. Influence of powder characteristics on the structural and the mechanical properties of additively manufactured Zr-based bulk metallic glass, Materials & Design 209.
3. Sun X.Y., Yuan L., Wang L.L., Cheng L. Y. Study on the Formability of 3D Printed TC4 Alloy Powder by EIGA. In Proceedings of the 2nd International Conference on Frontiers of Materials Synthesis and Processing, Sanya, China, 9 October 2019; Volume 493.
4. Dunkley J. J. Atomization // Powder Metal Technologies and Applications. ASM International Publishers. 1998. V. 7. P. 35–52.
5. Smagorinski M.E., Tsantrizos P. G. Production of spherical titanium powder by plasma atomization // Proc. World Congress of PM & Particulate Matter. Metal Powder Ind. Fed. 2002. V. 3. P. 248–260.
6. Востриков А.В., Сухов Д. И. Производство гранул методом PREP для аддитивных технологий — текущий статус и перспективы развития.
7. Лыков П.А. Разработка гидронепвмоагрегатов машин по производству микропорошков из жидких металлов: дис. канд. техн. наук. Челябинск, 2013. 147 с.
8. Stephen K. Kennedy, Amber M. Dalley & Gregory J. Kotyk. Additive Manufacturing: Assessing Metal Powder Quality Through Characterizing Feedstock and Contaminants.
9. Filippo Zanini, Nicola Buzzacchera, Simone Carmignato. CT-based method to measure metal powder characteristics and to study their influence on the quality of additively manufactured parts.
10. T. Okumura, T. Shibata, N. Okochi. Production of Gas Atomized Ti Alloy Powder by Levitation Melting Furnace with Electro Magnetic Nozzle, 2007.
11. Daniel Schwenck, Nils Ellendt, Jörg Fischer-Bühner, Peter Hofmann and Volker Uhlenwinkel. A novel convergent-divergent annular nozzle design for close-coupled atomization 2017.
12. Peng Wang, Jing Li, Xin Wang, Heng-San Liu, Bin Fan, Ping Gan, Rui-Feng Guo, Xue-Yuan Ge, Miao-Hui Wang Close-coupled nozzle atomization integral simulation and powder preparation using vacuum induction gas atomization technology.
13. Селезнев В.Е., Алешин В.В., Цаплин Д.В. и др. Виртуальный испытательный стенд физических процессов образования и механизмов противодействия возникновению паразитных сателлитов и агломераций при газовой атомизации на промышленной установке VIGA-300 (Реализованные вычислительные технологии и результаты применения). Шифр «ВИС VIGA-300» // НТО НПЦ ПМ, 2025. 150 с.
14. Селезнев В.Е., Прялов С.Н. Численное моделирование течений в магистральных трубопроводах. М.: Едиториал УРСС, 2014. 800 с.
15. Селезнев В.Е. Технологии виртуальных испытательных стендов: методология разработки и применения. М.: МАКС Пресс, 2024. 608 с.
16. A.M. Mullis, N.J. Adkins, Z. Aslam, I. McCarthy, R.F. Cochrane. High frame rate analysis of the spray cone geometry during close-coupled gas atomization 2014.

12 ЛЕТ ГРАНКОМ

ЗАВОДУ
ПОРОШКОВОЙ
МЕТАЛЛУРГИИ

**ОПИРАЯСЬ НА СТАБИЛЬНОЕ НАСТОЯЩЕЕ —
ДВИГАЕМСЯ В ПЕРСПЕКТИВНОЕ
ИННОВАЦИОННОЕ БУДУЩЕЕ!**

ООО «Гранком» — современное динамично развивающееся предприятие по производству порошковых материалов и изделий из них. Образовано в 2013 году как дочерняя компания ПАО «Русполимет» и находится на его территории.

Предприятие производит порошки и гранулы с целью импортозамещения и обеспечения авиационной промышленности, топливно-энергетического комплекса, атомного и общего машиностроения металлопродукцией из современных материалов.



В сферу производственной деятельности входит оказание услуг по газостатическому уплотнению литых и порошковых материалов, производство лигатур из тугоплавких металлов методом алюминотермии и сплавления в вакуумно-индукционной печи, а также производство поковок легированных марок сталей, в том числе быстрорежущих, нержавеющей, жаропрочных, титановых сплавов.

ГРАНКОМ

Адрес: Нижегородская обл., г. Кулебаки,
ул. Восстания, д. 1/14, пом. 2

E-mail: info@grankom.com

Телефон: +7 (831) 435 1754

Сайт: grankom.com



АДДИТИВНЫЙ КОНГРЕСС #1 ПОДТВЕРДИЛ СТАТУС МЕЖДУНАРОДНОЙ ПЛОЩАДКИ ДЛЯ РАЗВИТИЯ РЫНКА 3D-ПЕЧАТИ



19 сентября в Москве состоялся **Аддитивный конгресс #1** — крупнейшее отраслевое событие года в сфере аддитивных технологий. Мероприятие собрало более 480 участников из разных городов России, а также представителей из Китая и Казахстана, объединив ведущих экспертов, производителей оборудования и материалов, инвесторов и представителей промышленности.

Организатором конгресса выступила **Академия аддитивных технологий «Цифра Цифра»** — образовательная и коммуникационная платформа, которая объединяет специалистов и компании для развития отрасли, обмена опытом и внедрения передовых решений в сфере 3D-печати и цифровых технологий. Генеральный директор Академии Дарья Дмитриева отметила, что мероприятие стало важным шагом в консолидации российского рынка аддитивных технологий и укреплении международного сотрудничества.



Более 480 участников:

- C-level (все директора, CEO, СТО и т.д.) — 19%
- Инженеры и технические специалисты — 32%
- Менеджеры и руководители отделов — 8%
- Представители науки и образования — 7%
- Представители медицины и стоматологии — 3%
- Прочие (студенты, самозанятые, СМИ, маркетинг) — 31%



Среди участников и спикеров были представители компаний: УЗГА, «Росатом — Аддитивные технологии», АО «Композит», ПАО «Северсталь», ПАО «Газпром», МИСиС, МГТУ им. Н.Э. Баумана, «Кибер Моторика» и другие.

Конгресс прошёл при поддержке **Минпромторга России** и **Департамента инвестиционной и промышленной политики Москвы**, что подчеркнуло значимость мероприятия для развития отрасли на государственном уровне.

Особую роль в организации мероприятия сыграла компания **3DVision** — **генеральный партнёр конгресса**. Компания активно продвигает технологии 3D-печати и 3D-сканирования в промышленность, а также способствует развитию российского аддитивного сообщества. Современные промышленные 3D-сканеры 3DVision помогают предприятиям повышать точность и эффективность процессов производства и контроля качества.

Конгресс стал уникальной платформой для **международного обмена опытом** и поиска новых направлений



развития отрасли. В деловой программе обсуждались ключевые тренды, перспективы и вызовы рынка. Среди тем — **применение 3D-печати в медицине и биомедицине**, использование **беспилотных летательных аппаратов**, перспективы развития космической отрасли и цифровой стоматологии.

Одним из центральных направлений обсуждения стала **3D-печать бетоном** — инструмент решения одной из наиболее острых проблем строительной отрасли — дефицита кадров, который, по данным Минстроя РФ, достигает 200–400 тыс. человек.

Обсуждение на конгрессе показало, что аддитивные технологии способны задать новые стандарты в массовой застройке и благоустройстве городов, обеспечивая высокую точность, скорость и экономичность строительства.

Отдельным событием стала **питчинг-сессия стартапов**, где молодые компании представили свои проекты и получили шанс на привлечение инвестиций — важный шаг для формирования новых драйверов рынка.

На выставочной зоне Конгресса партнёры представили современное оборудование, материалы и программные решения, демонстрируя весь спектр возможностей аддитивных технологий. Среди участников — **3DVision**, «Лазерные системы», **Harz Labs**, **iGO 3D**, **M-Shape**, **Teleport 3D**, **Kompo3D**, **Range Vision**, **3DEf**, «АДС Индастри», «Прокерамика», **Onsint**, «Инфофокус» и другие компании. Благодаря их участию гости смогли увидеть в работе как промышленные комплексы, так и инновационные материалы и софт, а также пообщаться со специалистами напрямую.

Гостей Конгресса ждали не только деловые дискуссии, но и практические **мастер-классы**, интерактивные



зоны и символические арт-объекты. На площадке был представлен **культовый автомобиль DeLorean**, ставший символом технологического прогресса, а также необычные проекты — «**Аддитивное древо**» и «**Аддитивная капсула времени 2030**», отражающие устремлённость отрасли в будущее.

«Аддитивный конгресс #1 показал, что рынок 3D-печати — это не просто технологии, а экосистема, которая объединяет разные отрасли, страны и людей. Сегодня мы видим, как сотрудничество и обмен знаниями становятся основой для новых прорывных решений», — отметили организаторы мероприятия.

По итогам конгресса были намечены стратегические направления развития отрасли и создана база для дальнейшего роста — от внедрения аддитивных технологий на промышленных предприятиях до интеграции их в космические программы и здравоохранение.

Следующий **Аддитивный конгресс запланирован на сентябрь 2026 года**, где планируется расширить тематику и представить новые проекты в сфере аддитивных технологий.

ОБНОВЛЁННЫЕ ФОТОПОЛИМЕРЫ ДЛЯ ИНЖЕНЕРНЫХ ЗАДАЧ

На прошедшем Аддитивном конгрессе компания **HARZ Labs** представила обновлённую линейку фотополимеров, созданных для профессионального и инженерного применения и новые разработки.



INDUSTRIAL LOW FRICTION

Триботехнический фотополимер с низким коэффициентом трения



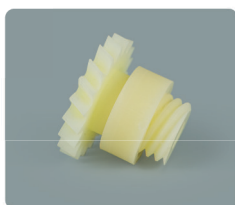
TOUGH

Базовая линейка доступных материалов для прототипирования в чёрном и белом цвете



INDUSTRIAL ABS V2

Материал со свойствами, близкими к ABS-пластику и сниженным влагопоглощением



NYLON-LIKE FORM2

Версия популярного ударопрочного материала, для настольных SLA-принтеров Form2 и Form3



HARZ Labs
MATERIALS FOR 3D PRINTING

НОВЫЕ РАЗРАБОТКИ:



Фотополимер для порошковой покраски (с электропроводностью и термостойкостью для запекания)



Фотополимер для индивидуальных ортезов — альтернатива технологии SLS

Аддитивный форум для производителей и эксплуатантов промышленного 3D-оборудования

Мария Куреша, АО «Лазерные системы»

В октябре в Санкт-Петербурге компания «Лазерные системы» провела второй специализированный «Аддитивный форум Северной столицы», посвященный актуальным вопросам внедрения аддитивных технологий в российской промышленности. Партнером мероприятия выступила Академия аддитивных технологий «Цифра Цифра».

Форум собрал на одной площадке тех, кто непосредственно формирует находящийся в активной фазе развития рынок аддитивных технологий РФ: производителей и эксплуатантов 3D-оборудования, производителей материалов для 3D-печати, разработчиков программного обеспечения, инженеров и представителей образовательных организаций, что подчеркивает важность подготовки кадров для развития аддитивной отрасли. На открытии форума выступил представитель Минпромторга России, который рассказал о важности правильного применения государственных мер поддержки. По его словам, грамотное внедрение аддитивных технологий в производственный процесс оказывает существенную помощь отечественным производителям.

Деловая программа мероприятия состояла из трех сессий и охватила вопросы практического использования 3D-оборудования и внедрения аддитивных технологий в производство, обучения 3D-печати и формирования кадрового потенциала для аддитивной отрасли, а также осветила проблемы качества и предоставляемого сервиса в сфере российского высокотехнологичного оборудования.



Ключевыми темами форума стали:

- Анализ практического опыта: презентация реальных кейсов от эксплуатантов 3D-оборудования.
- Экономический потенциал аддитивных технологий: как снизить затраты, повысить рентабельность и получить конкурентное преимущество для бизнеса.
- Эффективные методы обучения: от теории к практике — как освоить 3D-печать.

Основная повестка, с которой на форуме выступила компания «Лазерные системы», была посвящена вопросам качества отечественного 3D-оборудования и клиентского сервиса, это в целом актуальный вопрос, когда речь заходит об отечественном высокотехнологичном оборудовании, к которому российский потребитель относится с долей недоверия. Екатерина Ченцова, директор департамента управления качеством АО «Лазерные системы», в своем выступлении подчеркнула, что сейчас российское оборудование зачастую по качеству не уступает зарубежным аналогам и имеет преимущество в виде доступной сервисной поддержки, на чем и делают акцент в своей работе «Лазерные системы».





Топ-5 интересных фактов об «Аддитивном форуме Северной столицы»

- В рамках мероприятия было подписано соглашение между АО «Лазерные системы» и ООО «Академия аддитивных технологий "Цифра Цифра"» о сотрудничестве в сфере образовательных услуг, развития и популяризации аддитивных технологий.
- Вячеслав Алексеев из Самарского национального исследовательского университета им. академика С.П. Королева выиграл суперприз форума — аддитивный арт-объект — напечатанный на 3D-принтере дизайнерский табурет, предоставленный компанией «Ф2 Инновации».
- На сессии «Эффективные инструменты 3D-печати: программное обеспечение и реверс-инжиниринг»



с докладом выступил академик НАН Беларуси Сергей Жданок, прибывший на форум из Минска, что придало мероприятию международный статус и будет способствовать расширению географии в следующем году.

• Компания Range Vision наглядно продемонстрировала процесс реверс-инжиниринга в действии, показав, как в режиме реального времени выполняется высокоточное сканирование физической детали с последующим мгновенным формированием ее точной трехмерной модели прямо на экране.

• В рамках форума прошла динамичная дискуссионная сессия, в которой приняли участие эксперты в области аддитивных технологий. В формате живого диалога участники не только определили перспективы развития, но и честно взглянули на существующие проблемы, стимулируя поиск совместных решений.



Центр аддитивных технологий АО «Лазерные системы» — промышленная площадка, оснащенная линейкой высокотехнологичных 3D-принтеров для печати деталей из металлопорошковых композиций по технологии SLM.

КОНТРАКТНАЯ ПЕЧАТЬ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ ПО ВАШИМ ЧЕРТЕЖАМ И 3D-МОДЕЛЯМ

METALPRINT.RU



Предоставляем услуги:

- Реверс-инжиниринг
- Аддитивный консалтинг
- Реинжиниринг
- Обучение персонала

Контакты:

lsystems.ru
metalprint.ru

Тел.: +7 (812) 612-02-88
additive@lsystems.ru

Пленарное заседание

Аддитивные технологии как основа технологического суверенитета: стратегия развития, масштабирование и системная интеграция в промышленность

Модератор

Спикеры

Соловьев Артем Александрович
Руководитель организационного комитета «Конвергентум-2025»

Алиева Арина Игоревна
Заместитель руководителя Департамента промышленности и инновационного развития города Москвы

Падалько Борис Васильевич
И.О. ректора ВШЭ ВШЭ NETU «Становясь»

Карелин Дмитрий Владимирович
Заместитель генерального конструктора на 1907 АО «ОДК»

Куликов Юрий Александрович
Заместитель директора Департамента станостроения и теплового машиностроения

Осипенкова Ольга Геннадьевна
Исполнительный директор Ассоциации развития вычислительных технологий

Матвеев Евгений Владимирович
Генеральный директор ООО «В2 Инновации»

Русский Максим Сергеевич
Заместитель генерального директора Открытый центр компетенций по Аддитивным Технологиям Госкорпорации Роскосмос АО «Искра»

«Конвергентум-2025» — форум, переворачивающий всё

Фото: «Конвергентум»

Светлана Бакарджиева, Дмитрий Трубащевский

Форум аддитивного производства «Конвергентум-2025» стал историей. Команда сбросила с плеч груз ответственности, вздохнула с облегчением и, как водится в сплоченных и вдохновленных общей идеей коллективах, принялась готовить «Конвергентум» следующего года.

«Конвергентум» стал больше чем просто «еще один» форум. Его уникальная атмосфера, вайб — та самая энергия общего дела — витала в воздухе и объединяла промышленников, ученых и инноваторов. Эту атмосферу невозможно воспроизвести в отчете или передать сухой статистикой. Она рождается из страсти к технологиям, искреннего желания делиться опытом и из той особой

атмосферы доверия, где генерируются прорывные идеи и создаются новые партнерства. Именно этот созидательный дух события и стал главным итогом и отличительной чертой «Конвергентума-2025».

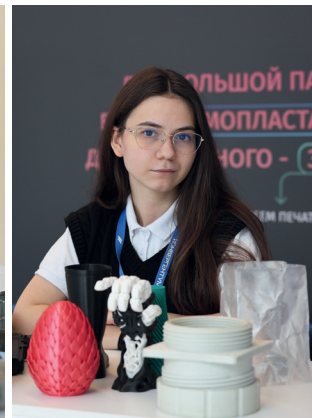
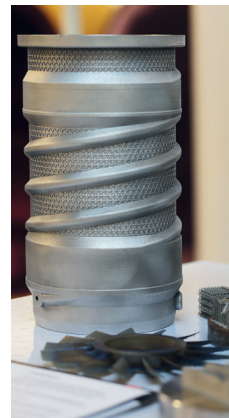
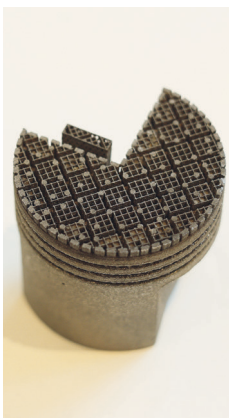
Обширная деловая программа, в которой организаторы постарались учесть всё по максимуму, подобрала в себя выступления ведущих экспертов из самых сильных и перспективных компаний. Представители высшей лиги отечественной аддитивки с гордостью рассказывали о пути становления своих компаний, с энтузиазмом делились их сегодняшними успехами, заглядывали в будущее. Мозаика начала складываться.

Огромное количество спикеров, казалось, может привести к перегреву аудитории, превратив обмен опытом в бесконечный конвейер «говорящих голов». Чтобы этого не произошло, операторы заранее продумали формат, направленный в первую очередь на конструктивное общение. Дискуссия состоялась, была оживленной и носила не фрагментарный характер, а длилась без остановки, прочными мостиками соединяя сессии и доклады.

На Форуме панельные сессии и круглые столы провели известные эксперты: Артур Гареев — заместитель директора по науке и инновациям АО «НИИГрафит»; Алексей Мазалов — генеральный директор АО «ЦАТ»; Алексей Адамцевич — директор научно-исследовательского института строительных материалов и технологий;



Фото: «Конвергентум»



Максим Кузин — руководитель студии промышленного дизайна Kuzin Machinery; Татьяна Киселева — главный редактор РИА «Стандарты и качество», член правления Всероссийской организации качества.

Трансформация Клуба аддитивных технологий (КАТ) в АНО «Консорциум "Аддитивные технологии и лазерные системы"» (АТЛАС) положила начало новому и амбициозному образованию, которому предстоит динамично развиваться под управлением Артема Соломникова, ставшего генеральным директором общества.

На форуме с комфортом разместились стенды 30 компаний — как хорошо известных, так и сравнительно недавно пришедших на рынок. Компактность, достаточность и конкретика превратили выставку в нечто новое, притягательное, концентрирующее на себе внимание промышленников. К слову, именно промышленники, которых созывали со всей страны, составили львиную долю общего числа посетителей. Экспоненты с радостью отметили, что нам действительно удалось заинтересовать предприятия, которые не имели должного представления о возможностях аддитивного производства.

Масштабный и эффективный отраслевой диалог стал возможен благодаря объединенным усилиям ключевых игроков инновационной экосистемы. Организаторами форума выступили КАТ и Дирекция технологической инфраструктуры Москвы. Пространством для генерации прорывных идей был выбран кластер «Ломоносов» при поддержке Департамента предпринимательства и инновационного развития города Москвы.

Особую признательность организаторы выражают Министерству промышленности и торговли РФ, Прави-

тельству Москвы за весомый вклад в информационное продвижение форума.

Идея создания данного форума принадлежит Михаилу Шишкину, генеральному директору компании REC. Организационный комитет «Конвергентум-2025» возглавил Артем Соломников (оператор SOLO Project). Руководителем деловой программы форума и ведущим выступил Дмитрий Трубащевский, а его компания «Логика слоя» осуществила разработку и реализацию программной концепции форума. Активное участие в формировании программы и контента приняли компании-лидеры Клуба аддитивных технологий: REC, 3DVision, F2 innovations, AM.TECH, Imprinta и 3DLAM.

**«Конвергентум-2025» состоялся.
Да здравствует «Конвергентум-2026»!**



REC
Воллющая идеи в реальность

- Производство материалов для 3D-печати (филаменты, гранулы, порошки);
- Разработка материалов на заказ;
- Литье на термопластавтомате.

potok@rec3d.ru 8-800-775-7331





Объединение во имя развития

На форуме «Конвергентум» было объявлено о создании Консорциума АТЛАС — «Аддитивные технологии и лазерные системы».

Инициаторами объединения выступили компании F2 innovations, AM.TECH (ООО «ЗД Интеграция»), Imprinta, REC, 3DVision и 3DLAM («Биоград»).

На вопросы редакции о целях и задачах организации ответил Артем Соломников, основатель компании Imprinta, генеральный директор Консорциума АТЛАС — «Аддитивные технологии и лазерные системы».

Артем, расскажите, пожалуйста, о причинах появления Консорциума АТЛАС. Почему формат ранее созданного Клуба аддитивных технологий, основанного этими же компаниями, стал неактуальным? Какие вы ставите цели? Есть ли уже дорожная карта?

Наверное, важно обозначить наши изначальные мотивы по созданию Клуба аддитивных технологий (КАТ), который мы трансформировали в АТЛАС. Они были и остаются благородными — развитие рынка аддитивных технологий, желание превратить индустрию, сферу в полноценную отрасль путем роста объемов производства и возможностей применения изделий.

Объединившись с коллегами по рынку, мы отодвинули личные бизнес-интересы и конкуренцию и нацелили свои усилия на создание общепользовательских активностей. Например, были выпущены исследования рынка по итогам 2023 и 2024 годов, и это направление работы будет продолжено. Был проведен форум «Конвергентум» — мероприятие, которое нацелено на поиск новых форм сотрудничества представителей государства, науки, компаний, заказчиков и так далее.

Почему консорциум? В рамках клуба КАТ были просто совместные встречи по интересам, а новый уровень развития потребовал юридического статуса, который показывает серьезные намерения. Кроме того, по предложению Минпромторга РФ деятельность консорциума распространяется дополнительно на лазерную индустрию, учитывая, что лазер является рабочим инструментом в ряде аддитивных технологий и компоненты для лазерного и аддитивного оборудования пересекаются по номенклатуре.

На текущий момент мы обозначили цели и задачи консорциума, открыли прием новых участников и уже имеем с десяток заявок от компаний, которые проявили интерес. До конца года мы должны сформировать дорожную карту деятельности.

Из шести членов консорциума половина является членами ассоциации АРАТ. Чем ваш союз будет отличаться от уже действующей ассоциации? Учитывая пересечение по участникам, планируется ли взаимодействие организаций?

Мы считаем, что для развития аддитивной индустрии появление еще одного некоммерческого объединения компаний позволит быстрее решать вопросы, преодолевать барьеры. Отличие консорциума в том, что он изначально создан частными компаниями, которые являются чуть более гибкими, чуть более быстрыми и, возможно, смотрят на некоторые вещи под другим углом. Это позволит внести хороший дополнительный эффект в развитие индустрии в целом.

Вступление в консорциум позволяет компаниям стать не просто членами, а выступить в более высоком статусе инициатора, что в рамках АРАТ невозможно представить, потому что учредители АРАТ корпорации. Как говорится: если не можешь внутри существующей системы приобрести другой статус, можно создать какую-то новую систему.

При этом компании могут оставаться членами обеих ассоциаций, никакого перехода участников не предполагается.

А во взаимодействии с ассоциацией АРАТ мы не видим никаких проблем. Мы в хороших деловых отношениях с руководством АРАТ — Ольгой Геннадьевной Оспенниковой и с Антоном Андреевичем Бардановым, в постоянном сотрудничестве по различным проектам.

Кто может стать членом вашего консорциума, на каких условиях и какие требования предъявляются к кандидатам? Это будут только производители или, скажем, поставщики тоже смогут участвовать в его работе? Как насчет образовательных учреждений?

Мы не ограничиваемся компаниями, которые занимаются исключительно производством. Например, среди участников уже есть компания 3DVision, которая прежде всего интегратор, хотя в том числе занимается локализацией производства оборудования. С вузами мы также взаимодействуем, и у нас уже есть, например, совместные обсуждения сотрудничества с МГТУ имени Н.Э. Баумана. То есть мы открыты абсолютно ко всем компаниям, научным и исследовательским организациям, образовательным учреждениям. Единственное, мы не готовы принимать в консорциум компании, которые ведут себя недобросовестно на рынке. К сожалению, они имеются. Именно поэтому сейчас одним из необходимых условий для подачи заявки является наличие клиентов и их подтверждение о том, что с компанией можно работать.

До конца года вхождение новых участников будет происходить бесплатно. Соответственно, до конца года членские взносы не будут собираться. Размер членских взносов мы предварительно определили в диапазоне 100–150 тысяч в год, и он будет одинаков для всех членов.

А как насчет предприятий, которые хотят быть активными пользователями аддитивных технологий?

Есть предприятия, которые являются просто покупателями 3D-принтеров, им вряд ли захочется принимать участие в деятельности консорциума. А вот, например, крупные промышленные предприятия, у которых аддитивка — часть дорожной карты по технологическому развитию на следующие пять лет, могут проявить интерес. И в данном случае мы, конечно, тоже открыты.

Какие преимущества получают участники консорциума?

Это участие в совместных мероприятиях по развитию рынка, коммуникации с Минпромторгом по решению проблемных вопросов, что особенно будет полезно для небольших компаний, у которых нет полноценных пиар-возможностей. Кстати, со стороны Минпромторга есть запрос на проработку определенной информации о рынке. Безусловно, информация участников консорциума будет представлена в первую очередь. Также

по этому вопросу проводится работа и с компаниями, которые пока не являются участниками консорциума, но известны ввиду долгосрочных деловых отношений.

Одно из предполагаемых направлений работы — доступ к большим заказчикам. С маленькой компанией государственным заказчикам работать тяжело, потому что они платят на особенных условиях, работу выстраивают на особенных условиях. Этот актуальный вопрос предполагает разработку механизма взаимодействия государственного заказчика и аддитивных компаний разного размера и уровня.

Если ли программа работы с регионами?

Мы уже начали взаимодействовать с региональными органами исполнительной власти — министерствами промышленности, промышленными ведомствами при подготовке к форуму «Конвергентум». Благодаря этому в мероприятии принимали участие представители с Урала, Поволжья, из Республики Татарстан и др. И здесь, безусловно, нельзя не отметить заслугу Минпромторга РФ, помогавшего выстроить эти коммуникации.

Планирует ли консорциум участвовать каким-то образом в развитии научно-технического потенциала России?

Мы не хотим заместить работой консорциума деятельность вообще всех направлений государства в области развития технологического суверенитета. Наша область деятельности — проблематика при внедрении аддитивных технологий и развитие рынка.

Лично у вас есть опыт проведения мероприятий для подростков — вносите вклад в наше техническое будущее. В консорциуме планируется работа с подрастающим поколением?

Я думаю, что пока участие консорциума в этом направлении может происходить только на уровне поддержки мероприятий, проводимых для развития и раскрытия талантов молодежи в области аддитивных технологий.

Сентябрьский «Конвергентум» — первое конгрессно-выставочное мероприятие при поддержке Консорциума АТЛАС. Как вы оцениваете результаты? Удалось ли реализовать замысел в полной мере?

Новое мероприятие можно оценить с точки зрения «проведения в первый раз» и с точки зрения «проведения в долгосрочной перспективе». Так вот для первого раза «Конвергентум» прошел на пятерку. Форум собрал большое количество аддитивных компаний — порядка 50 компаний выступили в той или иной роли партнерами мероприятия, более 90 спикеров приняли участие в деловой программе.

При участии большого количества партнеров, участников организационного комитета необходимо было правильно со всеми договориться, всех услышать и максимально учесть предложения и интересы. С точки зрения концепции мероприятия важно было привлечь целевую

аудиторию, сформировать актуальную деловую программу, избегая ангажированности или аффилированности с каким-то отдельно взятым брендом. Были проведены переговоры с государственными структурами и корпорациями. В результате в пленарном заседании форума приняли участие представители компаний, государственных корпораций «Роскосмос» и ОДК, заместитель директора Департамента станкостроения и тяжелого машиностроения Юрий Кузнецов, заместитель руководителя Департамента предпринимательства и инновационного развития города Москвы Арина Авдеева.

Если рассматривать форум как долгосрочный проект, буду скромнее, потому что всегда должна быть точка роста. Конечно, есть над чем работать и что улучшить.

Почему «Конвергентум»?

Смысл слова «конвергенция» — «объединение, сближение позиций». В нашем случае можно было бы говорить о консорциуме конвергентов, но это было бы слишком непонятно, хотя именно в этом цель нашей деятельности.

Конгрессно-выставочная деятельность будет расширяться?

Нам нужно сейчас выйти на оптимизацию и повышение эффективности проведения «Конвергентума-2026» без взятия новых высот.

О чем я говорю? Один из критериев оценки успехов — показатель посещаемости. В этом году мы наметили планку в 1500 посетителей и почти ее достигли. 1200 человек посетили мероприятие, не считая экспонентов. На следующий год мы пока видим для себя такую же цель, просто с большей эффективностью.

Также мы рассматриваем планы по проведению региональных мероприятий, как это сложится, время покажет.

Вы можете дать оценку состояния российского рынка аддитивных технологий? В чем его особенность?

Я как представитель российского рынка, который занимается аддитивными технологиями уже без малого 12 лет, вижу, как этот ребенок растет у меня на глазах, эволюционирует. Его особенность в том, что он стал зарождаться изначально за счет деятельности большого количества молодых изобретателей, разработчиков, которые в последующем стали руководителями и основателями компаний. То есть изначально в него зашли молодые ребята в возрасте 20+, которые смогли себя реализовать и продолжают расти в профессии, исходя из своего внутреннего юношеского азарта, запала, амбиций. Эта особенность, как мне кажется, создает положительный эффект для будущего развития в целом.

Вы сравнили рынок с ребенком. Консорциум готов подключиться к воспитательной работе — цивилизованному развитию?

Мы своими активностями, как и в случае воспитания ребенка, должны в первую очередь воспитывать себя и показывать пример. Есть хорошая фраза: «Не воспитывайте детей, а воспитывайте себя». Мы так и делаем.

Вы можете анонсировать ближайшие планы?

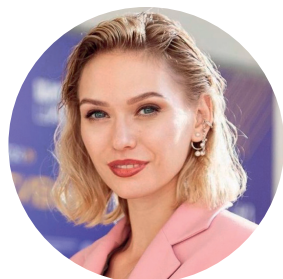
Ждите исследования по итогам 2025 года в сфере аддитивного производства. И, безусловно, мы будем рассматривать вопрос проведения такого же маркетингового исследования по рынку лазерной индустрии.

Татьяна Карпова



Почему ошибки — главный учитель в мире аддитивных технологий

Конференция Fail Conf, предоставила уникальную площадку для откровенного обсуждения не только успехов, но и сбоев и нереализованных решений при применении аддитивных технологий.



По заявлению модератора **Екатерины Евсеевой, директора по развитию компании — организатора мероприятия Академии аддитивных технологий «Цифра Цифра»**, цель конференции состояла в необходимости снизить издержки, укрепить кооперацию компаний, помочь им бы-

стрее и эффективнее внедрять аддитивные технологии. Вместо традиционного обзора достижений участники сосредоточились на «разборе ошибок, повлекших за собой типичные проблемы: срыв сроков сдачи продук-



ции в результате недооценки требований, нехватка компетенций, кадровый дефицит и другие». Как отметил **Сергей Майоров, председатель правления Делового объединения кластеров России, советник министра промышленности и торговли Республики Татарстан**, формат

конференции был сформирован на основе реальных запросов предприятий и участников Делового объединения кластеров Республики Татарстан, что подчеркивает практическую направленность мероприятия.

Аддитивные технологии давно «переросли стадию роста модного тренда». Современный бизнес интересуется не просто возможностью 3D-печати, а вопросом о том, «как внедрять так, чтобы это работало по срокам, бюджету и качеству». Такой прагматичный подход к обсуждению



реальных сложностей внедрения и ценности полученного опыта, по мнению **Евгения Дьяконова, руководителя отраслевого комитета «Аддитивных технологий» Республики Татарстан**, объясняется тем, что именно «на таких кейсах сегодня учатся гораздо быстрее, чем на информации из типовых

учебников и презентаций». Программа конференции формировалась на основе конкретного запроса отрасли, что обеспечивает ее максимальную релевантность и практическую пользу.

Ловушка необоснованных инвестиций: скрытые издержки внедрения 3D-печати

Одной из наиболее острых проблем, поднятых на конференции, оказалась покупка дорогостоящего 3D-оборудования без должного экономического обоснования и последующая его неэффективная эксплуатация. Это явление было метко описано как «когда принтер есть, а работы на нем нет».



Алексей Ким, директор Департамента аддитивных технологий АО «Лазерные системы», считает, что такие «фейлы» происходят по нескольким причинам:

- Поверхностное обоснование инвестиций. Часто оборудование приобретается не из-за четкой производственной

необходимости, а скорее в угоду трендам» или для «освоения бюджета. Оценка производительности делается «по верхам», без детальной проработки специфики производства, номенклатуры изделий. Это приводит к тому, что 3D-принтер, стоимость которого может достигать десятков миллионов рублей, превращается в балласт, который не загружен и не приносит прибыли. Подобные решения принимаются без глубокого понимания реальной целесообразности, что влечет за собой не только финансовые потери, но и упущенные возможности для развития.

- Игнорирование сопутствующей инфраструктуры. Металлический 3D-принтер — это не просто устройство, он требует значительных вложений в «периферийное оборудование, соответствующую инфраструктуру и обрабатывающее оборудование». На этапе проработки внедрения часто не учитываются все необходимые сопутствующие траты, что делает проект экономически нецелесообразным. Отсутствие этих расчетов приводит к тому, что даже при наличии обученного персонала оборудование не может работать эффективно. Среди непредусмотренных, но необходимых могут быть: системы вентиляции, специализированные помещения, оборудование для постобработки, термообработки и многое другое.

- Завышенные ожидания и непонимание сложностей. Многие заказчики приходят с убеждением, что аддитивные технологии позволяют «вырастить буквально все: от болтов и гаек, заканчивая какими-то особо сложными изделиями». Однако экономика 3D-печати положительна лишь при «определенном пуле кейсов», где геометрия изделия настолько сложна или трудоемка, что классические методы неэффективны. Завышенные ожидания и недооценка реальных сложностей внедрения приводят

к разочарованию и простаиванию оборудования. Например, было показано, что для одной и той же алюминиевой детали, полученной 3D-печатью за 2,5–15 тысяч рублей, стоимость порошка составляла всего 63 рубля. Это подчеркивает, что основная стоимость кроется не в материале, а в трудоемкости, работе операторов станка, постобработке и термообработке.

• Отсутствие заказов и непроработанная номенклатура. Еще одна проблема — наличие оборудования при отсутствии четко проработанных планов по его загрузке. Если принтер приобретается «на вырост», без конкретной номенклатуры и серийности, он, скорее всего, будет простаивать. Предприятия могут загружать оборудование лишь на 10–30% от мощности, пытаясь затем его коммерциализировать, что часто неэффективно. При этом «номенклатура, которая будет печататься, должна быть разработана под этот технологический процесс», это позволит избежать экономически неоптимальных решений. Вопросы привлечения внешних заказов также должны прорабатываться задолго до того, как принтер будет поставлен в цех, чтобы обеспечить стабильную загрузку и быструю окупаемость инвестиций.

Алексей Ким: «САМЫЕ СЕРЬЕЗНЫЕ И ДОРОГИЕ ОШИБКИ, КАК ПОКАЗЫВАЕТ ОПЫТ, СОВЕРШАЮТСЯ ИМЕННО НА ЭТАПЕ ПЛАНИРОВАНИЯ. ПОЭТОМУ КРАЙНЕ ВАЖНО ЧЕТКО ПОНИМАТЬ, ПОД ЧТО КОНКРЕТНО ПОКУПАЕТСЯ ПРИНТЕР. РЕКОМЕНДАЦИЯ ЭКСПЕРТОВ — НАЧИНАТЬ С ТЕСТОВОЙ ПЕЧАТИ В СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ЦЕНТРАХ, ЧТОБЫ ОЦЕНИТЬ РЕАЛЬНУЮ ЭКОНОМИКУ И КАЧЕСТВО ИЗДЕЛИЙ, ПРЕЖДЕ ЧЕМ ИНВЕСТИРОВАТЬ В СОБСТВЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ».

Решение этих проблем кроется в «детальной, очень плотной, скрупулезной проработке работы линии». Необходимо точно определить, что будет печататься, в каком количестве, из каких материалов, какова будет загрузка оборудования. Производители и поставщики оборудования должны быть готовы предоставить всю необходимую информацию о производительности и окупаемости.

Материаловедческие и инфраструктурные вызовы: уроки сгоревших лазеров и запыленных принтеров

Конференция также глубоко погрузилась в сложности, связанные с материалами и условиями эксплуатации аддитивного оборудования. Так, при работе с высокоотражающими материалами, такими как медные сплавы и чистая медь, возникают значительные трудности для технологий прямого лазерного выращивания и SLM-технологии из-за высокого коэффициента отражения материалов (до 99%) в инфракрасном диапазоне. Поэтому для одного из кейсов, приведенных **Константином Бабки-**



ным, руководителем отдела исследований и разработок ИЛИСТ, компания приобрела дорогостоящий синий лазер (стоимость — 28 млн рублей), который «сгорел прямо на первых тестах», выдавая вместо 2 кВт всего 100 Вт. Однако эта неудача, как ни парадоксально, привела к важному

открытию: удалось подобрать режим работы с медным сплавом на обычной машине с инфракрасным лазером. Этот опыт показал, что, даже имея оборудование несовершенное или не совсем подходящее, можно решать задачи.

Константин Бабкин: «НУЖНО ОБЯЗАТЕЛЬНО ПЕРЕПРОВЕРЯТЬ ВСЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ, КОПАТЬ ОЧЕНЬ ГЛУБОКО, ОБЩАТЬСЯ С ЛИДЕРАМИ ИНДУСТРИИ, ПОСТОЯННО ВЗАИМОДЕЙСТВОВАТЬ С ПОСТАВЩИКАМИ ОБОРУДОВАНИЯ И ЗАДАВАТЬ ИМ, ЗАДАВАТЬ, ЗАДАВАТЬ, ЗАДАВАТЬ ВОПРОСЫ».

Константин Бабкин считает, что технические проблемы, хоть и сложны, часто решаются проще, чем преодолеваются организационные или ментальные барьеры. Было подчеркнуто, что даже опытные разработчики, которые много лет занимаются технологией, могут заблуждаться, если не перепроверяют все досконально, и это может привести к потерям, как денежным, так и временным.



Евгений Матвеев, генеральный директор и со-основатель компании «F2-инновации» рассказал об испытаниях при сдаче первой крупной машины: продукт оказался сложнее ожидаемого, пандемия усложнила логистику и производство. Оборудование получилось необычным

и эффективным, но проблемы возникли позже при создании изделий. Оказалось, что виноват был используемый материал, а не сама машина, но за год поисков решения возникла серьезная задолженность перед заказчиком, которую пришлось компенсировать за счет поставки дополнительного оборудования и предоставления услуг. Этот опыт научил коллектив компании тщательнее подходить к проектированию и разработке аддитивных технологий, подчеркивая важность комплексного подхода к изменению конструкций, а не отдельных деталей.

По мнению Матвеева, успешное внедрение аддитивных технологий зависит от трех ключевых факторов:

1. Оборудование, материалы и условия: важно правильно выбрать оборудование, подходящие материалы и обеспечить необходимые условия эксплуатации.

2. Мышление сотрудников: необходимо преодолеть психологические барьеры, перестать бояться изменений и адаптироваться к новым методикам проектирования и производства.

3. Комплексный подход: нужно сосредоточиться на функциях изделий, а не следовать традиционным справочникам, необходимо подбирать оптимальные решения по материалам, ориентации деталей и способам печати.

Для достижения положительного экономического эффекта важно проводить исследования и разработки (R&D), несмотря на возможные неудачи на первых этапах. Только преодолев внутренние барьеры и стереотипы, можно добиться существенного роста эффективности аддитивных технологий в промышленности.



Рушаном Хасяновым, директором по науке и развитию компании REC.

Полиамид-6 обладает высокой гигроскопичностью, поглощая до 5% влаги из воздуха, что снижает его прочность и повышает эластичность, поскольку вода выступает в качестве пластификатора. При печати контрольных образцов, особенно вертикальных, где межслойная адгезия зависит только от полимера, прочность сильно снижалась при водопоглощении. И, несмотря на то, что конструкторы заложили многократный запас прочности, материал не соответствовал внутренним нормативам качества. Это произошло потому, что производители 3D-принтеров и заказчики не имели достаточных компетенций в материаловедении и не привлекли поставщиков материалов к созданию нормативной документации. Решение заключалось в доработке технической документации и изменении параметров для учета водопоглощения, что позволило продолжить изготовление изделий.

ЭКСПЕРТЫ ПОДЧЕРКНУЛИ, ЧТО ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ЗА ВЫЯВЛЕНИЕ И КОНТРОЛЬ СКРЫТЫХ РИСКОВ ПРИ РАБОТЕ С МАТЕРИАЛАМИ, ОСОБЕННО НА ЭТАПЕ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ, «ТОЧНО ДОЛЖНА НАХОДИТЬСЯ В R&D-ОТДЕЛЕ, СТО ПРОЦЕНТОВ».

Рушан Хасянов также отметил, что новизна в сфере композитов сейчас заключается не столько в создании принципиально новых материалов, сколько в адаптации существующего материала под конкретную задачу клиента.



Еще один яркий пример значимости правильной производственной среды — кейс фотополимерной печати, представленный **Павлом Курдюмовым, руководителем промышленного направления и службы технической поддержки HARZ Labs.**

В одном из случаев промышленная фотополимерная машина, поставленная компанией, размещалась в обычном цеху, где работали фрезерные станки и отсутствовала нормальная вентиляция. Оптическая система принтера покрывалась слоем полимера, смешанным с пылью, что привело к снижению яркости на 50% и высокому проценту брака (до 40%). В результате цикл изготовления изделия, который должен был занимать 6 часов, часто растягивался до целого дня, потому что инженер тратил часы на запуск и борьбу с ошибками. Заказчик отказался перемещать оборудование в отдельное помещение с климат-контролем, предпочитая регулярные вызовы инженера для чистки. В итоге дорогостоящая установка (прайс от 4 млн рублей плюс оборудование для постобработки) была выведена из эксплуатации из-за невозможности создать правильные условия для стабильной работы.

Павел Курдюмов: «ОБЯЗАТЕЛЬНО НУЖНО ВЫДЕЛЯТЬ ОТДЕЛЬНОЕ ПОМЕЩЕНИЕ И КОНСУЛЬТИРОВАТЬСЯ СО СПЕЦИАЛИСТАМИ ОТ ПРОИЗВОДИТЕЛЯ МАТЕРИАЛОВ ИЛИ ОТ ПРОИЗВОДИТЕЛЯ НЕПОСРЕДСТВЕННО ЭТОГО ОБОРУДОВАНИЯ, КАК ОНО ДОЛЖНО СТОЯТЬ, КАК ЧАСТО ДОЛЖНО ПРОВОДИТЬСЯ ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ, ИНАЧЕ ВЫ ПРОСТО ПОТЕРЯЕТЕ ДЕНЬГИ».

Организационные вызовы и важность стандартизации

Обсуждались также организационные аспекты и человеческий фактор, влияющие на качество в серийном производстве. В одном из случаев компания, выполнившая более 10 тысяч заказов в аддитивке, столкнулась с тем, что в партии готовых деталей с паяными креплениями обнаружился брак: шурупы не закручивались, крепления не вставали на место, хотя ОТК не выявил проблем на стадии проверки части партии. Это произошло из-за «определенного нервяка» и неполной проверки. В условиях ускоренного производства, когда есть сроки и необходимость поддерживать репутацию, такие сбои сказываются на работе заказчика, и это все приводит к тяжелым последствиям. Было подчеркнуто, что для серийной продукции, даже мелкой, очень важен подход обеспечения качества на всех этапах. Решением стало прописывание всех бизнес-процессов,

введение техсовета для обсуждения потенциальных рисков и минимизации человеческого фактора через шаблоны и дополнительные операции. Это позволило снизить процент брака до 1,5%.



Даниил Рашупкин,
директор завода
РТИ и пластиков
TOO KZ TRANSIT
и SEO-платформы
Teleport 3D:

«ЕСЛИ ВЫ ЗАНИМАЕТЕСЬ АДДИТИВКОЙ, ЕСЛИ ВЫ ЗАНИМАЕТЕСЬ НЕ ПРОСТО ШТУЧНЫМИ ИЗДЕЛИЯМИ, А ВЫПУСКАЕТЕ ИХ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ, ТО ВОПРОС К БИЗНЕС-ПРОЦЕССАМ, ВОПРОС К КОНТРОЛЮ КАЧЕСТВА, К ТЕХНОЛОГИЯМ — ЭТО САМЫЙ ВАЖНЫЙ ВОПРОС ДЛЯ ТОГО, ЧТОБЫ НА РЫНКЕ ЗАНЯТЬ НИШУ И РАБОТАТЬ ДОЛГОСРОЧНО».

Дискуссия также затронула вопрос масштабирования производства: стоит ли переходить от ферм настольных принтеров к промышленному оборудованию. Отмечалось, что «настольные принтеры более мобильные, с ними сильно дешевле стоит разработка, соответственно, они более распространены и популярны». Для небольших мастерских дешевле «выкинуть, купить новое», если что-то сломалось. Можно построить ферму из 20 принтеров и достаточно эффективно на них печатать. Промышленные установки, хотя и имеют свои ниши (печать мастер-моделей для силиконовых форм, выжигаемых моделей, крупногабаритных оснасток), сталкиваются с ограничениями в выборе материалов и сложностью обслуживания, особенно в России, где не всегда доступны местные сервисные инженеры. Например, было отмечено, что одна из промышленных установок была выведена из эксплуатации именно из-за невозможности привезти сервисника. Переход в крупногабаритный сегмент должен быть оправдан задачами, требующими производства запчастей промышленного назначения, где важна возможность выпускать частями, отгружать частями и партиями. Было отмечено, что оптимизация принтеров для коммерческого использования позволяет изготавливать запчасти промышленного назначения.

Критическую роль в успешном внедрении аддитивных технологий играет стандартизация. В России действует технический комитет по стандартизации ТК-182, который уже разработал и утвердил 53 стандарта в этой области. Эти стандарты охватывают различные технологии (SLM, DMD, MEX, BinderJetting) и постоянно актуализируются. Стандартизация, по словам представителей отрасли, является «дополнительным инструментом, который позволяет сделать внедрение более простым, понятным

и логичным». Она способствует обеспечению единых подходов, терминологии и требований к продукции, методам испытаний. Проблемы заключаются в недостаточном использовании существующих стандартов предприятиями и отсутствии обратной связи от пользователей: из 67 организаций — членов комитета замечания по стандартам присылают лишь 10–15.

Были озвучены перспективные направления развития в области стандартизации, включая разработку общих технических условий для сырья, создание единой международной базы синтезированных материалов и стимулирование локализации отечественного оборудования. Отмечалось, что законодательная база в этой сфере изменчива, и компаниям важно отслеживать эти тенденции для получения необходимых сертификационных документов, что позволяет участвовать в госзакупках.



Антон Барданов,
операционный
директор Ассоциации
развития аддитивных
технологий:

«ПРОБЛЕМА СО СТАНДАРТИЗАЦИЕЙ СТАНОВИТСЯ БОЛЕЕ АКТУАЛЬНОЙ, И НАИБОЛЕЕ СООБРАЗНЫМ РЕШЕНИЕМ ВИДИТСЯ СОЗДАНИЕ МЕЖГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО КОМИТЕТА МТК, КОТОРЫЙ МОЖНО, ОРГАНИЗОВАТЬ НА БАЗЕ НАЦИОНАЛЬНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО КОМИТЕТА 182».

Учиться на ошибках — главный принцип развития



По мнению **Никиты Вострова, CEO «Бюро креативного инжиниринг»**, ключ к успеху — это способность преодолеть так называемую долину смерти стартапов, проявляя гибкость команды и имея лояльное руководство. Предприятия с сильной командой R&D и широким полем для деятельности достигают результатов быстрее. Было отмечено, что «ошибаться — это нормально» и что каждая неудача должна стать шагом к более зрелым решениям. Суть не в отсутствии ошибок, а в умении учиться на них, превращая провалы в ценный опыт.

Одним из примеров применения этого подхода в компании стал поиск системы для изготовления оправ для очков, которые были бы уникальны и индивидуализированы под запрос клиента. Это комплексная и много-

функциональная задача, требующая не только 3D-печати, но и понимания, анализа больших данных, реверс-инжиниринга или сканирования лица. Здесь аддитивные технологии могут оказать существенную помощь. Главный инсайт: команде должно быть позволено совершать ошибки в достаточном количестве, и она должна быть готова учиться новым технологиям и внедрять их для решения своих задач. Скорость внедрения изменений напрямую зависит от готовности команды изучать и применять новые подходы.

Итоги и перспективы

Конференция Fail Conf стала наглядным подтверждением того, что откровенный разговор об ошибках является мощным драйвером развития. Она позволила участникам не только выявить типичные проблемы внедрения аддитивных технологий — от ошибок в планировании и экономическом обосновании до вызовов материаловедения, инфраструктуры и контроля качества, — но и обменяться практическими лайфхаками для их решения.

Ключевые выводы, которые вытекают из докладов спикеров, сводятся к следующему:

1. Внедрение аддитивных технологий требует системного подхода, учитывающего не только само оборудование, но и материалы, инфраструктуру, бизнес-процессы, а также компетенции персонала. Необходимо думать не только про отдельную деталь, но про всю сборку целиком.

2. Необходимо провести глубокий анализ экономической целесообразности, тщательно проработать производственный цикл, определить номенклатуру, объемы и учесть все сопутствующие затраты.

3. Важно постоянно изучать новые материалы и технологии, проводить эксперименты и не бояться ошибок, воспринимая их как источник роста. Общение с лидерами индустрии и поставщиками оборудования является ключевым.

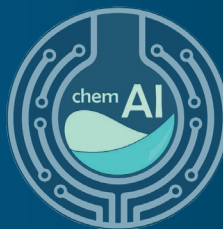
4. Строгий контроль качества на всех этапах производства и активное использование отраслевых стандартов являются основой долгосрочного успеха на рынке. Недоработки в постобработке или отклонения в свойствах материалов могут привести к значительным убыткам и потере репутации.

5. Готовность команды и руководства к изменениям, признанию ошибок и поиску нестандартных решений — залог преодоления трудностей. «Чтобы оставаться на месте, надо бежать со всех ног», — прозвучало на конференции.

В целом конференция показала, что внедрение аддитивных технологий — это не просто покупка оборудования, а сложный, многогранный процесс, требующий глубокого анализа, готовности к экспериментам и постоянного обучения. Именно такой честный подход позволит российской промышленности в полной мере реализовать потенциал аддитивных технологий и перейти на новый уровень производительности.

Мария Хоггетт

Использованы фото с ресурсов:
Академия аддитивных технологий «Цифра Цифра»,
Евразийская ассоциация бизнеса,
АО «Лазерные системы», HARZ Labs, Digital Business,
российское общество «Знание», ИЛИСТ, Industry3D,
Финансовый университет при Правительстве РФ



ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ ДЛЯ ХИМИИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ: ОСНОВНЫЕ ТРЕНДЫ И СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ

Вторая научная конференция
«Искусственный интеллект в химии
и материаловедении» состоится

17–21 ноября 2025 года

в Институте органической химии
им. Н.Д. Зелинского РАН (г. Москва).

Председатель научного комитета —
академик В.П. Анаников,
председатель организационного комитета —
акад. А.О. Терентьев.

Конференция AI-2025 является широкой дискуссионной площадкой, местом контакта между представителями высших учебных заведений, академической науки, промышленности и различных многопрофильных технологических компаний. Здесь рассматриваются актуальные темы, охватывающие передовые технологии в производстве и промышленных приложениях, фундаментальные аспекты химии и материаловедения, современные достижения биологии и инновационные подходы в медицине. Одним из ее важнейших результатов является формирование устойчивых связей представителей науки и технологических компаний, которые будут успешно обмениваться опытом и объединять усилия для решения общих задач.

На AI-2025 будет специальная сессия для химиков, которые в настоящее время не ведут исследования в области искусственного интеллекта, но хотят найти партнеров.

Более подробная информация
представлена на сайте

<http://ai2025.zioc.ru/>,

а также в телеграм-канале

https://t.me/AI_and_science

Применение технологии литья по выжигаемым моделям, изготовленным методом 3D-печати

Г.В. Калугин, главный металлург – начальник отдела ПАО «РКК «Энергия»; grigoriy.kalugin1@rsce.ru

А.М. Зайцев, заместитель технического директора завода по подготовке производства ПАО «РКК «Энергия», к.т.н.; alexey.zaitsev@rsce.ru

А.В. Дранков, заместитель главного металлурга – начальник бюро ПАО «РКК «Энергия»

А.Н. Гудков, инженер-технолог II категории ПАО «РКК «Энергия»

В статье рассматриваются перспективы применения аддитивных технологий для изготовления выжигаемых моделей при создании литейных оболочковых керамических форм (ОКФ) при производстве деталей ракетно-космической техники (РКТ). Анализируются основные преимущества технологии, такие как сокращение сроков подготовки производства, возможность изготовления деталей сложной геометрии и экономическая эффективность при единичном и мелкосерийном производстве.

Введение

Одной из проблем в производстве ракетно-космической техники является высокая стоимость и длительность цикла изготовления литых деталей на этапе опытно-конструкторских работ при единичном или мелкосерийном производствах [1].

Увеличение сроков изготовления отливок и значительные финансовые затраты традиционно связаны с необходимостью создания точной металлической оснастки для изготовления восковых моделей. Каждая конструктивная правка изделия влечет за собой дорогостоящее изменение в оснастке или ее полное перепроектирование. Решением данной проблемы является интеграция аддитивных технологий в литейное производство [2].

Цель работы заключается в отработке технологии литья по выжигаемым моделям, изготовленным методом экструзионной печати (FDM) из полимерного материала, и получении годных отливок из жаропрочной стали.

Основные этапы производства отливок по технологии литья по выжигаемым моделям

1. Проектирование литниково-питающей системы (ЛПС), создание цифровой модели отливки и ее адаптация под 3D-печать

Процесс начинается с разработки 3D-модели будущей отливки. На этом этапе технолог рассчитывает и проектирует ЛПС, которая обеспечит стабильный подвод расплава и скомпенсирует дефекты, возникающие в процессе усадки. 3D-модель отливки с ЛПС делят на части в случае превышения области печати принтера и загружают в специализированное программное обеспечение – слайсер. В рамках опытной работы из жаропрочной стали будут изготовлены отливки «Пуансон». Модель блоков представлена на рис. 1.

2. Изготовление выжигаемых моделей методом FDM-печати и их сборка в единый блок

Для изготовления выжигаемых моделей чаще всего применяют две технологии: SLA/DLP и FDM. В стереолитографии (SLA/DLP) применяют специальные фотополимерные смолы, по свойствам аналогичные литейным воскам (высокая точность, низкая зольность). Данный тип печати позволяет изготавливать модели с низкой шероховатостью, но имеет ряд технологических ограничений: небольшая область печати и трудоемкий процесс очистки моделей от остатков фотополимера.

Технология FDM-печати позволяет изготавливать модели из полилактида (PLA), имеющего низкую зольность и меньший коэффициент теплового линейного расширения по сравнению с другими термопластами, что позволяет избежать брака по растрескиванию керамической оболочковой формы [3]. Данная технология печати обеспечивает более грубую поверхность моделей, но подходит для более крупногабаритных моделей. Отливка с ЛПС разделяется на части, которые изготавливаются на 3D-принтере из полилактида. Затем полученные части склеивают в единый блок (рис. 2).

3. Изготовление оболочковых керамических форм (ОКФ)

Для изготовления керамических оболочковых форм применяют специализированный огнеупорный порошок различных фракций и связующее. Модельный блок погружают в жидкую суспензию и обсыпают огнеупорным

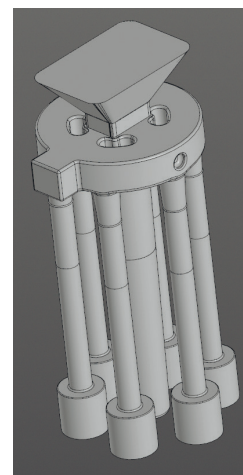


Рис. 1. 3D-модель блоков отливки «Пуансон»



Рис. 2. Модельные блоки отливки «Пуансон», напечатанные из полимера по технологии FDM-печати



Рис. 3. Оболочковые формы отливки «Пуансон»



Рис. 4. Модельный блок после выжигания полимера

материалом, после чего ставят в сушильный шкаф для формирования прочной керамической формы. Количество слоев зависит от габаритов отливки, ее массы и конфигурации. В нашем случае количество слоев не превышает десяти. Оболочковые формы представлены на рис. 3.

4. Формование модельного блока и выжигание полимера

Данный этап изготовления отливки является самым важным и сложным. При выжигании полимера керамическая форма испытывает повышенные термические и механические нагрузки. Механические нагрузки возникают вследствие большой разницы (несколько порядков) между коэффициентами линейного расширения полимера и ОКФ. Поэтому важно соблюдать и полностью контролировать все параметры нанесения ОКФ на модельный блок.

Выжигание полимера проходит по ступенчатому графику нагрева. Полная деструкция полилактида происходит при температуре 600–620°C, затем форму прокаливают при температуре 900°C. При превышении скорости роста температуры возможен брак растрескивания формы. При недостаточной скорости возможно образование золы на дне ОКФ. На рис. 4 представлен модельный блок после прокалики.

5. Заливка металла и выбивка формы

После прокалики керамическая форма заливается жидким расплавом. После остывания форма разрушается, отливка отделяется от литниковой системы и подвергается первичной очистке. Полученная отливка с ЛПС представлена на рис. 5.



Рис. 5. Отливка до удаления остатков керамики

Вывод

Проведенная работа подтвердила целесообразность применения технологии литья по выжигаемым моделям как альтернативы традиционным методам получения отливок из жаропрочных сталей. Использование данной технологии позволяет не только снизить себестоимость производства за счет отказа от металлической модельной оснастки, но и существенно сократить сроки изготовления новых изделий в сравнении с традиционным литьем по выплавляемым моделям.

В ходе работы можно сделать следующие выводы:

- После выжигания полимера стабильно обеспечивается целостность полученных оболочковых форм и высокое качество их поверхности.
- При соблюдении технологии выжигания удается получить поверхность отливок без поверхностных дефектов и засоров.
- Технология обладает универсальностью и может быть внедрена в условиях как опытного, так и серийного производства, обеспечивая стабильное качество отливок.

Дальнейшие исследования, направленные на совершенствование материалов для 3D-печати моделей, разработку методов контроля и автоматизацию процесса печати, будут способствовать расширению области применения данного метода не только в ракетно-космической и авиационной отраслях, но и в общем машиностроении.

Литература

1. Артемов А.Л., Дядченко В.Ю., Лукьяшко А.В., Новиков А.Н., Попович А.А., Рудской А.И., Свечкин В.П., Скоромнов В.И., Смоленцев А.А., Соколов Б.А., Солнцев В.Л., Суфияров В.Ш., Шачнев С.Ю. Отработка конструктивных и технологических решений для изготовления опытных образцов внутренней оболочки камеры сгорания многофункционального жидкостного ракетного двигателя с использованием аддитивных технологий // Космическая техника и технологии. 2017. №1 (16). С. 50–62.
2. Андрианов П.А., Колмаков А.Е., Уткин М.М. Литье стали по выжигаемым аддитивным моделям // Известия ТулГУ. Технические науки. 2019. С. 436–444.
3. Баринев А.Ю. Повышение эффективности литья в керамические формы за счет аддитивного производства воскополимерных моделей. Дис. канд. тех. наук. Самара, 2022. 158 с.

3D-технологии в детском саду: игра, обучение и развитие на грани возможного



Андрей Гурьев, ментор проекта «3D-образование»

3D-печать в дошкольном образовании: новая парадигма развития

Современные аддитивные технологии, выходя за рамки промышленного применения, находят все более широкое применение в дошкольном образовании, формируя новую парадигму раннего развития. Этот процесс обусловлен уникальным сочетанием факторов: пластичностью детского восприятия, естественной склонностью дошкольников к исследовательской деятельности и возможностью адаптации сложных технологий к возрастным особенностям. Проект «3D-образование» демонстрирует, как 3D-моделирование превращается в эффективный педагогический инструмент, развивающий пространственное мышление, логику и творческие способности.

Особую ценность представляет создание персонализированных дидактических материалов — от тактильных алфавитов до моделей природных явлений. В детских садах, внедряющих такие практики, педагоги отмечают, что работа с 3D-моделями помогает детям лучше понимать формы, пропорции и простейшие физические законы. При этом современные образовательные 3D-принтеры с экологичными материалами и интуитивным ПО позволяют органично включать технологические элементы в привычные занятия.

Доступность оборудования делает процесс обучения динамичным, сохраняя важную для дошкольников игровую составляющую. Дети наблюдают, как их рисунки превращаются в объемные фигурки, что развивает не только моторику, но и закладывает основы инженерного мышления. Такой подход формирует у дошкольников технологическую грамотность через естественную для их возраста исследовательскую деятельность.

Почему 3D — это про детей

Пространственное мышление, моторика и восприятие формы активно формируются в дошкольном возрасте, когда дети наиболее восприимчивы к новым впечатлениям и экспериментам. Именно в этот период закладываются основы понимания объема, симметрии, пропорций и логики построения объектов, которые становятся естественной частью игрового и познавательного опыта. 3D-моделирование и 3D-печать, вводимые в педагогическую практику с опорой на возрастные особенности, помогают детям не просто видеть и трогать, но и осмысленно создавать объекты в реальном и виртуальном пространстве.

Развитие происходит в тесной связи с окружающей средой, и роль предметно-пространственной организации образовательного пространства здесь трудно переоценить. Когда ребенок работает с физическим 3D-объектом, напечатанным им по собственному эскизу или собранным из модулей, он одновременно погружается в процесс проектирования, конструирования и оценки результата.

Интерактивность в обучении приобретает новое качество, когда ребенок может наблюдать причинно-следственные связи не в абстрактной форме, а через реальное взаимодействие с цифровыми инструментами. Проект, созданный на планшете, буквально превращается в вещь, что усиливает мотивацию и понимание последовательности действий. Использование аддитивных технологий в такой среде помогает объединить познание, творчество и техническое мышление в одном образовательном процессе, делая его для ребенка логичным, осмысленным и вовлекающим.

Как это работает на практике

В условиях дошкольного образования 3D-моделирование применяется в адаптированной форме, позволяя детям работать с простыми формами и образами. Используются интуитивно понятные инструменты — от пластилиновых заготовок до визуальных редакторов с упрощенным интерфейсом. Дети создают макеты животных, элементов природы, сказочных персонажей, одновременно осваивая базовые принципы формы, симметрии и компоновки.

После моделирования создается физический объект с помощью 3D-печати, что особенно важно с точки зрения тактильного и зрительного восприятия. Работа с готовыми предметами — будь то фигуры, детали конструктора или элементы для сюжетной игры — позволяет детям возвращаться к созданному продукту в разных образовательных контекстах. Отпечатанные объекты могут быть окрашены, дополнены или интегрированы в тематические зоны группы, что расширяет возможности для ролевых и обучающих сценариев.

Образовательная эффективность 3D-технологий усиливается, когда печатные изделия становятся частью игровых или исследовательских заданий.

Преимущества интеграции 3D в ДОУ

Интеграция 3D-печати в дошкольную среду делает обучение наглядным и осмысленным: дети не просто изучают форму и размер, а создают реальные объек-

ты, закрепляя знания через действие. В программах «3Д-образование» они задают параметры модели и получают результат, что усиливает интерес и понимание.

В инклюзивной практике 3D-технологии открывают дополнительные возможности: осязаемые материалы, визуальная пошаговость и вариативность заданий позволяют адаптировать обучение под разные потребности. Это делает процесс более доступным и эффективным.

Технология усиливает вовлеченность и способствует развитию steam-навыков. Через игру и проектирование дети осваивают основы инженерного мышления и цифровой грамотности, что становится важной частью ранней профориентации.

Практика внедрения в детсадах

Внедрение 3D-печати в дошкольное образование строится поэтапно и охватывает три уровня вовлеченности детей. На первом этапе происходит знакомство с оборудованием и основами технологии. Дети наблюдают, как работает принтер, осваивают правила безопасности и пробуют напечатать простую модель с SD-карты. Это позволяет сформировать базовое понимание процесса и вызвать интерес к технологии. В рамках программы «3Д-образование» этот уровень дополняется сюжетными сценариями и наглядными материалами, адаптированными под возрастные особенности дошкольников.

На следующем уровне дети переходят к самостоятельному выбору моделей, загружаемых из открытых библиотек, что требует освоения слайсинга и понимания форматов файлов. Работа с программами вроде Cura проводится в упрощенной форме, с акцентом на интуитивное взаимодействие и поддержку со стороны педагога. Появляется возможность влиять на параметры печати, корректировать модель и анализировать результат, что способствует развитию целеполагания и технической грамотности.

Третий уровень предполагает переход к самостоятельному 3D-моделированию — от простых форм в двумерной плоскости до объемных конструкций. Этот этап реализуется в детских садах ряда регионов, включая проекты в Татарстане, Санкт-Петербурге и ХМАО. Отзывы воспитателей отмечают рост интереса к инженерному мышлению и коллективному проектированию, а родители подчеркивают устойчивую вовлеченность детей в творческую деятельность. Обязательной частью внедрения яв-

ляется подготовка педагогов: обучение сопровождается методическими материалами и постоянной технической поддержкой со стороны команды «3Д-образование».

Вызовы и перспективы

Реализация проектов с применением 3D-печати в дошкольных учреждениях требует соблюдения ряда условий, в первую очередь — обеспечения безопасной, надежной и адаптированной под возрастную группу технической среды. Принтеры должны быть компактными, защищенными и простыми в обслуживании, а используемые материалы — нетоксичными и сертифицированными. Важна и организация пространства и режима занятий, чтобы интеграция технологии не нарушала ритм образовательного процесса, а органично встраивалась в него.

Ключевым фактором становится наличие методической и кадровой поддержки. Внедрение 3D-технологий невозможно без подготовленных педагогов, которые понимают не только техническую сторону процесса, но и умеют выстраивать занятия с учетом образовательных задач и возможностей детей. Программа «3Д-образование» включает комплексное сопровождение — от обучающих курсов и инструкций до готовых сценариев занятий, что позволяет ДОО минимизировать барьеры входа и обеспечить устойчивость результата.

В перспективе 3D-печать и моделирование могут стать частью стандартной цифровой среды детских садов. Масштабирование таких решений возможно при условии централизованной поддержки, обмена опытом между регионами и включения технологии в приоритетные направления steam-образования.

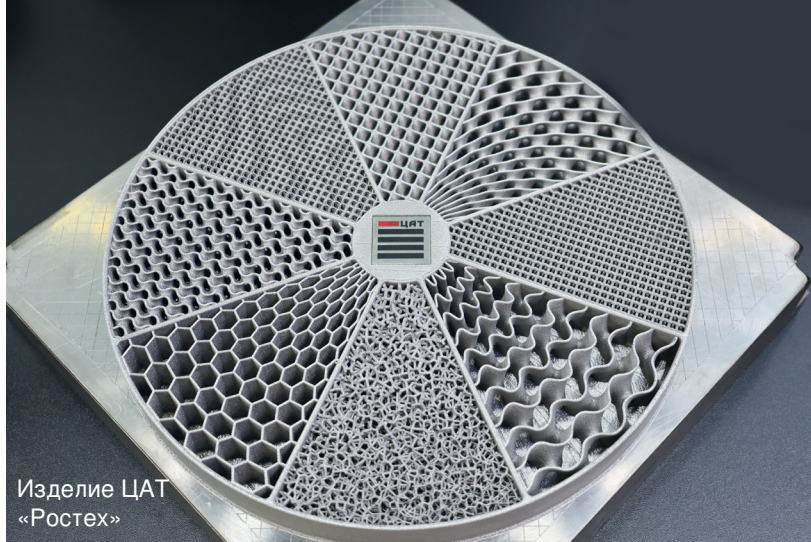
Заключение

Интеграция 3D-печати в детских садах превращает обучение в активный, творческий процесс, где дети осваивают пространственное мышление и основы проектной деятельности через собственный опыт. Работа с моделями развивает координацию, внимание и аналитические навыки, формируя базу для дальнейшего освоения технических и художественных дисциплин.

Готовые решения и обучение педагогов делают внедрение технологии доступным и устойчивым. В результате 3D-печать становится не просто инновацией, а рабочим инструментом современной образовательной среды.



Перспективы внедрения аддитивных технологий: революция в промышленности или временная мера?



Аддитивные технологии (АТ) представляют собой одну из наиболее динамично развивающихся областей современного производства, демонстрируя огромный потенциал для трансформации промышленных процессов и продуктов. Рассмотрим подробнее перспективы их внедрения на основании представленных выступлений на профильной сессии АРАТ «Перспективы внедрения аддитивных технологий: революция в промышленности или временная мера?», которая состоялась в рамках юбилейной 20-й международной выставки Rosmould-2025. Модератором выступила **Ольга Оспенникова, исполнительный директор АРАТ.**

Открывая дискуссию, Ольга Оспенникова подчеркнула высокую актуальность темы, отметив, что аддитивные технологии вызывают значительный интерес на самом высоком уровне, о чем свидетельствовало их обсуждение в тот же день на заседании Совета торгово-промышленных палат Российской Федерации.

Игорь Пучков, заместитель генерального директора по развитию и новым продуктам ОАО «НПО «ЦНИИТМАШ», поддержал мнение и выделил ряд ключевых достижений предприятия в области АТ: разработку головных образцов 3D-принтеров и отработку технологий печати несколькими марками сталей, включая изготовление одного из крупнейших в России аддитивных изделий для ОДК в 2020 году. В созданной линейке принтеров особый интерес вызывают высокотемпературные установки для работы с новыми марками сталей. Как значимое достижение он обозначил разработку систем контроля процесса печати, позволяющих прогнозировать отклонения в реальном времени, минимизировать брак и снижать объем разрушающего контроля готовых изделий. Несмотря на успешный опыт сборки российского принтера из отечественных комплектующих, Пучков констатировал, что оборудование пока не вышло на уровень серийного производства, отчасти из-за недостаточного спроса со стороны конструкторов.

Для полноценного функционирования аддитивного производства, по мнению докладчика, необходим целый комплекс условий: аттестованный персонал, допущенные технологии и методики контроля. Все это упирается в нормативно-техническую базу, которую

ЦНИИТМАШ считает основным ограничителем роста спроса на АТ-оборудование и технологии. Предприятие ведет работу по адаптации существующих стандартов для нужд аддитивного производства.

Сергей Тепаев, заместитель генерального директора по науке ООО «РосАТ», поделился личным опытом двенадцатилетнего пути к осознанию потенциала аддитивных технологий (рис. 1). Тепаев обратил внимание на парадоксальную ситуацию: при активном росте числа производителей оборудования и публикаций об аддитивных технологиях с 2010 года их реальное применение в массовом машиностроении остается ограниченным. В качестве редкого примера успешного внедрения был упомянут завихритель для двигателя ПД-14.

Проводя исторические параллели, докладчик напомнил о схожих сомнениях в отношении сварки в 1920-е годы, которая к 1943 году благодаря работам Е.О. Патона сократила цикл производства бронекорпусов Т-34 в семь раз. Этот пример иллюстрирует закономерный путь развития новых производственных технологий, требующий времени и терпения. Особое внимание Тепаев уделил вопросам нормативного регулирования, подчеркнув, что существующие стандарты «написаны кровью» на примере авиационных катастроф 1930-х годов. При этом он выразил мнение, что совместная работа, включая реализацию дорожной карты «РосАТ», позволит преодолеть существующие барьеры.

Завершая выступление, Тепаев поднял важный вопрос о стратегии локализации производства оборудования и материалов для аддитивных технологий в рамках «Росатома», учитывая высокие затраты на сертификацию в атомной отрасли и долгосрочные риски зависимости от поставщиков.

Александра Семенцова, заместитель главного конструктора по ПКМ и аддитивным технологиям АО «НЦВ Миль и Камов», в своем выступлении поделилась опытом внедрения аддитивных технологий в вертолетостроении, полученным центром с 2019 года. Несмотря на относительно небольшой срок, были достигнуты значимые результаты: разработано более 270 наименований деталей для четырех моделей вертолетов, из которых 83 уже переведены в серийное производство. Особый



Рис. 1. Импеллер – выполнен «РосАТ» по SLM-технологии.

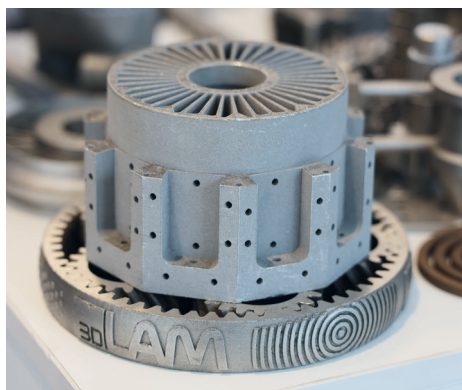


Рис. 2. Изделия сложной формы, выполненные компанией 3DLAM по технологии SLM

интерес вызвали конкретные примеры применения технологий. В конструкции системы управления вертолета Ми-171А3 удалось снизить массу деталей на 15–20%. Серийное производство бионического кронштейна носового обтекателя не только упростило конструкцию, но и улучшило характеристики антенны. Применение высокопрочной стали ВНЛ-14 и методов топологической оптимизации позволило сократить массу кронштейнов установки капотов до 68%. Успешным примером импортозамещения стали ажурные фитинги крепления системы аварийного приводнения, заменившие недоступные французские комплектующие.

Отдельное внимание было уделено внедрению селективного лазерного спекания полимеров в производстве элементов системы кондиционирования воздуха. Использование полиамида ВТП-9 и полиэфирэфиркетона (PEEK) позволило не только сократить сроки изготовления, но и снизить массу узлов в полтора раза. Центр продолжает работы по освоению новых материалов и технологий, планируя расширять их применение на всю линейку производимых вертолетов.

Дмитрий Голубин, главный технолог Центра аддитивных технологий госкорпорации «Ростех» (ЦАТ Ростех), уделит внимание практическим примерам внедрения (рис. 3), таким как производство завихрителей для авиадвигателей, где использование аддитивных технологий позволило сократить сроки разработки и трудоемкость изготовления. Другим показательным примером

стали сложные детали с внутренними каналами, требующие особого подхода к проектированию для минимизации поддерживающих структур при печати. Голубин отметил, что работа центра ведется в строгом соответствии с отраслевыми стандартами и требованиями, что особенно важно для авиационной и оборонной промышленности.

Продолжая тему промышленного внедрения, **Николай Дробченко из компании 3DLAM** сосредоточился на практических аспектах внедрения аддитивных технологий, подчеркивая важность правильного позиционирования технологии для серийного производства. Дробченко привел несколько ярких примеров успешного применения (рис. 2), включая изготовление тепловых экранов для газотурбинных установок, где переход на аддитивные технологии существенно упростил производственный процесс. Особый интерес вызвал пример с пищевой промышленностью, где применение 3D-печати позволило создавать зефир с начинкой, добавляя новое потребительское качество продукту. В своем выступлении Дробченко неоднократно подчеркивал, что реальная ценность аддитивных технологий часто заключается не в прямой экономии, а в создании уникальных характеристик продукции, которые невозможно достичь традиционными методами производства. Он также обратил внимание на важность сочетания отраслевых компетенций заказчиков с возможностями аддитивных технологий, что позволяет создавать действительно инновационные решения.



Рис. 3. Изделия ЦАТ Ростех: а) рабочее колесо открытого типа, б) кронштейн радиоэлектронной аппаратуры

Подводя итоги этой части обсуждения, Ольга Оспенникова отметила значительный прогресс в области аддитивных технологий в России, особенно в авиа-космической отрасли, где уже накоплен существенный практический опыт. Она также обратила внимание на появление отечественных производителей оборудования для ме-

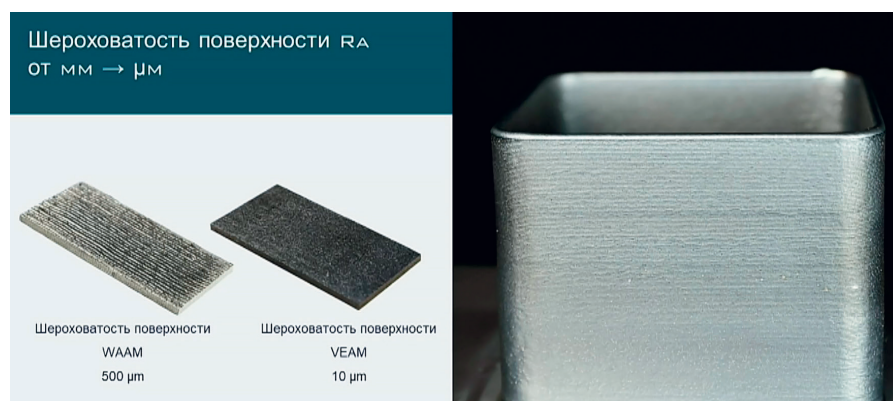


Рис. 4. Сравнение шероховатости образцов, выполненных по технологиям WAAM и VEAM. Фото: i3D



Рис. 5. АТ в прототипировании сложных устройств космической отрасли. Образец выполнен компанией «Онсинт»

таллической 3D-печати, что создает новые возможности для развития отрасли. В ходе обсуждения участники неоднократно возвращались к мысли о необходимости комплексного подхода к внедрению аддитивных технологий, сочетающего технические, организационные и экономические аспекты. Особый акцент был сделан на важности создания нормативной базы, которая бы обеспечивала безопасное и эффективное применение новых технологий в промышленности, особенно в ответственных отраслях. При этом участники подчеркивали, что несмотря на существующие барьеры, аддитивные технологии уже сегодня демонстрируют свою эффективность в решении конкретных производственных задач и создании продукции с уникальными характеристиками.

Алексей Ембулаев из компании i3D выделил как ключевую проблему современного этапа развития аддитивных технологий — недостаток компетенций у конечных пользователей, что существенно ограничивает потенциал их промышленного применения. На текущий момент именно этот фактор наряду с техническими ограничениями по скорости печати и себестоимости продукции создает основные барьеры для массового внедрения.

Особое внимание докладчик уделил инновационной технологии VEAM, представляющей собой новый этап развития лазерных наплавов. В отличие от традиционных методов, эта система использует шесть синхронизированных лазеров, пять из которых осуществляют плавку проволоки, а шестой выполняет финишную обработку поверхности (ремелтинг). Такое решение позволяет достигать беспрецедентного качества поверхности (рис. 4) с шероховатостью до 6,2 микрона при работе с титаном, что подтверждено независимыми исследованиями с использованием томографа и измерительного оборудования.

Алексей отметил, что на мировом рынке присутствуют всего два производителя подобного оборудования. При этом технология VEAM демонстрирует впечатляющую производительность — до 8 кг/час при использовании стандартной сварочной проволоки, что открывает возможности для работы с различными материалами, включая титан и медь.

Вторым перспективным направлением было названо нанесение связующего на полиамид — технология, отличающаяся высокой скоростью печати при относительно ограниченном выборе материалов. Этот подход особенно востребован в медицинской сфере, где позволяет создавать индивидуальные ортопедические изделия — от корсетов и лангет до сложных протезных гильз, точно соответствующих анатомическим особенностям пациентов.

Особый акцент был сделан на переходе от опытного производства к серийному, где технология Binder Jetting (струйное нанесение связующего) может стать ключевым решением благодаря своей способности быстро производить значительные объемы продукции. Этот аспект особенно важен для отраслей, выходящих за рамки авиакосмического сектора с его традиционно небольшими сериями.

В заключение спикер подчеркнул, что современные аддитивные технологии находятся на пороге качественного скачка, когда накопленные знания и опыт начинают трансформироваться в конкретные промышленные решения, способные конкурировать с традиционными методами производства по целому ряду параметров.

Дмитрий Антонов, заместитель генерального директора по развитию ООО «Онсинт», поделился опытом расширения технологического портфеля компании (рис. 5). От начальной специализации на полимерных системах компания перешла к металлической печати, разработав в том числе специализированный высокотемпературный SLS-принтер. Антонов подробно описал процесс оптимизации конструкции печатного узла, где пришлось полностью пересмотреть систему охлаждения, перейдя от полиамидных к алюминиевым компонентам с водяным охлаждением. Особое внимание было уделено сотрудничеству с научными и образовательными учреждениями, включая совместные проекты с МИЭТ, Институтом химии и Московским Политехом.

Денис Голубцов, коммерческий директор ООО «ЗМ Инжиниринг», подробно рассказал о современных разработках в области аддитивного литейного производ-

ства. Его компания разработала интересные решения на основе технологии Binder Jetting (струйное нанесение связующего), предлагая клиентам не просто оборудование, а комплексные услуги по созданию отливок любой сложности для различных сплавов.

Компания выпускает два типа специализированных принтеров. Первый предназначен для печати песчаных и полимерных форм, второй — для создания точных восковых моделей из полиметилметакрилата. Особенность применяемой технологии заключается в использовании различных видов песка, включая кварцевый, хромитовый и алюмосиликатный, а также магнезит и графит для работы с титановыми сплавами (рис. 6).

Технологический процесс отличается высокой точностью, позволяя достигать отклонений всего в 0,3 мм при соединении элементов формы без использования клея. В основе решения лежит применение отечественных материалов — кварцевого песка с фурановым связующим, добываемого на российских карьерах. По мере роста спроса на расходные материалы все больше карьеров модернизируют свое оборудование для очистки и просеивания песка, что в перспективе должно снизить стоимость материалов.

Голубцов подчеркнул, что главное преимущество их технологии — значительное сокращение временных затрат на производство. Это особенно важно при подготовке новых изделий, когда требуется быстро протестировать различные варианты форм. Технология позволяет оперативно вносить изменения в 3D-модели и проверять результаты, существенно ускоряя процесс доводки изделий до готовности к серийному производству.

В качестве примеров успешного применения технологии были приведены несколько реализованных проектов. Среди них — производство двигателя для беспилотников мощностью 200 лошадиных сил, создание сложной головки блока авиационного двигателя с системой кольцевого охлаждения, а также реверс-инжиниринг шестичилиндрового австрийского двигателя. Особое внимание было уделено проекту по производству головки блока цилиндров для судовых дизельных установок, где время изготовления критически важного узла удалось сократить с недели до 45 часов.

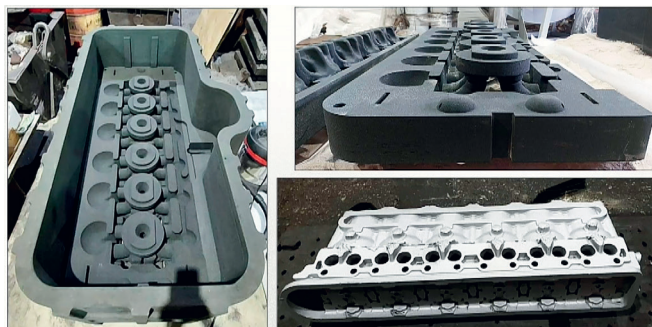


Рис. 6. Моноблок дизельного судового двигателя, выполненный по новой литейной технологии с использованием 3D-напечатанных песчаных форм.
Фото: «ЗМ Инжиниринг»

Говоря о роли аддитивных технологий, Голубцов выразил твердую убежденность в их революционном потенциале. По его мнению, эти технологии — не просто временное решение, а принципиально новый подход к производству, открывающий перед конструкторами неограниченные возможности для инноваций. Они требуют переосмысления традиционных методов проектирования и способны кардинально преобразовать промышленное производство, предлагая решения, недоступные при использовании классических технологий.

Завершающая часть сессии вылилась в оживленный обмен мнениями о подлинной роли аддитивных технологий в современной промышленности. Большинство участников склонялось к признанию революционного характера этих технологий, подчеркивая их способность перевернуть традиционные подходы к проектированию и производству. Особый акцент делался на уникальных возможностях создания изделий с принципиально новыми характеристиками, недостижимыми при использовании классических методов.

В то же время прозвучали более сдержанные оценки, согласно которым революционный потенциал аддитивных технологий еще только предстоит реализовать. Некоторые эксперты указывали на сохраняющееся сопротивление переменам со стороны приверженцев традиционных подходов, необходимость подготовки нового поколения инженеров и важность развития нормативной базы. Особое внимание привлек анализ международного опыта, в частности, стремительного прогресса китайской промышленности в освоении аддитивных технологий.

В ходе дискуссии были затронуты конкретные аспекты применения новых методов, включая создание специализированных форм для термопластавтоматов и перспектив печати форм из магнезита и графита для титанового литья. В этих обсуждениях проявился характерный для отрасли прагматизм — интерес к реальным производственным задачам и поиску эффективных решений.

Общим итогом стало признание, что независимо от оценки — революция это или эволюция — аддитивные технологии прочно вошли в промышленный ландшафт. Их дальнейшее развитие видится в преодолении существующих ограничений, подготовке квалифицированных кадров и поиске новых областей применения. Их сила — не в замене традиционных методов, а в расширении возможностей: от создания ранее недостижимых конструкций до ускорения и удешевления производства. Однако ключевой вызов — не технологии сами по себе, а их грамотная интеграция в существующие процессы. Это требует не только развития оборудования и материалов, но и перестройки инженерного мышления, нормативной базы и цепочек кооперации. Как показал опыт лидеров отрасли, будущее — за гибридными подходами, где аддитивные технологии дополняют классические, открывая путь к принципиально новым решениям. Главный итог — революция уже началась, и ее успех зависит от способности отрасли адаптироваться к этим изменениям.

Иван Жоглов



КОМПОЗИТ-ЭКСПО

Восемнадцатая международная специализированная выставка

22 - 24 апреля 2026



Россия, Москва, МВЦ «Крокус-Экспо»,
павильон 3, зал 13

Основные разделы выставки:

- Сырье для производства композитных материалов, компоненты: смолы, добавки, термопластики, углеродное волокно и т.д.
- Наполнители и модификаторы
- Стеклопластик, углепластик, графитопластик, базальтопластик, базальтовые волокна, древесно-полимерный композит (ДПК) и т.д.
- Полуфабрикаты (препреги)
- Промышленные (готовые) изделия из композитных материалов
- Технологии производства композитных материалов со специальными и заданными свойствами
- Оборудование и технологическая оснастка для производства композитных материалов
- Инструмент для обработки композитных материалов
- Измерительное и испытательное оборудование
- Сертификация, технический регламент
- Компьютерное моделирование
- Утилизация



выставка
участник
системы



независимый
выставочный
аудит

Параллельно проводится выставка:



ПОЛИУРЕТАНЭКС

Семнадцатая международная специализированная выставка
www.polyurethanex.ru

Специальный
раздел:
**КЛЕИ И
ГЕРМЕТИКИ**



Информационная поддержка:



Дирекция:

Выставочная Компания «Мир-Экспо»

Россия, Москва, Варшавское шоссе, дом 118, корпус 1, помещение 1/5

Телефоны: 8 800 333-78-25, 8 (495) 137-78-25

E-mail: info@composite-expo.ru | Сайт: www.composite-expo.ru



youtube.com/user/compoexporussia



@compoexporus



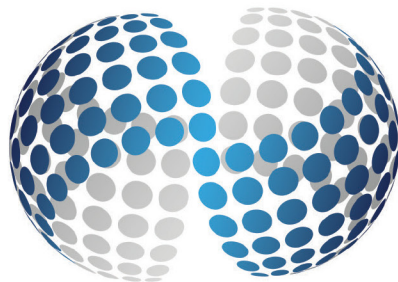
Телеграм-канал
«Композиты»



Организатор:



Специализированный проект и конференция
по аддитивным технологиям
в промышленности



Additive Minded

27–30 ЯНВ
2026

МВЦ «КРОКУС ЭКСПО»

в рамках выставки:



Международная специализированная
выставка пластмасс и каучуков

RUPLASTICA

Место проведения:

 **КРОКУС ЭКСПО**
Международный выставочный центр

Организатор:


ЭКСПО
ФЬУЖН

ПОДПИСНАЯ КАМПАНИЯ — 2026



Ведущее отраслевое
периодическое
издание в сегменте
металлообработки



www.ritm-magazine.com
ritm@gardesmash.com

Стоимость: 1000 р. за номер.
Периодичность: 8 номеров в год

Уникальный журнал,
посвященный передовым
достижениям и инновациям
в области 3D-печати и
аддитивного производства



www.additiv-tech.ru
info@additiv-tech.ru

Стоимость: 1000 р. за номер
Периодичность: 4 номера в год

