

ДАЙДЖЕСТ

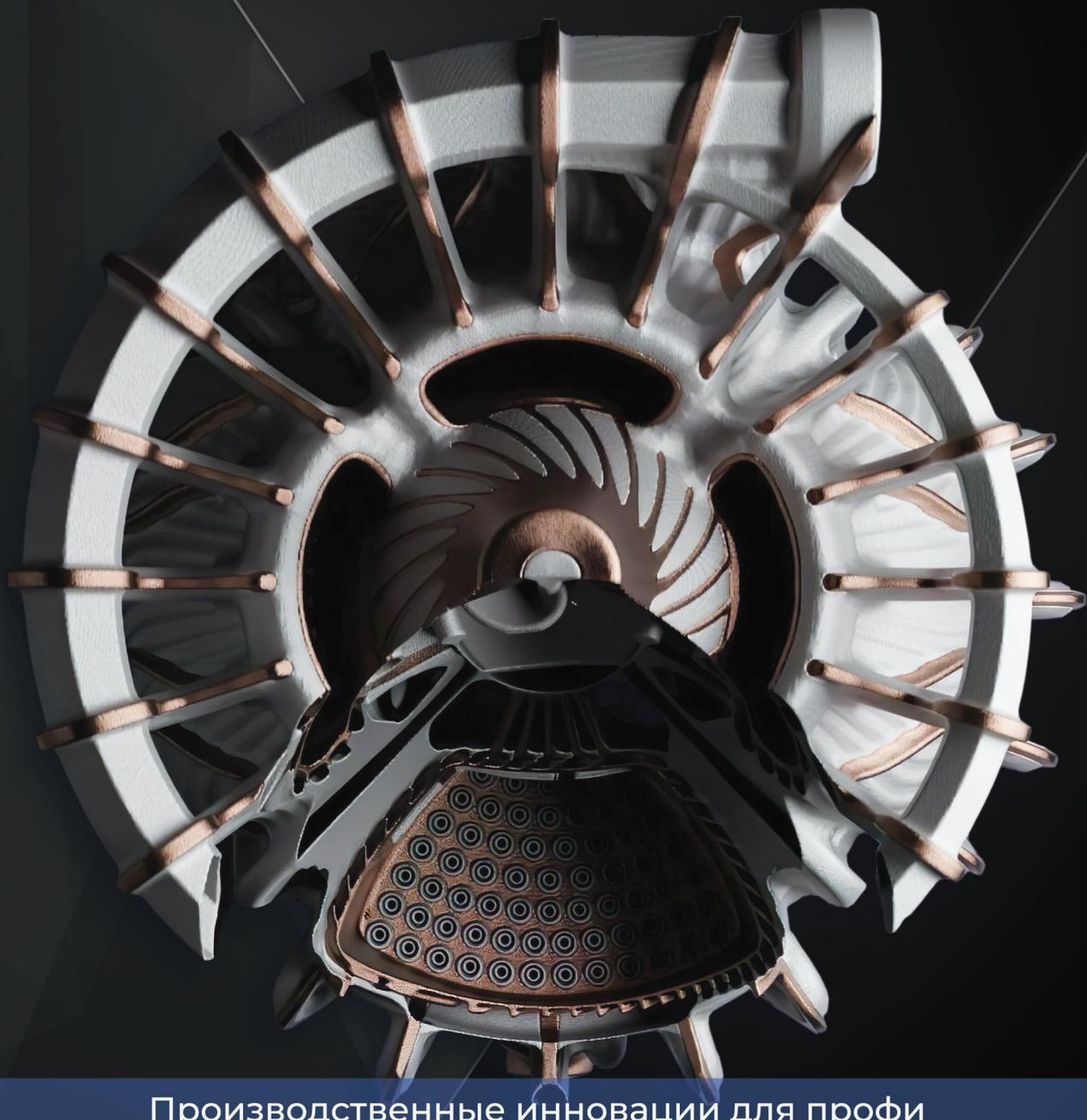
Выпуск 1. Январь — февраль 2024 г.

Главные темы номера:

Современные БПЛА — будущее авиастроения

Комплимент от Вашингтонского шеф-повара

LiM Laser: просто, как Plug and Play



Производственные инновации для профи

Содержание

Широко. Системно. Рентабельно	4
Шаг к мечте. День первый	4
Сильные идеи. День второй	8
Делать, не бояться. День третий	12
Современные БПЛА — будущее авиастроения	16
Аддитивное производство на основе полимеров: двигаемся к идеалу!	22
Проблемы развития отечественных аддитивных технологий – Per Aspera Ad Astra!	30
Комплимент от Вашингтонского шеф-повара	38
LiM Laser: просто, как Plug and Play	44

Дайджест

Номер 1, январь-февраль 2024 г.

Размещается на медиа-ресурсе Industry3D на некоммерческой основе.

Издатель – медиа-ресурс Industry3D, e-mail: info@industry3d.ru.

Редакция:

главный редактор – Дмитрий Трубашевский,

моб.: +7 (916) 950-21-89, e-mail: chief_editor@industry3d.ru;

шеф-редактор – Светлана Бакарджиева,

моб.: +7 (910) 938-25-50, e-mail: busido.63@mail.ru.

Дизайн и верстка – Дмитрий Фадеев.



Слово главного редактора



Уважаемые друзья, опытные и начинающие аддитивщики, а также те, кто присматривается к актуальным тенденциям в промышленности и ищет источник оперативной и качественной информации!

Мы приглашаем вас оценить первые плоды деятельности команды новой редакции медиапортала в настоящем дайджесте. На страницах нашего новостного агрегатора INDUSTRY3D мы рассуждаем на очень обширную тему производственных инноваций для профессионалов.

Как многие уже отметили, мы стараемся творчески подходить к обсуждаемым темам, часто берём интервью у интересных экспертов, и добываем эксклюзив. Мы всячески поддерживаем ваши запросы, но в то же самое время не хотим ограничивать ни себя, ни своих читателей узкими рамками наиболее раскрытых тем.

Целая плеяда отраслей, применений, методов производства, визионеров — все это мы культивируем с одной целью: стимуляции вашей профессиональной любознательности и стремления создавать и внедрять новации на российских предприятиях.

А еще мы хотим стать площадкой для диалога, чтобы помогать всем участникам рынка АП находить взаимопонимание, вместе решать наши общие задачи, выстраивать взаимовыгодные коллаборации. Поэтому мы будем регулярно проводить экспертные опросы, а также предоставлять вам возможность делиться в своих статьях вашим мнением по различным проблемам, ставить значимые для всех вопросы и предлагать свои варианты ответов на них.

Не забывайте поддерживать нас в соцсетях, будьте активны, помогайте в создании благоприятного инвестиционного климата и экспертного сообщества в нашей стране.

*Ваш Трубашевский Дмитрий,
главный редактор INDUSTRY3D*

Телеграм: t.me/infoindustry3d

Вконтакте: vk.com/media_industry3d

Дзен: dzen.ru/industry3d

Широко. Системно. Рентабельно.

Традиционно в конце января ООО «Экспо Фьюжн» организует выставку и конференцию аддитивных технологий в промышленности Additive Minded (<https://additiveminded.ru>).

2024 год не стал исключением. Более того, экспозиция родительской выставки Рупластика в этом году выросла по отношению к 2019 году более, чем на 30%. Промышленность растёт, всё больше потребителей, переработчиков обращается к отечественным компаниям за помощью и приобретением оборудования. Это не может не радовать.

На Additive Minded по-прежнему царит тёплая дружеская атмосфера, которая способствует вдумчивому обсуждению насущных вопросов и поиску оптимальных решений. Докладчики выложились по полной. Гости конференции из различных уголков России,

подбадриваемые модератором — основателем проекта «Логика слоя» Дмитрием Трубашевским, задавали каверзные и важные вопросы, вызывая у докладчиков то одобрение по поводу актуальности поднимаемой проблемы, то явное нежелание продолжать дискуссию ввиду безапелляционности утверждений оппонента.

Наша редакция побывала на мероприятии и с большим уважением к организаторам, докладчикам и гостям делится увиденным и услышанным. Мы постарались зафиксировать самые основные моменты для тех, кто там был и хотел бы ещё раз окунуться в дружелюбную атмосферу, а также для тех, кто не смог побывать там по объективным обстоятельствам. В следующий раз не откажите себе в удовольствии посетить Additive Minded, тем более что работа проделана колоссальная, а доклады и целостность обсуждаемых тем будут интересны и полезны и новичкам, и опытным экспертам.

Шаг к мечте. День первый, 23 января 2024

«Широко. Системно. Рентабельно» — так, выполнив своё обещание, начал Дмитрий Трубашевский Additive Minded-2024. Как обычно, его доклад в корне отличается от предыдущих, становясь год от года всё более ёмким и невероятно насыщенным. Спикер рассказал

о многочисленных зарубежных проектах, в том числе тех, которые доступны любому инженеру практически для Rocket Science в гараже, продемонстрировал «гул» и электризацию пространства от новых прорывных проектов, с разгромным счётом выигрывающих у уже при-



clck.ru/39hAgM



вычных технологий в скорости, точности и мультиматериальности производства. При этом докладчик подбодрил российских разработчиков, утверждая, что им вполне по силам создать новые продукты, способные перевернуть привычное отношение к ним промышленников, которых в АТ часто отпугивает малая серийность, высокая стоимость, необходимость постобработки, испытаний и сертификации. Вместе с Клубом производителей Сколково, RnD платформой Сколково, проектом «Логика слоя» была введена в строй уникальная Экосистема аддитивных технологий в России, на которой уже резидентствуют более 250 отечественных компаний. Обязательно найдите возможность ознакомиться с презентацией Дмитрия — вы получите удовольствие от системности представленной информации и точно откроете для себя что-то новое.

Михаил Родин, генеральный директор «НПО «3Д-Интеграция» (i3D) — одного из ведущих отечественных игроков на рынке АТ, продемонстрировал в своём выступлении глубочайшую экспертизу российского рынка и выявил его слабые места. Вместе со своей командой он представил своё видение самых

важных аддитивных технологий. «3Д-Интеграция» активно разрабатывает оборудование по лазерному LB-PBF и электронно-лучевому EB-PBF синтезу на подложке по металлам и сплавам, фотополимеризации в ванне по керамическим пастам DLP, струйной печати связующим по металлам, песку и полиметилметакрилату (PMMA), а также метрологические сканеры. Высокая инвестиционная активность, в том числе в проектах с участием государства, нацеленность на результат, мощная и опытная команда, уверенность в будущем рынка и своей компании зарядили многих оптимизмом по поводу перспектив развития рынка инноваций в нашей стране. Чтобы точнее оценить масштабы деятельности ООО «НПО «3Д-Интеграция», обратите внимание на созданный в прошлом году Московский Цифровой Завод, входящий в группу компаний i3D, организацию производства песочно-полимерных принтеров FZHL в России, контрактное производство и обратное проектирование СПИН.

Евгений Матвеев, генеральный директор ООО «Ф2 Инновации», подробно рассказал о возможностях технологии экструзии материала FGF с гранулированными термопластами.

Эти технологии компания активно внедряет на промышленные предприятия страны. Секрет ее подхода прост: нужна точная печать без погони за скоростью — используйте FFF, а если требуется массивная оснастка и вы умеете обращаться с фрезерным ЧПУ станком, — добро пожаловать в мир FGF.

Дмитрий Антонов, заместитель генерального директора по развитию ООО «ОНСИНТ», в очередной раз порадовал (и заставил напрячься конкурентов!) не только Россию, но и мир очень достойными разработками компании, занятой технологиями синтеза на подложке по полимерным порошкам PBF/SLS и металлическим порошкам LB-PBF. Большой бэкграунд основателей компании помог им реализовать две популярные у предприятий-потребителей технологии, являющиеся своеобразным золотым стандартом качества. Доступная стоимость, мощные лазеры, встроенный вакуумный сбор и система просеивания и рециркуляции металлического порошка — движение в сторону автоматизации производства, что потребует установки многих десятков и даже сотен подобных 3D-принтеров на цифровых фабриках будущего.

Дмитрий Королёв, технический директор ООО «ОБЖЕКТРОНИКС», в своём интригующем докладе «Ожидание и реальность. Как достигаются заявленные параметры и за что стоит переплатить?» раскрыл недостатки российских и азиатских потребительских FFF 3D-принтеров. Докладчик пришёл к поразительному выводу, что компоновочные и функциональные решения этих принтеров никуда не годятся. В результате их использования страдает надёжность, точность,

а также ставится под сомнение качественная работа с высокотемпературными термопластами. И вот для этих целей его командой был разработан принтер Objectronics F300, который уже несколько лет дорабатывается для соответствия санкционно закрытой линейке Fortus компании Stratasys.

Роман Савченков, директор ООО «Анизопринт Рус», в очередной раз убедил присутствующих в том, что сегодня без композитной печати не обходится ни одно инновационное производство. Замена металла на рубленый или непрерывный композит находит себя в авиастроении, космонавтике, а также в производстве товаров спортивного и специального назначения. Более того, 3D-печать, несмотря на невысокую производительность, может обеспечить получение продукции любой сложности, а если потребуется серийное производство, то пока на этот вопрос у Романа есть ответ: «Обзаводитесь 3D-фермами».

Андрей Берюхов, директор бизнес-направления «Аддитивное производство» ООО «Горизонт покрытий», уделил особое внимание постобработке после металлической печати синтеза на подложке. Вроде как и не удивил, ведь все знают, что современные 3D-принтеры по металлу — это отличный инструмент для быстрого получения высокосложных заготовок с отличным металлургическим качеством. С другой стороны, с наскоку проблему постобработки не всегда получается решить оперативно и самостоятельно. Поэтому экспертность Андрея должна помочь многим слоёделам в борьбе за потребителя, ждущего от АТ чего-то БОльшого.

Евгений Копылов, руководитель центра производства Московского цифрового завода, часто визуально показывает, как должно работать цифровое производство — демонстрирует вихрь, в который вовлекается окружение. Так и есть, потому как СПИН (Специальные производства и новации), являясь площадкой контрактного производства, успешно осуществляет проекты, в которых цифра, гибкость, обратное проектирование и 3D-печать ставятся во главу угла. Доклад Евгения в точности соответствовал просьбе модератора — представлять реализованные собственной командой кейсы на территории РФ. Остановить СПИН на конференции было очень сложно — ребята явно словили волну и успешно ее покоряют.

Гарегин Асланян, ведущий специалист АО «Центр аддитивных технологий» (ЦАТ), бесцеремонно окунул всех в определение реинжиниринга и системного инжиниринга с целью обозначить проблему — отсутствие границ у обратного проектирования. Но они существуют благодаря качественному обучению, НИР, ОКР. И во всём этом ЦАТ позиционируют себя первыми в РФ. Сложно не согласиться.

Станислав Максименко, специалист отдела продаж ООО «ЗДВиЖн», рассказал, почему программное обеспечение VoxelDance Additive — отличная альтернатива ушедшему с российского рынка комбайну-слайсеру Materialise Magics. Стремление Китая подражать Западу нашло воплощение в VoxelDance, причём так удачно, что приемлемая стоимость и достаточный функционал очень жёстко пресекает попытки других продуктов как-то соперничать с ним.

Александр Перес, директор по развитию ООО «Атеко», без лишней

скромности заявил, что на рынке РФ нет более качественных полимерных и широко используемых инновационных FFF/FGF и ТПА материалов, чем Atesco. Анонсируемые в рамках прошедшей выставки и конференции FFF/FGF 3D-принтеры компании изрядно пощекотали нервы у конкурентов, а экосистема «материал/3D-принтер», а также авторитетная и опытная команда, плотно сотрудничающая с CMS (Италия), Arkema (Франция), Институтом Фраунгофера (Германия), Институтом пластмасс (Россия), заставили всех поверить в появление нового заметного игрока в сфере продуктов для аддитивного производства.

Дарья Дмитриева, генеральный директор Академия аддитивных технологий «Цифра Цифра», довела до слушателей, что если они не начнут активно вовлекаться в программы повышения квалификации, проводимые опытными экспертами, то увязнут в рутине и не смогут свободно ориентироваться в современных и перспективных технологиях. А это, в свою очередь, может повлиять на адекватность подбора оборудования для решения специфических производственных задач. С другой стороны, есть серьёзные основания полагать, что ежегодно мы станем свидетелями активного роста АТ с инвестициями до 13 и более млрд рублей к 2030 году. И вместе с этим должна кратно увеличиться численность работников, занятых в отрасли, которая сегодня по разным оценкам составляет 2000–4500 человек.

В следующий раз мы продолжим путешествие в удивительный мир 3D-печати и цифровой метрологии на страницах нашего портала из самого сердца Additive Minded-2024.



Сильные идеи. День второй, 24 января 2024



clck.ru/39iNnh

Наша редакция делится впечатлениями, побывав на VII международном проекте по аддитивным технологиям в промышленности Additive Minded-2024 (<https://additiveminded.ru>). Острота поднимаемых тем, интересные вопросы, не менее интересные ответы мастеров слоя пронизывали общую атмосферу мероприятия.

Андрей Щавлев, руководитель направления аддитивных технологий ООО «Офисная Техника Джетком», рассказал об использовании 3D-принтеров SoonSer и их применении в литейном производстве. Сегодня продвинутые предприятия используют АТ для прямого производства продукции и гордятся этим, ведь такой метод позволяет изготавливать высокосложную продукцию, которую невозможно получить стандартно. Однако есть и те, кто задействует АТ для изготовления производственной оснастки, которая может как использоваться многократно, так и быть

расходником (только на один раз). И вот здесь перед требовательными промышленниками открывается целый мир возможностей. Одна из таковых заключается в печати выплавляемой или выжигаемой оснастки. Первая из них изготавливается из технического воска, а вторая — из специальных полимеров, имеющих низкую зольность. Но и это не всё. Некоторые полимеры имеют особенность расширяться при высокой температуре в печи, а это может повлиять на разрушение керамической формы. Поэтому инженеры, зная эту особенность, в автоматическом режиме заполняют тело деталей пространственными ячейками. В результате при выжигании продукты сгорания заполняют пустые полости с ячейками и поломки форм в этом случае не происходит.

Денис Подсобляев, руководитель направления АТ ООО «ИНФАБ», информировал об успехах компании BLT, которая сегодня занимает,

пожалуй, первое место в Китае по объёму продаж и, соответственно, качеству LB-PBF принтеров. С его слов в Китае уже произошла революция в 3D-печати, а количество 3D-принтеров по металлам в ЦАП часто составляет 100–400 единиц. К сожалению, в России мы пока не увидим в одном месте даже десятка принтеров по такой технологии, поэтому горечь от этого безрадостного факта у Дениса не проходит долгое время: обучить персонал, оснастить цеха таким количеством оборудования они вполне готовы, но найти у нас в стране соответствующий спрос они, к сожалению, не могут. Пока поставки носят единственный характер.

Дмитрий Трушников, директор ООО «ИКСВЕЛД», медленно, но верно заносит в массы информацию об использовании проволоочной наплавки для обеспечения технологического суверенитета нашей страны. Знание лучших зарубежных практик, собственный плазмотрон, отечественная сварочная проволока, гибридная компоновка — всё это и ещё многое другое является составной частью производимых его компанией комплексов и возможностей. По сути, Пермь сегодня реально претендует на статус одной из кузниц АТ, и всё это происходит благодаря сосредоточению здесь институтов, предприятий, а также целеустремлённых и любознательных людей.

Алексей Колесников, генеральный директор ООО «Цветной мир», раскрыл все карты и секреты перед предпринимателями, готовыми вступить на тернистый путь 3D-печати с помощью серийного производства на фермах — «группах 3D-принтеров, которые работают одновременно и настолько

непрерывно, насколько это возможно, для увеличения производительности изготавливаемых изделий». Он посоветовал не торопиться и основательно проработать вопрос с материалами, размерами производимых деталей, финансовыми возможностями, помещением, управляющим программным обеспечением, а также профилем индустрий заказчиков. Если всё сделать согласно системному подходу, изложенному Алексеем, и начать с нескольких принтеров, то в достаточно короткие сроки можно полностью окупить оборудование, заработать, а на вырученные деньги приобрести новые принтеры для масштабирования производства. Именно так и поступают предусмотрительные предприниматели, затеявая подобный бизнес. Это отличный способ освоить инновации с гарантией возврата вложенных средств.

Михаил Кулик, коммерческий директор ООО «3Д Вижн», был непреклонен в том, что сегодня практически любому предприятию лучше иметь 3D-сканер, поскольку рано или поздно возникнут задачи, требующие обратного проектирования. Технологии структурированного подсвета и лазерного сканирования сейчас наиболее популярны у российских пользователей. Были приведены примеры реверс-инжиниринга, помощи для стоматологических и медицинских применений, контроля геометрии, оцифровки музейных экспонатов, в кинематографе, дизайне интерьеров.

Гвоздём деловой программы второго дня стало проведение Дискуссионного клуба «Химия полимеров: термопласты vs реактопласты», организованного в сотрудничестве

с Академией аддитивных технологий «Цифра Цифра». В дебатах принимали участие основатели, технологи и инженеры известных компаний. Команда термопластов была представлена:

– Ильёй Виноградовым, генеральным директором ООО «ЗД Вижн»

– Михаилом Шишкиным, генеральным директором и основателем ООО «РЭК»

– Александром Пересом, директором по развитию ООО «Атеко»

Команда реактопластов состояла из:

– Андрея Адамова, генерального директора и основателя ООО «ХАРЦ Лабс»

– Евгения Ермакова, независимого эксперта по технологиям 3D-печати с использованием УФ-отверждаемых материалов

– Гузель Кирсанкиной, генерального директора и основателя ООО «М-Шейп»

– Павла Чапалы, руководителя лаборатории ООО «ХАРЦ Лабс».

Специальный гость Евгений Матвеев, генеральный директор ООО «Ф2 Инновации», заступил на сторону команды термопластов.

С первых минут дебатов соперники практически буквально восприняли призыв ведущего побыстрее начать и узнать, кто кого порвёт на нити, гранулы и смолы. Обе команды сражались «до последней капли материала», сыпали уникальными кейсами в надежде уколоть оппонента, но другая сторона всегда находила «изъяны» и специфичность применения кейсов соперника. В результате были рассмотрены применения в области машиностроения,

строительства зданий, стоматологии, авиации, космонавтики, изготовления электронных плат, арт-объектов... Уже практически с самого начала было понятно, что с обеих сторон находились очень сильные соперники, досконально знающие свой предмет, — круглые отличники! Химия — это то, что случается в вашем мозгу, когда он получает целый комплекс сигналов — чувств о любви к своему делу. Химия полимеров, что ты с нами делаешь?

В итоге, как водится, победила дружба и выиграла все, кто делился опытом и кто, слушая доводы сторон, расширил собственные представления о возможностях своей отрасли. Для тех, кто хочет закрепить эти новые знания, а также для тех, кто не смог в этот день присоединиться к участникам Дискуссионного клуба, мы в ближайшее время транскрибируем дискуссию и выложим в свободном доступе на нашем ресурсе как подробную инструкцию для всех интересующихся новейшими технологиями и их применением.

День, между тем, продолжился выступлениями спикеров.

Алексей Мазалов, генеральный директор АО «Центр технологической компетенции аддитивных технологий» (ЦТКАТ), каждый год радуется гостям Additive Minded невероятными достижениями своей дружной команды. В очередной раз он поделился многочисленными проектами компании в области насущного реверс-инжиниринга (в рамках исполнения постановления Правительства РФ от 18 февраля 2022 г. № 208*) и аддитивного производства. Пока в компании в основном эксплуатируются зарубежные образцы основного оборудования,

являющиеся «рабочими лошадками», но в планах ЦТКАТ расширение производства и приобретение отечественных 3D-принтеров. Особую гордость сегодня для Алексея представляет документооборот компании в единой цифровой платформе, что обеспечивает непревзойденное качество внутрикомандной коммуникации, и, как следствие — повышение качества производимых услуг и лояльности заказчиков.

*«О предоставлении субсидии из федерального бюджета автономной некоммерческой организации «Агентство по технологическому развитию» на поддержку проектов, предусматривающих разработку конструкторской документации на комплектующие изделия, необходимые для отраслей промышленности»

Владимир Ларькин, генеральный конструктор ООО «МОРТЕХ», рассказал о перспективах использования аддитивных технологий в маломерном судостроении. Традиционно выкладочная матрица для лодки может производиться в течение года, а её стоимость составляет 2–3 млн руб. С помощью же технологии шнековой экструзии FGF можно сократить стоимость в десятки раз. В самом начале проекта Владимир использовал оборудование компании Siemens, потом появилось стремление создать собственный 3D-принтер на роботизированном комплексе CEAD AM Flexbot от компании CEAD B.V., решая одновременно задачи 3D-печати и ЧПУ фрезерования за один автоматизированный процесс. Сегодня же с учётом конъюнктуры рынка и внешнеполитических событий команда ООО «МОРТЕХ» переключилась на отечественных

разработчиков и производителей систем и материалов. В ближайшее время мы станем свидетелями интересного комплексного проекта.

Михаил Буренков, старший проектный менеджер управления по развитию платформы НИОКР-сервисов в департаменте регионального развития Фонда «Сколково», рассказал об инструменте для поиска заказчика и исполнителя технологических услуг, НИОКР, реинжиниринга, прототипирования, испытаний, метрологии и биомедицины. Sk RnD Market позволяет поддерживать инновации, автоматизировать и упростить процесс общения исполнителя и заказчика, а также предоставить дополнительные сервисы сопровождения НИОКР: скаутинг технологий, юридические услуги и меры поддержки. На платформе уже зарегистрировано более 3400 компаний, в их числе свыше 250 вузов и НИИ, более 500 заказчиков крупного и среднего бизнеса РФ.

Павел Курдюмов, руководитель промышленного направления и службы технической поддержки ООО «ХАРЦ Лабс», провёл ликбез для всех гостей конференции по особенностям работы с современным фотополимерным принтером. С помощью своих навыков докладчика, инфографики, реальных фото по обслуживанию LCD 3D-принтера и устройств для дополнительной фотополимеризации он очень доходчиво объяснил особенности процесса печати из УФ-отверждаемых смол.

В следующий раз мы продолжим путешествие в удивительный мир 3D-печати и цифровой метрологии на страницах нашего портала из самого сердца Additive Minded-2024. Оставайтесь с нами.



Делать, не бояться. День третий, 25 января 2024



clck.ru/39iQW9

Заключительный день VII международного проекта по аддитивным технологиям в промышленности Additive Minded-2024 (<https://additiveminded.ru>). Рассказываем об интересных докладах, общем настроении, поднимаемых вопросах для тех, кто хочет окунуться в бархатный мир инноваций и ищет звенящей простоты, дружественной обстановки, стремления постичь сложное с лучшими учителями страны. Проект приходили посмотреть удивительные увлечённые люди. От мала до велика.

Сергей Благинин, заместитель руководителя проекта ООО «ЗД ЛАЙФ», сразу зашёл с козырей: максимальная скорость печати изделий из стандартных инженерных полимеров и композитов методом FDM/FFF на оборудовании его компании может составлять 600 мм/сек! По мнению авторитетных зарубежных экспертов, 2024 год будет годом качественных перемен в АТ. Одной из них для настольной печати будет полное замещение

медленных принтеров быстрыми. Команда Сергея явно следит за трендами и идёт с ними в ногу. Второе, на что обратил внимание докладчик, — 3D-фермы и системы управления производственными процессами MES 3D LIFE (Manufacturing Execution System). Быстрое рентабельное производство изделий малых серий без оснастки, а также полный мониторинг и аналитика производства — веха в развитии доступной 3D-печати, к чему имеет непосредственное отношение ООО «ЗД ЛАЙФ».

Антон Линник, начальник отдела аддитивных технологий ООО «КТС» («S7 Space»), рассказал об успехах компании в развитии технологии WAAM/DED-W. Проволочной наплавкой он начал заниматься ещё в 2018 году в составе «Центра разработок С7», вдохновляясь перспективными зарубежными проектами. Сегодня в ООО «КТС» создан программно-аппаратный комплекс, на котором команде удалось успешно апробировать производство заготовок

из алюминиевых сплавов, сталей, жаростойких и жаропрочных сплавов. К масштабным проектам наподобие Relativity с собственной «Фабрикой будущего» и «фирменными» роботизированными системами Stargate Антон относится с определённым скепсисом, считая их не самыми выгодными с точки зрения экономики. Однако не лишним будет отметить, что перспектив у WAAM технологии намного больше, чем может показаться, ведь она позволяет агрегировать детали в одно сложное изделие, использовать меньше дорогостоящего инструмента, не ждать металлургического производства и логистики до места производства, давать большую свободу в проектировании, контролировать качество в режиме реального времени, использовать машинное обучение для аналитики.

Дамир Соловьёв, специалист по внедрению промышленных аддитивных решений Top 3D Group, рассказал об актуальных промышленных технологиях и оборудовании. Название доклада имело определённую интригу, однако по факту Дамир привёл популярные и успешно зарекомендовавшие себя технологии:

- синтеза на подложке PBF/SLS и печати полиамидом, в том числе армированным стеклом, углеродным волокном и алюминием;
- синтеза на подложке LB-PBF/SLM и печати алюминиевыми, титановыми, никелевыми сплавами;
- струйной печати связующим BJI и печати формообразующей песчаной оснастки для литейных производств.

Отлично, что в компании чётко понимают потребности бизнеса и российских предприятий, для которых

важно обеспечить высокое качество и повторяемость изделий на отработанных решениях мирового уровня, а перспективными технологиями пусть занимаются учёные и стартапы — их время обязательно придёт.

Артем Соломников, сооснователь, генеральный директор ООО «Компания ИМПРИНТА», произвел фурор на сцене конференции. Очень увлекательно он представил свое видение того, как следует развивать аддитивные технологии на новых рынках. Им были приведены примеры успешного использования принтера Муромец P200 в составе мобильных мастерских в ВС РФ. Артем обратил внимание, что мало просто определиться с технологией, важно подобрать близкий аналог конечного материала, произвести тестирование напечатанных изделий, и преодолеть туманный путь с индивидуальным сценарием развития проекта.

Алексей Дидковский, генеральный директор ООО «Гуру Перфоменс», предстал перед публикой с презентацией «Оборудование, которого нет» — это было очень интригующее начало даже для выдавших виды экспертов. Интеллектуальная сушильная камера для полимерного филамента и технологии экструзии материала FDM/FFF стала главным продуктом разработки его команды. Алексей привёз на выставку прототип сушилки, в которую он вложил всю свою душу: тактильный экран для выбора параметров, высокоточные весы для взвешивания материала до начала сушки и после, датчик влажности, профили для материалов и принтеров, регулярные обновления прошивки по воздуху... В ООО «Гуру Перфоменс» изучили современные сушилки из Китая и пришли к выводу, что они

не обладают качествами интеллектуальных устройств, что и собираются исправить наши разработчики. Открыт предзаказ на первую версию устройства, на которое уже получено более 30 заявок.

Дмитрий Трубашевский, модератор конференции и основатель проекта «Логика слоя», воспользовался своим положением и с успехом провёл викторину по аддитивным технологиям «Угадай, если сможешь». Невероятный драйв и восторг, которые получили как гости мероприятия, так и два участника, сложно передать словами. Были рассмотрены нетривиальные кейсы по различным технологиям, и вместе с ведущим в режиме ликбеза были найдены искомые ответы. Проведение такого рода викторины является уникальным и крайне полезным явлением, поскольку интерактивная составляющая позволяет закрепить полученные на конференции знания, творчески мыслить, а не только внимательно слушать.

Владислав Артюшков, руководитель проектов по внедрению АТ ООО «ИННФОКУС», привёз с собой инструкцию по импортозамещению и рассказал, как перейти от реверс-инжиниринга к полноценному аддитивному производству. Ряд продуктов компании сегодня включает в себя технологического ассистента, который позволяет осуществить интеллектуальный выбор технологии изготовления загружаемых в облако деталей, а также ПО для предеформации с целью сокращения брака производства ответственных и дорогостоящих деталей (часто металлических).

Андрей Шилейко, технический директор SHILÉYKO, рассказал о текущем состоянии стандартизации

в области FDM/FFF 3D-печати. Модератор постоянно приводит в пример деятельность Андрея на своих лекциях и конференциях, поскольку у этого молодого учёного есть всё для успеха: 3D-принтеры, аспирантура, страсть к 3D-печати, аналитический склад ума... В докладе Андрей проанализировал 39 брендов и производителей полимерных филаментов, выделил 39 химических оснований, 80 композитов на их основе. Из 48 стандартов в области АТ он нашёл только 13 для технологии FDM/FFF. Андрей поднял проблему того, что происходит при отсутствии стандартизации: выпуск материалов без общих требований к качеству, комплектация материалов на усмотрения производителя, отсутствие технического паспорта на материал, испытание материалов по собственным методикам, субъективная оценка качества полученных изделий. Докладчик также рассказал, что представляет собой технический паспорт на материал, испытания материалов, а также дефекты 3D-печати, и почему они так важны.

Александр Перес, совладелец ООО «Киберон Студио», выступая второй раз, очень убедительно рассказал о маркетплейсе Cyberon.Studio для 3D-моделей и в целом для продаж цифровых продуктов и физических товаров. Не секрет, что в России предпринималось несколько попыток создать подобный маркетплейс, аналогичный лучшим мировым ресурсам: Thingiverse, Shapeways, Cults 3D, Makerworld, и другим. Однако ни у кого так и не получилось этого сделать. Александр с командой очень основательно изучил ошибки прежних предпринимателей, провёл работу над их неудачами. Он полон сил и творческих планов

реализовать свой проект тем более, что уже около 10 компаний из аддитивной сферы стали подписчиками его сервиса. Cyberon. Studio одновременно присутствует в web и Telegram, автоматизирует платежи и отгрузки, сотрудничая с Robokassa, Tinkoff, СДЭК, OZON и другими компаниями. Бизнес с ООО «Киберон Студио» — это всегда удачная инвестиция, а также автоматизация, позволяющая сократить количество персонала, и заслужить лояльность заказчика благодаря продвинутому и дружелюбному сервису.

Антон Лихтнер, руководитель керамической лаборатории Московского цифрового завода (ООО «НПО «3Д-Интеграция») погрузил гостей конференции в особенности печати керамических изделий новыми материалами. DLP 3D-принтеры могут использоваться для исследований и производства, что сказывается на их конфигурации, а мультиматериальная печать расширяет возможности производства, делая его уникальным. Также Антон рассмотрел новые для российского рынка технологии прямой печати DIW паст на печатные платы, керамических суспензий, а также биоматериалов. Радует, что ООО «НПО «3Д-Интеграция» не останавливается только на популярных решениях, а исследует новые технологии, по сути формируя рынок для покорения прорывными технологическими решениями.

Выводы.

Седьмая ежегодная конференция Additive Minded хоть и потеряла (надеемся, временно) свой статус международной, но нисколько не проиграла от этого. Большое количество опытных российских компаний, лучших экспертов, живой интерес гостей, новые форматы, ценные и полезные подарки, фото и видеосъемка профессионалами своего дела, радушный приём насущными вопросами и интересными ответами — всё это сложилось в очень благоприятное впечатление от проекта, прочно занявшего своё место как концентратора умных и энергичных предпринимателей, открытых к новому специалистам заводов, учащихся профильных вузов. Многие гости приходили на конференцию послушать не один-два доклада, а задерживались на все дни мероприятия, что в очередной раз подчёркивает интерес к теме и лояльность к деятельности ООО «Экспо Фьюжн» и «Логики слоя» — лучшей отраслевой коллаборации начала 2024 года в области аддитивных технологий. Мы надеемся, что успех проекта будет подкреплён его более масштабным продолжением с подключением иностранных спикеров в будущем 2025 году. Москва — Россия — мир — пожелаем покорения проектом Additive Minded мировой арены! Пусть в нём отмечаются лучшие мировые компании, дружественные и лояльные нашей стране!

Современные БПЛА — будущее авиастроения



clck.ru/39njQt

Сегодня аддитивное производство всё чаще переводится из разряда инструмента прототипирования в более гибкий производственный метод, позволяющий изготавливать оснастку с беспрецедентной скоростью, и порой с переходом на более дешёвый вид материала, а также производить конечные детали без оснастки, выводя скорость и рентабельность единичных образцов или пилотной партии на уровень из земли в небо.



Производитель известных БПЛА под именами Predator и SkyGuardian широко использует АП в своей практике, экономя внушительные средства и время при производстве и проектировании.

Компания General Atomics Aeronautical Systems Inc. (GA-ASI), родом из Пауэй, Калифорния, разрабатывает и производит дронов размером с небольшой самолёт для наблюдения и других задач армии США без участия пилота-человека. «Хищник» Predator уже прославился в борьбе с терроризмом, а его новая усовершенствованная версия получила название «SkyGuardian» или «SeaGuardian».

Рис. Корпус небольшого БПЛА длиной 2,5 м состоит из четырех напечатанных на 3D-принтере сложных деталей, которые агрегируют целых 180 деталей!

Пройдёмся по производственному цеху и заглянем в будущее вместе со Стивом Фурнье, старшим менеджером Центра передового опыта проектирования и аддитивного производства компании GA-ASI, основанного в 2021 году. Аддитивное производство сегодня используется для изготовления различных компонентов самолетов, и в скором будущем должно радикально изменить их конструкцию и серийность.



Рис. SkyGuardian — это БПЛА размером с пилотируемый самолет, который может транспортироваться на более крупных воздушных судах.

Почему изготовление БПЛА подходит для аддитивного производства?

Производство БПЛА является мелкосерийным и гибридным, например, от 50 до 250 единиц в год, с высокой степенью кастомизации под потребности покупателя. Кроме того, при производстве продукции GA-ASI используются вертикально-интегрированные связи, когда почти все детали БПЛА изготавливаются в кампусе или неподалёку от него. Наконец, исторически в GA-ASI создавали БПЛА без пассажиров, и поэтому на них не распространяются многие требования безопасности, обязательные для прохождения сертификации при любом упоминании человека в самолёте. В результате GA-ASI накопила более 300 000 часов налёта с компонентами АП.



Рис. Вот SkyGuardian доставляется к месту назначения, где осуществляются последние этапы сборки. Заказчиком являются Королевские ВВС Великобритании, которые называют самолет Protector (Защитник).

Сегодняшнее оснащение Центра передового опыта проектирования и аддитивного производства — это несколько станков для лазерной резки; LB-PBF/SLM принтеров от GE Additive, Concept Laser, SLM/Nikon; PBF/SLS принтеров 3D Systems и EOS; а также установки Fortus для экструзии термопластов от компании Stratasys.



Рис. Напечатанные детали, ожидающие сборки.

Число напечатанных деталей на каждом самолёте SkyGuardian пока не превышает 1%, однако даже такое количество позволило сэкономить более 300 000 долларов США на каждую единицу БПЛА за счет консолидации сборки, упрощения процессов и других затрат, связанных с деталями, а также более 3 миллионов долларов США на оснастке для всего парка SkyGuardian. Меньший БПЛА, который будет транспортироваться SkyGuardian, имеет всего 4 напечатанные детали фюзеляжа вместо 180, требуемых при классическом производстве.

Важная веха в появлении аддитивного производства

Как и многие компании General Atomics начала активно использовать АТ для производства оснастки, различного вспомогательного инструмента, (в том числе крепёжного), и даже логистических контейнеров. Всё это позволяет компании решать насущные вопросы быстрее и проще, а также чувствовать себя на передовой инноваций.

Переломный момент наступил в 2018 году, когда требования к конструкции и характеристикам SkyGuardian обусловили внедрение различных узлов, производство которых с использованием традиционных методов было бы дорогостоящим, например, технологии композитной выкладки. Инженеры компании слишком долго работали над проектом оснастки для композитного воздухозаборника, но из-за потенциального срыва сроков были вынуждены уступить АТ. Воздухозаборник стал титановым, напечатанным по технологии LB-PBF. Точка невозврата к старым методам была пройдена.



Рис. Часть цеха Центра передового опыта проектирования и аддитивного производства.

Этот переломный момент привёл к созданию Центра передового опыта АТ, который наполнили 15 отличных специалистов, занимающихся производственным инжинирингом и практиками использования АТ.

Компания ожидает, что 80% деталей, произведённых с помощью 3D-печати, будет передано внешним подрядчикам, а остальные 20% будут производиться внутри компании. Такая пропорция практически идентична производству деталей, получаемых путём механообработки с ЧПУ. К слову, технология проволоочной наплавки DED-W будет привлекаться внешними контрактными исполнителями, например, Norsk Titanium. Тем не менее команда GA-ASI стремится сосредоточить со временем большинство технологий у себя и «быть не мышцами АТ, а его мозгом», — так красноречиво выражается Фурнье.

На сегодняшний момент в GA-ASI по технологиям LB-PBF и FDM печатают номенклатуру из 340 позиций общим объёмом 7500 деталей в год: компоненты с конформными каналами, крышки и панели со сложной геометрией, воздухопроводы, трубопроводы для жидкости, теплообменники и охлаждающие пластины.



Рис. Воздухозаборники, напечатанные по технологии LB-PBF.

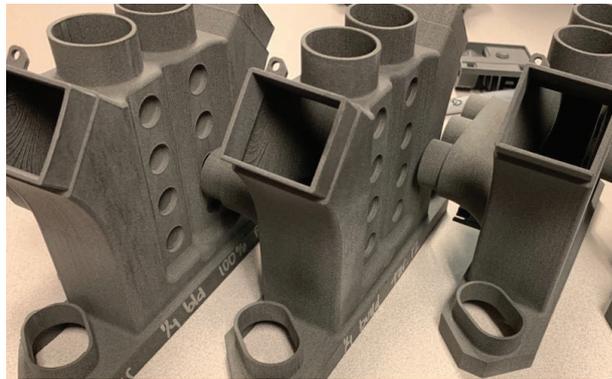


Рис. Воздушные коллекторы, напечатанные по технологии PBF/SLS.

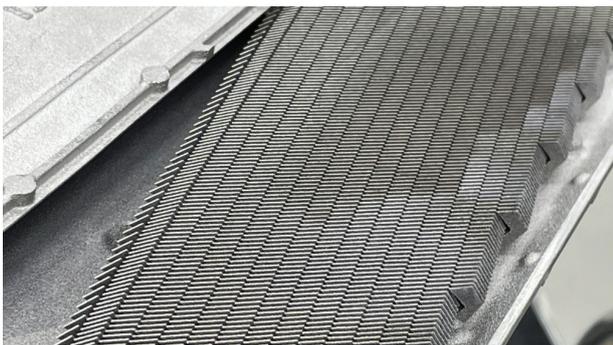


Рис. Охлаждающий узел, напечатанный по технологии LB-PBF.



Рис. Воздуховод, напечатанный по технологии FDM.



Рис. Теплообменник, напечатанный по технологии LB-PBF.

В то же время в компании уже стали производить критически ответственные компоненты. Например, первая металлическая деталь, напечатанная на 3D-принтере, — воздухозаборник двигателя, как компонент класса С. Ничего страшного не произойдёт, если в БПЛА эта деталь выйдет из строя. Другое дело — носовой обтекатель, который относится к классу В. Но и без него самолет может приземлиться без последствий. В GA-ASI собираются перейти к производству деталей класса А, например, стыку консоли крыла, и его производству с помощью DED-W технологии, а также теплообменнику по технологии LB-PBF.

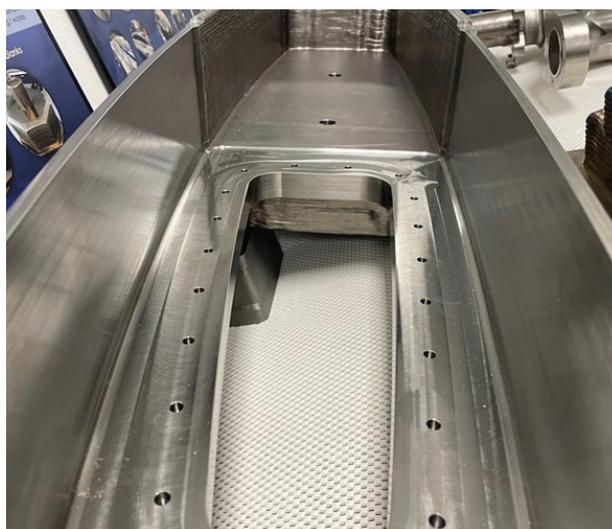


Рис. Деталь стыка консоли крыла была произведена по технологии DED-W компанией Norsk Titanium (изделие показано после механообработки).

Значительное количество АП компонентов реализуется в новой концепции самолёта SkyGuardian, в которой малый БПЛА sUAS будет переноситься под крылом SkyGuardian и отделяться в полёте по требованию оператора и миссии. В sUAS более 75% по количеству деталей — аддитивные!

Почему БПЛА можно сделать за один день?

Как уже говорилось ранее, алюминиевый фюзеляж sUAS выращивается на 3D-принтере за 4 цикла печати, однако даже это в 45 раз сокращает количество деталей, требуемых по традиционной технологии, а также их сопровождающей сборки. Конструктивно четыре детали фюзеляжа несут разную ценность для всего беспилотника: два топливных бака, опоры двигателя, и полезная нагрузка.

Эти компоненты поставляются компанией Divergent, с которой GA-ASI и разрабатывает повествуемый амбициозный проект. Divergent использует запатентованную аппаратную и программную систему, которая использует АП для масштабного производства сложных изделий и сборок Divergent Adaptive Production System. В компании печатают на своём оборудовании (используется шесть огромных и высокопроизводительных установок SLM NXG XII 600) каждую из четырёх деталей фюзеляжа менее чем за 13 часов. Фурнье говорит, что результатом стала экономия времени на разработку самолёта на 60%, а также благодаря минимизации сборки и отсутствию оснастки удалось достичь экономии в 98%. В итоге готовый БПЛА может буквально выпорхнуть из стен производства всего за один день.

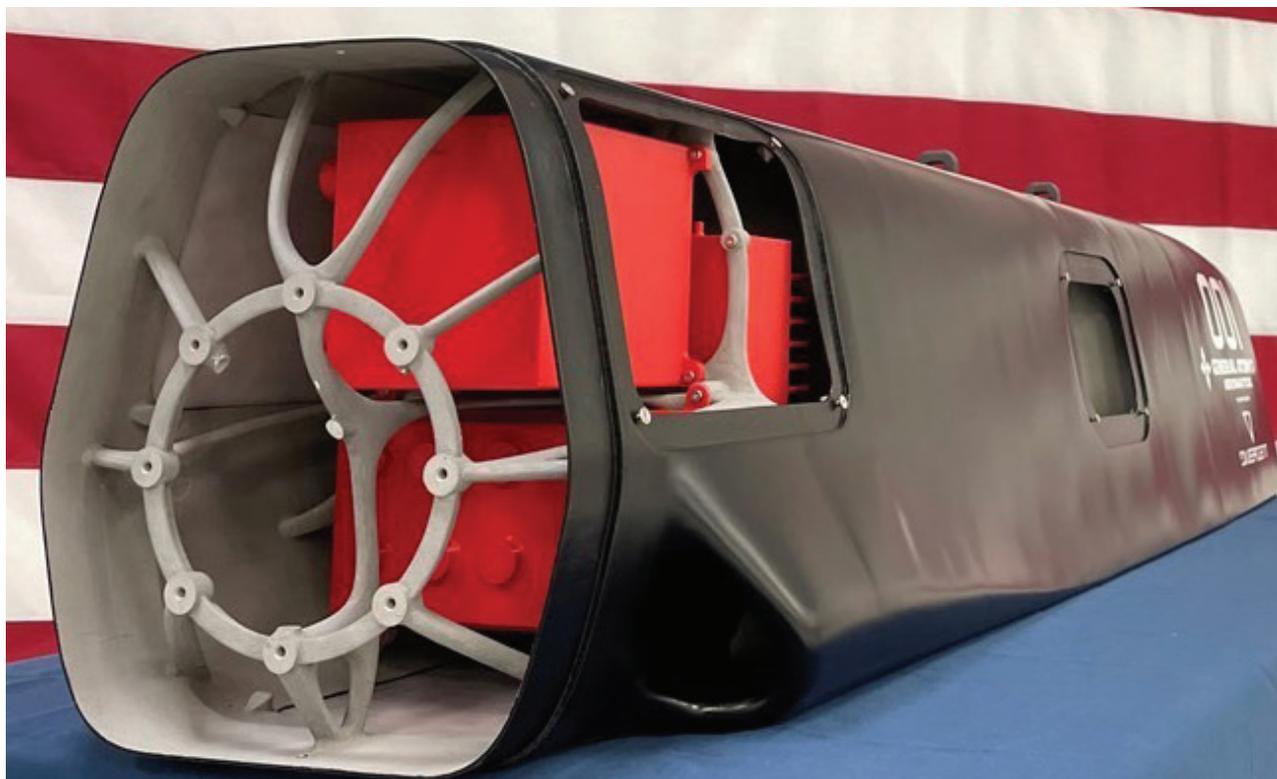


Рис. Корпус БПЛА изготовлен компанией Divergent на основе адаптивной производственной системы. Каждый из четырёх узлов можно напечатать менее чем за 13 часов. Использование АП позволяет создать унифицированную конструкцию, что, в свою очередь, позволяет производить целый самолёт за один день.

Внедрение АП в GA-ASI зашло настолько далеко, что в этом новейшем БПЛА аддитивные технологии уже не находятся в центре внимания. Вместо этого основное внимание уделяется полностью унифицированному проектированию и автоматизированному процессу производства и сборки благодаря безграничным возможностям АП. Изменился также и материал, из которого изготавливаются компоненты судов, — алюминий вместо полимерно композитной обшивки современных самолётов.

Обычно композитный материал используется из-за его лёгкого веса, тем не менее в конструкции sUAS гораздо большая экономия веса

достигается за счёт топологической оптимизации, исключения крепёжных элементов, устранения паразитной массы. Если вся секция корпуса БПЛА напечатана на 3D-принтере как одна деталь, то более экономичным решением будет обойтись без обшивки, и прочными металлическими поверхностями формировать его внешнюю поверхность. Алюминий для экстерьера — часть истории авиастроения. И теперь, с АП, похоже, это тоже станет частью будущего.

Авторский перевод:

<https://www.additivemanufacturing.media/articles/at-general-atomics-do-unmanned-aerial-systems-reveal-the-future-of-aircraft-manufacturing>



AXE B-11 | B-17

Оптimalен для сканирования
больших объектов

 **AM.TECH**
Additive Manufacturing Technologies



Аддитивное производство на основе полимеров: движемся к идеалу!



clck.ru/39nmkD

Сегодня мы уже привыкли к тому, что центры аддитивного производства (ЦАП), другими словами — производственные площадки, осуществляющие изготовление высокосложных изделий или прототипов без использования оснастки, широко представлены в мире и в России.

Согласно справочнику Экосистемы аддитивных технологий, разработанному и активно поддерживаемому проектом Логика слоя вместе с клубом производителей Московской школы управления СКОЛКОВО, сегодня можно выделить следующие виды производственных центров: статический ЦАП, студия/лаборатория, 3D-ферма, кластер; а также передвижной мобильный комплекс.

С последними сегодня часто связывают ремонтное производство на заказ в различных отдаленных областях, максимально приближенных, например, к театру боевых действий, разработке/добыче полезных ископаемых, автомобильным паркам, сельскохозяйственным угодьям, строительству, съемке мероприятий / кинофильмов / рекламных роликов, и т.п. А вот статические центры решают целый

ряд задач, оперируя различными технологиями и материалами под конкретные задачи заказчика. Более того, если мобильные комплексы часто ограничены возможностями нести «на борту» некоторые сложные технологии 3D-печати по металлу, керамике или песку, однако относительно легко решают вопросы, связанные с производством полимерных, композиционных, или эластичных деталей, 3D-сканированием, то «оседлые» центры не имеют таких проблем и могут использовать весь имеющийся в мире ассортимент технологий. Также стоит отдельно обратить внимание на то, что ЦАПы должны сегодня предоставлять заказчику не только 3D-печать, но и полный производственный цикл, включающий в себя также и постобработку (при работе с металлами и сплавами без механообработки, пескоструйки, галтовки, термообработки не обойтись), технологии нанесения покрытий, входной контроль по материалам, выходной по изделиям, сортировку, упаковку... Добавьте к этому часто предъявляемые заказчиками требования к сертификации производства и изготавливаемой продукции по ГОСТ Р ИСО 9001-2015 (СМК), ГОСТ РВ 0015-002-2020 (Государственный военный стандарт), ГОСТ Р 58876-2020 (СМК для авиационной, космической и оборонной отраслей промышленности), ГОСТ ISO 13485:2017 (СМК для медицинских изделий). И здесь стационарные центры начинают

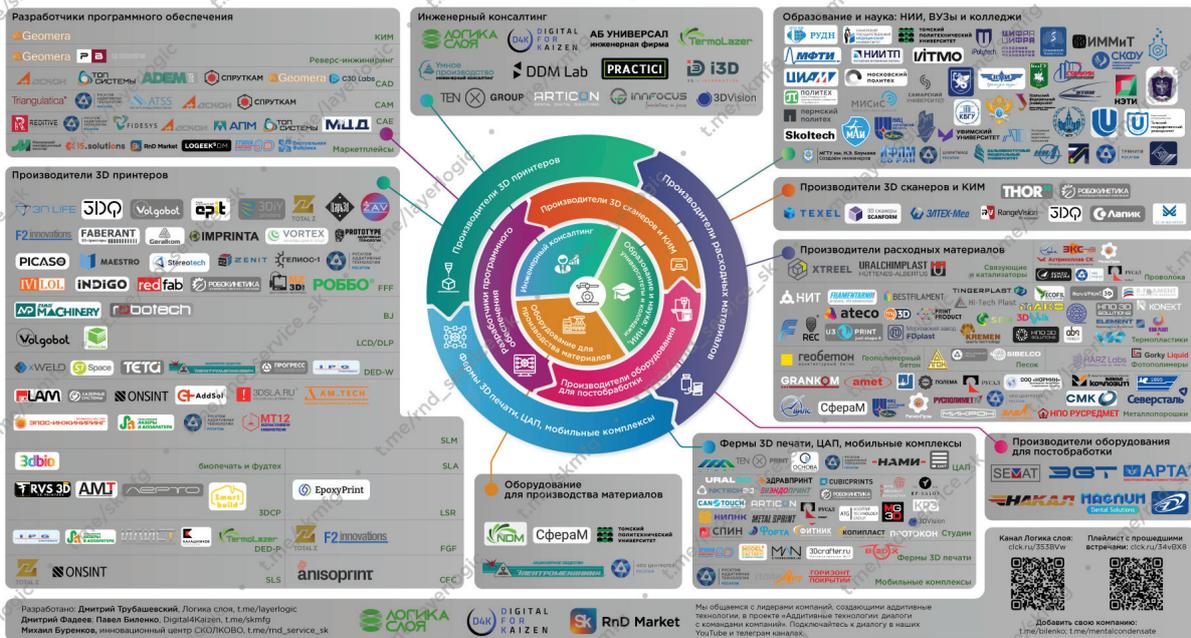


приобретать уже статусность, так почитаемую классическими производителями. Только в отличие от традиционных производств аддитивные центры способны справиться практически с любыми задачами, когда речь идет о скорости, сложности, а порой и стоимости высокономенклатурной продукции малых серий.

При достаточно большом количестве центров 3D-печати в России далеко не все из них способны осуществлять полный производственный цикл изделий из широкого ассортимента материалов. Вот некоторые из российских компаний, которые имеют в своем арсенале внушительное количество аддитивных и сопутствующих технологий, и могут предложить заказчику изготовление изделий по качеству и подходам, соответствующим лучшим мировым компаниям: ООО «ЗДВИЖН», ООО «ЛОГИКС», ООО «Тен.Принт», АО «Центр аддитивных технологий» ГК «Ростех», АО «Центр Технологической Компетенции Аддитивных Технологий», а также перспективный новичок СПИН.

Несмотря на то, что в России полным ходом идет освоение гибкого аддитивного производства, как полноценной замены неповоротливого на старте (единичных, пилотных или мелкосерийных проектов) классическому, однако очень ритмичному при переходе на серию, все равно мы заметно отстаем от мировых центров. В чем же выражается наше отставание? Прежде всего в некотором недоверии со стороны «прожженных» промышленников в успешности применения «аддитивки», которое выражается в их спорах в отношении достаточной надежности изделий, удовлетворительной ресурсной эксплуатации. Их можно понять, ведь до сих пор не выработаны и не приняты стандарты, обуславливающие единые ГОСТы на проектирование, производство, линейку материалов, и эксплуатацию напечатанных изделий. В результате только дальновидные и целеустремленные руководители предприятий и собственники бизнесов, (а таких не так уж и много), берут на себя целый ворох проблем, получая через месяцы или годы практически совершенный

Экосистема аддитивных технологий в России



продукт, лишенный недостатков классического проектирования и производства. Второе — невозможность приобретения и освоения оборудования мировых лидеров из Европы и США ввиду санкционных ограничений. Поэтому сегодня круг партнеров российских предприятий, интеграторов, разработчиков практически ограничен отечественными компаниями-производителями или компаниями из дружественных стран, в первую очередь из Китая. И в таком партнерстве, безусловно, множество плюсов, ведь развитие отечественного станкостроения и работа с Китаем — это поддержка собственных российских компаний с инженерами, готовыми прибыть на помощь уже через несколько часов после запроса, а также сотрудничество с дружественной нам страной, ко всему прочему обладающей недюжинным потенциалом по предложению широкого модельного ряда оборудования, поставляемого в кратчайшие сроки. Однако загвоздка состоит в том, что самые передовые решения чаще всего исходят из стран Западной Европы и США,

и вот здесь получить опыт нам удастся крайне сложно. Можно, конечно, долго медитировать на видеоролики, фотографии, выискивать информацию из научных источников и патентов в надежде приблизиться к передовым разработкам, но фактор времени оставляет нас наедине с самими собой, пока Запад инвестирует и развивает прорывные решения.

Мы обязательно еще не раз поговорим на предмет ЦАПов и студий, работающих с металлами и сплавами, ведь эта тема волнует сегодня многих. Но давайте пока рассмотрим контрактное производство на основе полимеров, поскольку вход в этот бизнес менее финансово «болезненный», и не требует повышенной квалификации персонала. Мы надеемся, дальнейший рассказ об одной из американских заметных компаний даст стимул для вашего дальнейшего развития, а для кого-то — мотивацию сделать нечто подобное и в нашей стране.

i-SOLIDS — крупный техасский проект, располагающий более

ста пятьюдесятью 3D-принтерами различных брендов по полимерам, и использующий 40 различных материалов от стандартного до высокоэксплуатационного класса. В компании используются следующие аддитивные технологии: экструзия материала FFF (настольные и промышленные решения), синтез на подложке MJF (HP Multi-Jet Fusion) и SLS, стереолитография SLA.

Первое, на что обращает внимание компания, — это богатый опыт в области машиностроения, CAD/CAE-моделирования (моделирование и оптимизация проектирования для аддитивного производства DfAM), проектирования электронных компонентов, программирования, патентной защиты, механических испытаний, и производственных технологий.

Постобработка у них представлена следующими типичными для западных компаний технологиями: шлифовка, полировка поверхности, сглаживание поверхности паром, нарезание резьбы, включая использование металлических

ввертышей, покраска и керамическое покрытие (Cerakote).

Контроль качества на производстве осуществляется с помощью специального программного обеспечения с машинным обучением и искусственным интеллектом, что позволило ограничить брак на уровне 0,37%!

Целая ферма из ста тридцати экструзионных FFF 3D-принтеров трудится в i-SOLIDS для печати деталей из стандартных пластиков, таких, как ABS, ASA, PETG, PLA, TPU, TPE. Использование ферм сегодня стало экономически эффективным решением для многих задач прототипирования, мелко- и среднесерийного производства по причине низкой стоимости покупки и владения настольными 3D-принтерами. Это отличный стартовый вариант для знакомства с аддитивными технологиями и неприхотливого производства деталей стандартной точности $\pm 0,5\%$ с нижним пределом $\pm 0,5$ мм.

Заказчики особенно отмечают, что они могут следить за исполнением



заказа посредством видеотрансляций. Это отличный способ завоевания лояльности — не так ли?

Промышленная экструзионная FFF технология представлена компанией Essentium, которая старается взять лучшее у линейки Fortus компании Stratasys. Конечно, читатель может сказать, что нет особого смысла переплачивать за дорогое промышленное оборудование, ведь настольные или профессиональные 3D-принтеры могут решать подобные задачи. Однако не стоит забывать о том, что всегда промышленные технологии и решения направлены в первую очередь на высочайшую надежность, производительность, размеры, качество, «супер»-материалы для замены металлов (PEEK, PEKK и Ultem). Все это можно смело «приправить» продвинутым проприетарным программным обеспечением и системой управления для обеспечения большей скорости и более высокой точности. Но что чаще всего выделяет промышленные экструзионные принтеры на фоне их молодых «коллег», так это полностью закрытая обогреваемая камера печати, способная достигать температуры до 200 градусов Цельсия. Эта камера помогает поддерживать постоянную температуру по всей детали во время ее печати, снижая тепловое напряжение, и устраняя такие проблемы, как коробление и снижение адгезии слоя. Использование подобных 3D-принтеров идеально для производства деталей, эксплуатируемых в сложных условиях при высокой температуре и химическом воздействии.

Фирменная технология Multi-Jet Fusion (MJF) от компании HP заняла прочные позиции у многих зарубежных сервисных провайдеров,

поскольку она позволяет обеспечить более высокую скорость производства по сравнению с ее близким аналогом — SLS. В i-SOLIDS именно благодаря этой технологии получается производить 100 000 деталей в течение недель и даже дней, качество и прочность которых аналогичны литью под давлением.

В целом порошковый процесс MJF похож на лазерную технологию SLS, однако, по мнению техасской компании, все еще не обладает выдающимися показателями по надежности и повторяемости. Технология MJF работает со следующими полимерами: PA12, PA11, PA12GB, PA12W, PA12W, TPU и TPA. Для MJF не требуется вспомогательный поддерживающий материал, что позволяет создавать гораздо более сложную геометрию и более однородное качество поверхности, чем с FFF или SLA.

С помощью принтера HP 580 MJF можно наносить полноцветную печать непосредственно на поверхность детали, что позволяет создавать уникальные элементы дизайна, такие как логотипы, QR-коды, маркировку безопасности и т. д.

Лучшее применение MJF технологии — индивидуальные ортопедические и протезные устройства, функциональные детали конечного назначения от малых до больших объемов, произведения искусства, архитектурные модели, потребительские товары, прототипирование или производство деталей, требующих постобработки для визуального соответствия литью под давлением.

Синтез на подложке SLS сегодня широко используется для быстрого прототипирования, создания сложной геометрии и производства функциональных деталей с высокой точностью и прочностью в различных



отраслях промышленности, включая авиастроение, космонавтику, автомобилестроение и медицину. Способность SLS работать с широким спектром материалов, включая пластики, металлы, керамику и композиты, а также изотропность делает ее универсальной технологией для применений, требующих сложных, функциональных и нестандартных деталей. Часто ее применяют там, где традиционные методы производства являются непомерно дорогостоящими или где важна сложная геометрия.

Интересен тот факт, что в i-SOLIDS в технологии SLS (используется 3D-принтер компании XYZprinting) научились использовать старый порошок PA12 рабочего процесса MJF, что позволило удешевить стоимость печати без ущерба для прочности и качества деталей. Стандартная точность размеров составляет $\pm 0,3\%$ с нижним пределом $\pm 0,3$ мм. Детали SLS часто используются для прототипирования, производства сложных функциональных деталей малых и средних серий для конечного использования.

Стереолитографические SLA 3D-принтеры используют для 3D-печати деталей с высокой точностью размеров и превосходным качеством поверхности. Последнее десятилетие отмечено значительными достижениями, благодаря которым затраты были существенно снижены, а библиотека материалов значительно пополнилась за счет прочных непрозрачных, прозрачных, высокотемпературных, эластичных, устойчивых к электростатическому разряду и т. п. Стандартная точность размеров по SLA составляет $\pm 0,5\%$ с нижним пределом $\pm 0,15$ мм. По настольной SLA рентабельно печатать относительно небольшие детали, требующие высокой точности, например, ювелирных изделий, шаблонов для зубопротезирования и хирургии, высокотемпературных форм и т. д.

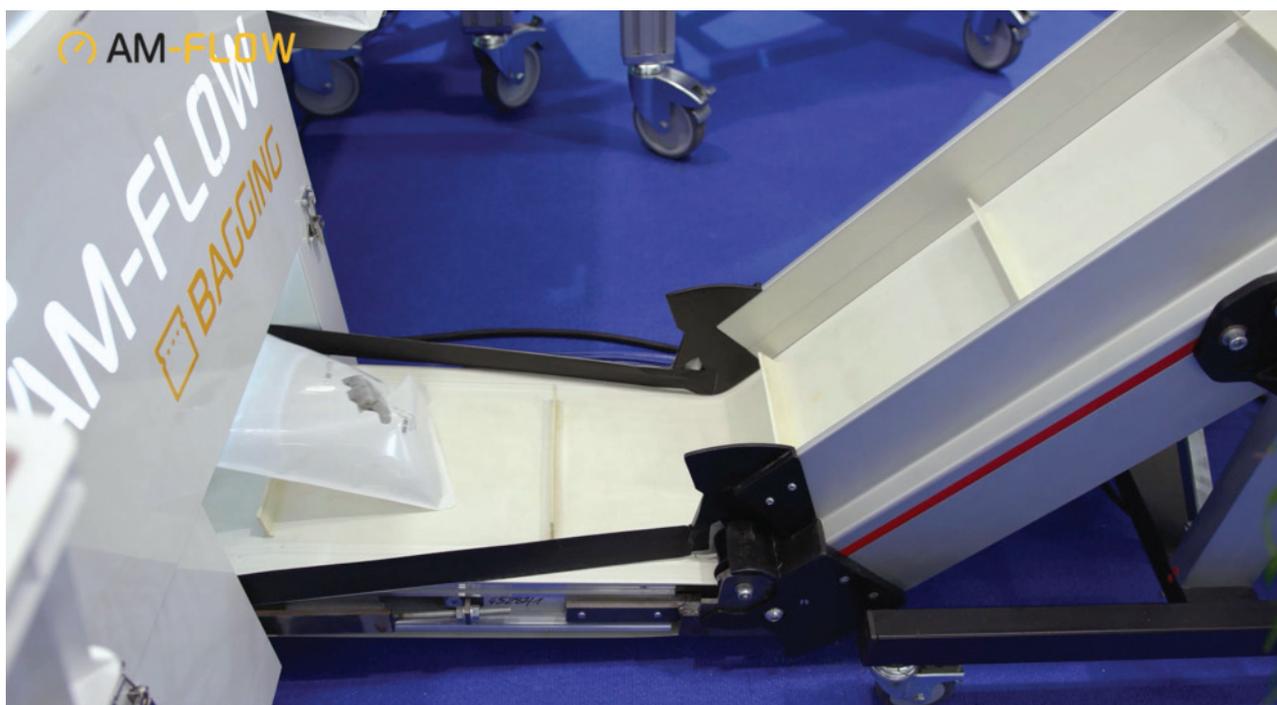
Пристальное внимание в i-SOLIDS уделяется вопросам 3D-сканирования и реверс-инжиниринга, когда жизненно важно оцифровать, улучшить или адаптировать геометрию старых деталей. В компании используется технология сканирования

структурированным светом профессионального класса, поскольку это является отличным способом быстро и точно создать естественную или сложную геометрию, которую трудно воспроизвести иными методами.

Иногда заказчик хочет доверить проведение механических испытаний контрактному производителю. Для этих целей может потребоваться проведение более глубокого механического исследования или компьютерного моделирования для проверки конструкции с точки зрения безопасности, стоимости или соответствия требованиям. Если центр 3D-печати может предложить что-то подобное — это можеткратно увеличить его ценность и соответственно лояльность заказчика.

А теперь представьте себе такое многономенклатурное производство, которое требует, как мы знаем, различных операций по постобработке, начиная от удаления поддержек, неиспользованного порошка, пескоструйной обработки или обработки сжатым воздухом, галтовки, покраски, тонирования.

Обязателен также контроль в ОТК, сборка, сортировка и упаковка. И за всем этим нужно следить и контролировать. Как сегодня автоматизируются эти процессы в аддитивном производстве? «Автоматизация полного производственного цикла в АП?» - недоуменно спросят многие и тут же ответят: «Нет, не слышали и не используем». Роль человека в этом сегодня очень велика, а качество цикла зависит от квалификации специалиста, его настроения, ведь даже утомляемость никто не отменял. Одно из решений таких проблем — передовые подходы от компании AM-Flow, активно использующей в i-SOLIDS, например, для идентификации изделий (мгновенное сканирование и сравнение с 3D-моделью), сортировки, с помощью которой оборудование позволяет без ошибок обработать в 6 раз больший объем, чем это делается вручную. Интересно, что время обработки средней производственной партии (400 деталей) осуществляется менее, чем за 30 минут. Также может использоваться автономный мобильный робот OMRON, если требуется перевезти



контейнер с деталями на склад или какой-либо участок. И наконец упаковщик с идентифицируемым по штрихкодам пакетами.

А ваше производство такое же идеальное?

В сухом остатке при кажущейся простоте организации производства на основе полимерной 3D-печати существует ряд нюансов и продвинутых технологических и организационных возможностей, которыми стоит воспользоваться тем компаниям, кто уже находится в этом бизнесе, но задумывается над своим ростом. Также очень полезно это знать будет и тем, кто рассматривает такой бизнес, но не знает, как к нему подступиться.

В качестве резюме хотелось бы сказать следующее. Читатели могут воспринять вышеизложенное, как недостижимый для многих уровень инноваций в гибком полимерном производстве, и отказаться даже подступиться к теме коммерческой 3D-печати. Но мы наоборот, хотели бы открыть для всех вас ворота возможностей. Посудите сами. В данном примере нет практически ничего революционного. Многие технологии и конкретные марки оборудования могут быть заменены на равнозначные или близкие по основным показателям, но разработанные и произведенные в России или Китае. Понятно, что альтернатив MJF технологии в мире практически нет, но нужна ли прямо сейчас такая высочайшая производительность большинству российских заказчиков, которые до сих пор не используют на 100% возможности отечественных центров 3D-печати? Единственное, что может поставить в тупик, — решения по идентификации и сортировке от AM-Flow. Готовы ли сегодня российские обладатели 3D-ферм

и ЦАТ к автоматизированной сортировке? Возможно, это время еще не пришло. Но что произойдет через несколько месяцев, что будет с заказами, со специалистами? Готов ли Китай помочь с разработкой и поставкой подобных системам, обладающих, помимо прочего, еще и более привлекательной ценой? А может быть, наша статья подтолкнет российских энтузиастов, инженеров на разработку своих аналогов, тем более, что востребованность аддитивных технологий растет с каждым месяцем, увеличивая ассортимент производимой продукции?

Уважаемые читатели, если для вас приоритетна тема аддитивного производства, вам есть что рассказать поучительное для соратников, поделиться своим опытом, мнением, пригласить нас для интервью — дайте нам обратную связь на адрес электронной почты info@industry3d.ru.



Проблемы развития отечественных аддитивных технологий – Per Aspera Ad Astra!



clck.ru/39now4

От редакции. Выносим на суд читателей наш пересказ выдержек из статьи П.В. Ладнова, опубликованной в журнале «Аддитивные технологии». В материале приведен авторский анализ ситуации на мировом и отечественном рынке аддитивных технологий, основных проблем развития этой отрасли в России, предложены возможные варианты решений. В чем стоит согласиться с точкой зрения автора, а с какими утверждениями и выводами можно поспорить? Присоединяйтесь к обсуждению темы!

Российский рынок аддитивных технологий занимает крайне слабое положение по сравнению с другими развитыми и развивающимися странами. Если обратиться к статистике, собираемой для ежегодного отчета Wohlers, то уже более 10 лет доля РФ по установленному годовому количеству оборудования для аддитивных технологий не превышает 1,5% от общемирового

показателя. Лидерами здесь в 2023 году остаются Северная Америка (СА) и Азиатско-тихоокеанский регион (АТР).

Для того, чтобы понять причины этой проблемы, для начала обратимся к особенностям становления отрасли как в США и Европе, так и у азиатских «тигров».

АТ, как и любая другая технология, развивается поэтапно. Появившись и достигнув определённой зрелости, выдержав проверку временем, технология становится общепотребительной, к ней привыкают.

Основные компании-разработчики из стран Запада выпустили первые коммерческие образцы оборудования для процесса СЛС в начале 2000-х годов и фактически являлись родоначальниками развившегося впоследствии направления коммерческих металлических L-PBF технологий. Они начинали на фазе подъема, выходя на рынок с абсолютно новой технологией, развивая интерес к новым производственным возможностям у потенциальных пользователей. У таких компаний-«прародителей» было время отработать свой MVP (от англ. Minimum Viable Product – минимально жизнеспособный продукт). Таким образом, уже проверенные решения вышли на рынок серийного оборудования аккурат на пике интереса к ним. Дальше оставалось лишь, опираясь на этот



задел, системно, последовательно развивать возможности технологии и привлекать к ней все новых и новых клиентов. В числе основных на сегодняшний день особенностей рынка аддитивного оборудования для СЛС в странах коллективного Запада – высокая конкуренция между компаниями на мировом рынке (США, Европа, Япония, Юго-Восточная Азия), но при этом производители практикуют договоренности о взаимном использовании патентов, технологий и работе с клиентами. А также – постоянное улучшение качества продукции и внедрение новых технологических возможностей, ориентация на сложные комплексные системы, доведенные до высокого технического уровня реализации.

В странах АТР и прежде всего КНР первые коммерческие образцы оборудования СЛС приемлемого качества начинают появляться в начале 2010-х годов. Основной подход местных производителей, поддерживаемый на государственном уровне, – копирование лучших образцов западного оборудования и комплектующих, позволяю-

щее сократить сроки разработки и внедрения оборудования. Уже на первых этапах развития компаний-производителей оборудования отмечалась огромная потребность в их продукции на внутреннем рынке. Компании ориентировались на производство оборудования среднего технического уровня, но большой серийности. И в итоге выходили на международный рынок с экономической и технической базой, накопленной на внутреннем рынке.

А что у нас? Активные публикации с информацией о начале разработок отечественного оборудования для СЛС появляются в прессе в период 2013 — 2014 г.г. Несмотря на уже практически сформировавшиеся к тому времени мировые стандарты качества оборудования, в РФ до сих пор не налажено серийное производство отечественного оборудования для СЛС-процесса.

Отчасти это связано с активным присутствием мировых производителей на российском рынке до периода 2020-2022 годов. Пионеры отрасли в РФ нарабатывали свой

опыт, используя технологии на качественном, проверенном оборудовании с сервисной поддержкой и высокой степенью клиентоориентированности. На этом фоне предложения от появляющихся российских разработчиков часто просто не воспринимались всерьез.

В последние два года в связи с уходом с российского рынка западных компаний еще более остро встал вопрос об использовании отечественного оборудования, как минимум на производствах специального назначения. Активные пользователи аддитивного оборудования для промышленного применения столкнулись с определенными трудностями – европейское оборудование, закупленное в 2000-2020 годах, морально и физически устаревает, отсутствует сервисное обслуживание и невозможно или слишком дорого закупать запасные части. Оборудование из дружественных стран в массе своей имеет более низкий технический уровень реализации относительно лучших мировых образцов, к тому же часто не имеет качественного сервиса. Кроме того, показательный быстрый уход иностранных производителей с российского рынка создает дополнительные обоснованные опасения по внедрению в производственные цепочки другого иностранного оборудования, пусть и из дружественных стран.

Однако быстрой замены иностранного оборудования на отечественные аналоги до сих пор не произошло. До сих пор местные производители ориентировались на быстрый финансовый результат. Большинство из их числа – это производители опытных установок. Дело тормозит также отсутствие

достаточного количества профессионалов, разбирающихся в особенностях конструкции оборудования, специального программного обеспечения и технологического процесса, ограниченный доступ к узлам и компонентам разрабатываемого станочного оборудования и ограниченный рынок сбыта продукции.

К сожалению или к счастью, пройдя этап «распробования» технологии и накопив определённые требования к оборудованию, материалам и самому процессу получения изделий методами АТ, российский клиент сегодня требует от разработчиков и производителей из этой отрасли конечных решений, ждет информации о технологии, материалах, методиках проектирования изделий, развития нормативной документации. И это правильно, так как при переходе от процесса эксплуатации единичных установок в рамках НИОКР к процессу встраивания оборудования в промышленные производственные цепочки необходим куда больший объем работы, чем просто получить одну заготовку сложной формы и рапортовать об активном внедрении новых технологий на предприятии.

Для того, чтобы спроектировать и получить качественную деталь, пользователь должен быть уверен в качестве материалов, оборудования, параметров процесса синтеза и обработки. А конструктор должен четко понимать возможности и ограничения технологического процесса и исходя из этого приступать к проектированию новых изделий для серийного изготовления по какой-либо аддитивной технологии.



Обобщая круг проблем, связанных с отсутствием качественного отечественного оборудования и внедрением АТ в серийные промышленные производства, схематично можно представить бесконечно повторяющийся цикл, некий уроборос, поедаящий сам себя.

Разорвать данный цикл могут только определённые волевые решения на уровне Федеральных властей.

Ряд экспертов видит основную причину неутешительного положения российской аддитивной отрасли

в недостатке системного подхода. Для выработки последовательных решений проблем с развитием АТ прежде всего необходимо выделить основные группы или классы задач, в которых появляются проблемы, и проиллюстрировать взаимодействие таких групп.

Условно можно выделить три больших группы (уровня) задач, представленных в Таблице, в рамках которых осуществляется развитие и практическое внедрение той или иной новой технологии.

Группа	Типичный представитель
Методология применения	Эксплуатант (пользователь технологии)
Администрирование процессов внедрения	Государство
Техническая реализация	Разработчик оборудования и технологии

Таблица. Концептуальные группы задач

На методологическом уровне основная проблема – отсутствие в РФ четкой методологии проектирования технологичных конструкций деталей для того, чтобы учить конструкторов и технологов разработке деталей под аддитивные процессы. Отсутствует в широком доступе профильная справочная литература. Подчас у многих представителей промышленности даже нет понимания области применения той или иной аддитивной технологии и методик расчета экономической эффективности, хотя, например, к настоящему моменту в литературе описано по меньшей мере шесть моделей формирования стоимости аддитивного производства. И у заказчиков, в свою очередь, зачастую нет четких требований к параметрам оборудования, аналогичных требованиям к металлообрабатывающим станкам, по причине непонимания критических факторов влияния на процесс.

На уровне технической реализации, имеющиеся затруднения связаны:

- с недостатком понимания нюансов сложности параметров процесса, понимания того, что технологический процесс изготовления изделий методами послойного лазерного синтеза металлических материалов связан с определенной трудностью – синтез структуры материала, а значит, и все его основные свойства, происходят непосредственно во время процесса получения фасонной заготовки, порождая достаточно большое количество возможных вариаций структур и их дефектов. Это роднит процессы аддитивного производства с литьём и сваркой.
- с отсутствием в стране четкой системы аттестации оборудования,

материалов, специалистов и технологии, сродни, например аттестации в сварочном производстве.

- с дефицитом опытных и компетентных кадров, не только имеющих опыт работы на оборудовании подобного рода, но и разбирающихся в его конструктивных особенностях и нюансах технологии.
- с отсутствием в стране компонентов, и не только критичных, применяемых в конструкции станков для аддитивного производства.
- с фокусированием компаний на изготовлении одного опытного образца и изготовлении изделий под заказ – тем самым постоянно вносятся критические изменения, что делает невозможным проведение аттестации технологии.

На административном уровне проблемы связаны с недоработками в администрировании мер государственной поддержки развития технологических направлений:

- недостаточный уровень технических компетенций у экспертов, определяющих приоритетные направления и компании для поддержки. Невозможность объективно оценить уровень проработки решений.
- отсутствие четкой системы классификации станочного оборудования в области АТ. Потенциальному заказчику непонятно, с какими параметрами он покупает станок и подойдет ли он для его задач, а компании-разработчики и эксперты плохо представляют, какой сегмент рынка может закрыть продукция и как администрировать бизнес, исходя из сегмента приложения. Для оценки, к примеру, можно переложить ГОСТы, связанные с указанием классов

точности отливок и классов точности металлорежущих станков.

- неоправданно высокий уровень конкуренции компаний за получение государственных субсидий, при этом все заканчивается на этапе опытного образца. Получают средства порой коллективы, которые не имели опыта работы с оборудованием и проектируют изделия по наитию, а закрытие ключевых показателей происходит сугубо по отчетам без детального анализа пригодности, работоспособности и практической значимости решений. Складывается парадоксальная ситуация: производителей АТ оборудования формально в России много, но ни одной установки на производственной линии у серьезного промышленного завода не стоит. Все оборудование носит характер единичного и опытного с постоянно меняющимися параметрами качества получаемой заготовки.

- несостоятельность института организации совместных предприятий с иностранными партнерами в станкостроительной отрасли. Ожидаемой локализации с трансфером технологий не произошло. Основные узлы приходили на завод уже собранными. Осуществлялась только крупноузловая сборка, однако в ряде случаев статус российской продукции был получен.

Для решения перечисленных проблем могут быть предложены следующие варианты в зависимости от той или иной группы проблем.

Необходимо сформировать руководящие документы по методологии проектирования технологических конструкций деталей для аддитивных технологических процессов.

На данный момент, в соответствии с информацией, размещенной на сайте Росстандарта, утвержден ряд стандартов в области аддитивных технологий, в том числе стандарты ГОСТ Р 59037-2020 «Аддитивные технологии. Конструирование металлических изделий. Руководящие принципы» (8 листов), ГОСТ Р 59930-2021 «Аддитивные технологии. Процесс синтеза изделий из металлических порошков на подложке для критических применений. Общие положения» (16 листов). Если сравнить данные стандарты, например, с ГОСТ Р 53464-2009 (48 листов), как стандарту на родственный СЛС процесс получения фасонных заготовок, то данные ГОСТ Р 59037-2020 и ГОСТ Р 59930-2021 никак не помогают на практике конструкторам и технологам с проектированием деталей под аддитивные технологические процессы.

Целесообразно привлекать ведущих отечественных практикующих специалистов к составлению обучающих материалов и поддерживать на государственном уровне выпуск соответствующей учебной литературы, научных работ в области новых методологий проектирования.

Необходимо разработать стандарт оценки и систему классификации оборудования для аддитивных технологических процессов. Выделить классы оборудования и определить методику проверки соответствия оборудования тому или иному классу.

В Росстандарте есть утвержденный ГОСТ Р 59184-2020 «Аддитивные технологии. Оборудование для селективного лазерного сплавления. Общие требования». В нем приведен ряд контролируемых параметров оборудования, в том числе

и точностных, однако стандарт не определяет требований к периодичности проверки соответствия характеристик при работе, а также не дает классификации оборудования по степени точности, качеству изготовления и т.д. В утвержденных стандартах ГОСТ Р 57588-2021 «Аддитивные технологии. Оборудование для аддитивных технологических процессов. Общие требования» и ГОСТ Р 59586-2021 «Аддитивные технологии. Образцы для испытаний. Оценка геометрических способностей систем аддитивного производства» классификация аддитивного станочного оборудования по качественным и количественным показателям тоже отсутствует. Такое положение создает условия, когда пользователь при выборе российского оборудования не может адекватно оценить область практического приложения станка, адекватность стоимости оборудования и, следовательно, сформировать планы по внедрению оборудования на свое производство. Поэтому следующим шагом после разработки общероссийской классификации станков для аддитивных технологических процессов может быть введение обязательной классификации и для всего ввозимого импортного оборудования для процессов АТ с выдачей сертификата.

С целью выстраивания последовательной системной работы над внедрением аддитивных технологий на промышленные предприятия целесообразно организовать единый ответственный за аттестацию оборудования, технологии, материалов и специалистов орган. В качестве рабочего примера можно использовать опыт создания национального агентства контроля

сварки (НАКС). Заключение такой организации будет достаточно для подтверждения качества технологического процесса. При проектировании изделий разработчик, прописывая в технических требованиях аддитивный способ изготовления с контролем аттестации авторизованным органом, будет иметь возможность «разделить» ответственность в принятии решения о применении аддитивной технологии. Такая система позволит качественно расширить уровень применения АТ и позволит разработчикам быть смелее.

Ввиду ограниченного рынка сбыта отечественного аддитивного оборудования одним из работающих вариантов поддержания интереса производителей и разработчиков оборудования может быть внедрение института государственного планирования – гарантированного заказа на изделия, полученные методом АТ, комплектующие и аддитивное оборудование различного класса. Еще один рабочий инструмент поддержки – шкала налоговых льгот, в том числе ограниченная по времени отмена или частичное снижение НДС на продукцию, получаемую с помощью аддитивных технологий. Степень льгот можно варьировать в зависимости от технологии, ответственности деталей и объемов выпуска продукции. А еще – субсидирование установки промышленного аддитивного оборудования в учебные заведения среднего и высшего профессионального образования с целью практического освоения технологии студентами, не столько в качестве инструмента академических исследований, а для прикладного применения.

Малый объем рынка сбыта аддитивного оборудования делает экономически непривлекательным для бизнеса инвестирование в отрасль, где изначально требуются большие вложения, срок окупаемости велик, а маржа достаточно мала, по сравнению с сырьевыми секторами, стройматериалами, и т.п. Получается, что если и есть где-то производство оборудования, то оно малотиражное, почти единичное или индивидуальное, а следовательно, стоимость оборудования достаточно высокая.

Нужно смотреть правде в глаза. В ближайшем обозримом будущем российское аддитивное оборудование вряд ли будет качественнее европейского и дешевле китайского оборудования. Ориентация частных компаний на получение прибыли не позволит им осознанно сделать выбор на внедрение отечественного оборудования при доступности дешевых аналогов из КНР.

Поэтому основным рынком для отечественного аддитивного оборудования, пусть и весьма ограниченного объема, в ближайшие годы будет только рынок стратегических отраслей промышленности государственных корпораций и оборонных предприятий. То есть, те сферы, где стоимость оборудования не так важна по сравнению с доступностью сервисного обслуживания и стабильностью работы, а приоритетные характеристики конечного изделия – не стоимость, а высокая функциональность, а также скорость разработки и изготовления. Однако даже в такой парадигме ни одно серьезное предприятие не будет вкладываться в отечественное оборудование без подтверждения соответствия предъявляемым техническим требованиям по стабильности и качеству работы, пусть не на уровне лучших европейских аналогов, но на уровне лучших производителей из КНР.



Комплимент от Вашингтонского шеф-повара



clck.ru/39ofcA

Как известно, многие отечественные промышленники, особенно из ордена машиностроителей и металлообработчиков, до сих пор относятся к аддитивным технологиям с изрядной долей скепсиса. А вот наши недавние заклятые партнёры давно и точно оценили истинную значимость АТ как драйвера современной индустрии. И когда 23 февраля они выдали на-гора очередной, уже 13-й пакет санкций против российских компаний, мы вновь убедились: в этой ситуации их многие знания — наши многие печали.

Потому как в санкционных списках на сей раз был целый раздел с перечислением ведущих отечественных производителей, связанных с АТ. Под санкции попали разработчики и изготовители 3D-принтеров, 3D-сканеров, поставщики материалов, программного обеспечения...

Этого, конечно, следовало ожидать. И, разумеется, готовиться. Проведённый нашей редакцией

экспресс-опрос руководства компаний, попавших в санкционный список, подтверждает: санкции никого из них не застали врасплох и особых минорных ожиданий по поводу будущего их бизнеса не вызвали. Мы задавали три вопроса:

— Каким образом ваша компания готовится (или готовилась) к возможному включению в санкционный список?

— Как включение в список может повлиять на текущую ситуацию в компании и на планы развития?

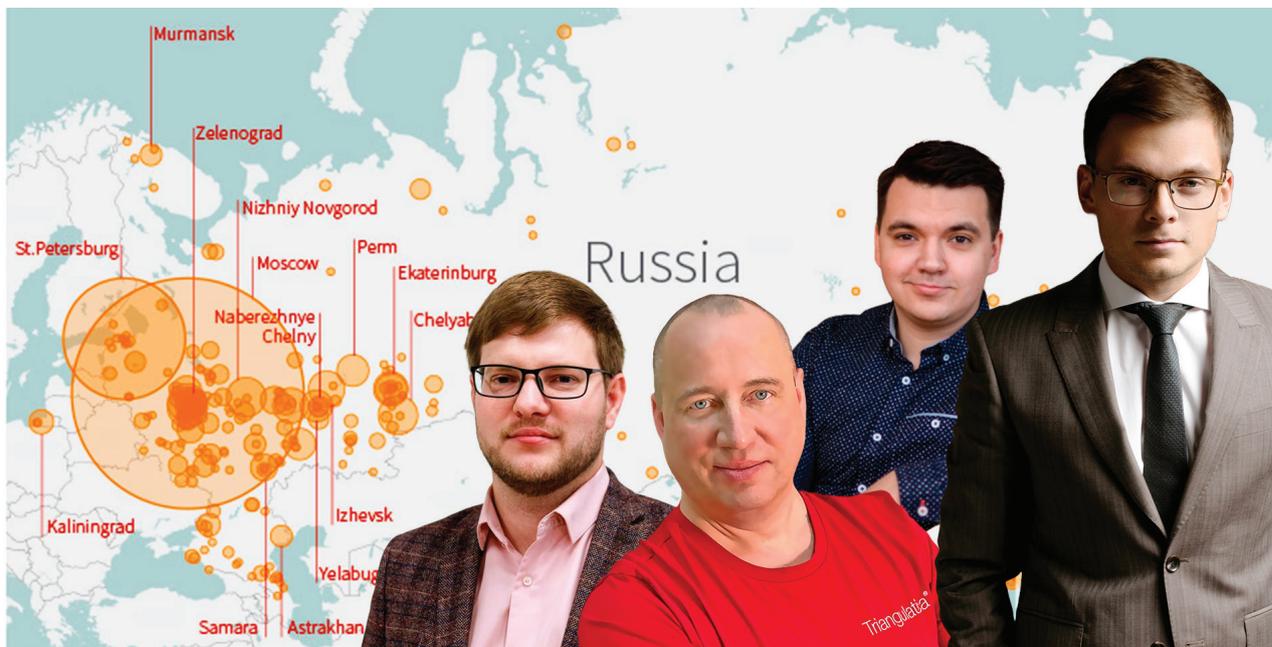
— Какую помощь или поддержку хотелось бы в этой ситуации получить от государственных институтов?

Вот что нам ответили:



Александр Михайленко,
генеральный директор
ООО «НПК АНТЕЙ» (Redfab):

— Мы ещё 3 — 4 года назад сделали ставку на собственное производство и отечественные комплектующие. Поэтому сейчас у нас нет



критических зависимостей по комплектующим. А благодаря команде квалифицированных разработчиков мы можем адаптироваться к самым сложным ситуациям, в том числе к работе в режиме санкций. Так как мы производим не только оборудование и ПО, но и отечественные отраслевые комплектующие и электронику, приглашаем коллег-производителей российских 3D-принтеров к кооперации.

Сомневаюсь, что санкции отразятся на нашем бизнесе сколько-нибудь серьезно, для нас приоритетный рынок — внутри России. Нужные запасы сформированы, плюс мы с прошлого года постепенно внедряем отечественную ЭКБ. Сейчас, наконец, стартовали продажи первого российского RISC-V микроконтроллера МК «Амур», мы — в числе его первых покупателей. Надеюсь, в скором времени перейдем частично или полностью на чипы первого уровня.

Мы рассчитываем, что государственные институты в первую очередь будут поддерживать потребителей и стимулировать внедрение аддитивных технологий в стране.

То, что почти вся российская аддитивка попала под санкции, только подчеркивает её важнейшую роль в укреплении технологического суверенитета страны. В России есть разработчики и производители оборудования по всем основным технологиям 3D-печати. Первый регион, что укомплектует центр АТ полностью отечественными решениями, станет ведущим в сфере развития АТ в России, а это рынок, который прирастает на 30+% ежегодно, — повод задуматься.



Денис Власов,
генеральный директор компании
ООО «ТРИАНГУЛЯТИКА»:

— Честно говоря, мы не ожидали попадания в санкционный список. Да, мы производим значимые продукты,

но в то же время «ТРИАНГУЛЯТИКА» — не крупная компания. И её появление в списке наряду с крупнейшими компаниями, от которых реально во многом зависит функционирование отечественной индустрии, — это для нас даже своего рода комплимент.

С другой стороны, наша компания действительно на виду. С нами контактировал вице-премьер Правительства РФ, министр промышленности и торговли России Денис Мантуров, лично знакомился с нашим оборудованием Максим Орешкин, возглавлявший на тот момент Минэкономразвития РФ. А также — министр экономики, инноваций, цифровизации и энергетики земли Северный Рейн-Вестфалия (ФРГ) Андреас Пинкварт, который ещё в 2019 году лично предлагал нам переместить весь наш бизнес со всеми разработками в Германию. Понятно, что нашу компанию плотно изучали немецкие аналитики перед подобным приглашением на самом высоком уровне, и нам сказали: если вы продолжите свой подход — кастомизацию аддитивного производства, то к 2025 году вы станете очень мощным и влиятельным игроком на рынке. И мы бы очень хотели, чтобы такой игрок работал у нас. Мы отказались, я тогда ответил в том смысле, что мир — глобален, и мы, оставаясь российскими разработчиками, готовы к плодотворному сотрудничеству со всеми, кто в этом заинтересован.

Возможно, нас также заметили из-за того, что мы помогали многим отечественным производителям нивелировать санкционное воздействие. Ведь «ТРИАНГУЛЯТИКА» заставляла заработать заново системы от TRUMPF, от DMG Mori, от EOS, сейчас работаем над поддержкой для 3D-принтеров производства Concept

Laser. То есть, те машины, которые в результате санкций были заблокированы в России, при помощи наших продуктов можно вернуть в рабочее состояние. И мы будем продолжать помогать запускать эти машины, поставив импортозамещающее ПО.

Готовились ли мы к сценарию с внесением нас в санкционный список? По большому счёту — нет, хотя, конечно, в каких-то моментах подстраховались. Ещё два года назад, лишившись выхода на европейские рынки, мы, конечно, расстроились. Однако релокацию не планировали. Продумывали мы и своего рода «план Б», предусматривающий создание отдельного подразделения для работы на внешних рынках. Однако мы очень рассчитываем, что мы продолжим успешно развиваться благодаря устойчиво растущему спросу на наши продукты на внутреннем рынке, а также на рынках государств, остающихся друзьями нашей страны.

Теперь по поводу возможных ограничений, связанных с санкциями. «ТРИАНГУЛЯТИКА» — пишется полностью российской командой, мы не заимствуем алгоритмы или подходы у других аналогичных софтов. Это была наша проблема: мы слишком отличались технологически от того, что есть на рынке в нашем сегменте, мы шли своим путём. Поэтому нам ничто помешать не может: как разрабатывали ПО, так и будем его разрабатывать. Зарубежные библиотеки, которыми мы пользовались, в основном находятся в открытом доступе. Вся наша «математика», всё «нутро» наших продуктов — Made in Russia, произведено в Санкт-Петербурге.

Все наши разработки финансировались из собственной прибыли, и

мы до сих пор не обращались за помощью к государственным институтам. Конечно, нас на начальных этапах развития существенно поддержало Минцифры РФ: налоговыми льготами, социальными мерами поддержки, стимулирующими наших сотрудников. Возможно, сейчас мы постараемся выиграть какой-либо грант: минувший год был для нас сложным, и финансовая подпитка не помешала бы. Но при этом мы по-прежнему делаем ставку не на внешнюю помощь, а на собственные ресурсы.

Обновления продуктов «ТРИАНГУЛЯТИКА» выходят и будут выходить раз в один — два месяца. И в каждой новой версии и даже под-версии появляются новые востребованные функции. Очень скоро на рынок выйдет третья версия «ТРИАНГУЛЯТИКА» с множеством существенных нововведений, которые мы сейчас пишем и начинаем тестировать. У нас в первый момент, как мы узнали о внесении компании в санкционный список, возникло только одно опасение: отечественные компании могут теперь опасаться сотрудничать с нами. Но сам я всегда придерживался такой позиции: если мы не будем покупать продукты отечественных компаний, у нас никогда не появится сообщество собственных конкурентоспособных разработчиков. И мы призываем наших партнёров следовать этому принципу. Тем более что с каждым новым клиентом мы становимся лучше — опытнее, продвинутее. И когда мы узнали 23 февраля о внесении «ТРИАНГУЛЯТИКИ» в санкционный список, я разослал письма нашим ключевым клиентам, и, что радует, ни один из них в ответ не сообщил, что он теперь не готов с нами работать. И

даже реселлеры подтвердили, что наш новый «статус» никак не отразится на нашем с ними сотрудничестве. Мы очень благодарны за такую поддержку всем нашим партнёрам и будем и впредь развиваться, и поставлять им всё более совершенные продукты.



Артём Красовский,
директор по развитию компании
ООО «РЭНДЖВИЖН» (Range Vision):

— Уже в начале 2022 года мы сконцентрировались на внутреннем рынке, чтобы не терять энергию на преодоление всё более высоких административных барьеров при попытке работать, как прежде, поставлять российские 3D-сканеры в Европу и другие страны. Как показала жизнь, это было правильным решением.

В том, что рано или поздно мы получим специфическое «международное признание», сомнений не было. Это чувствовалось в первую очередь в нарастающих сложностях работы с иностранными контрагентами в банковской сфере и логистике. Когда мы в очередном пакете санкций увидели свой бренд, несколько не удивились.

Мы заранее перестроили логистические маршруты, отказались от импортных комплектующих, поставка

которых может быть прекращена по политическим причинам, учли эти нюансы при разработке новых моделей. Поэтому в плане дальнейшего функционирования компании уже в режиме санкций каких-либо откровенно слабых мест у нас нет.

Благодаря этой тщательной подготовительной работе непосредственно на итоговый продукт внесение Range Vision в санкционный список практически не повлияет. Возможно, из-за рисков блокировки придётся изменить часть привычных инструментов и ПО, используемых в работе. Но не думаю, что это будет болезненно.

Теперь что касается того, какую помощь и поддержку хотелось бы получить в этой ситуации от государства. Это могла бы быть помощь по возобновлению экспорта в дружественные страны, или консультационная поддержка при решении проблем при отклонении платежей из-за границы.

Например, в ряде случаев и на нашем внутреннем рынке, и для экспорта требуется подтверждение российского происхождения товара, что порой невозможно из-за наличия части импортных комплектующих, аналогов которых просто нет в стране, при этом они доступны для заказа. Почему бы Минпромторгу РФ не проработать с компаниями-производителями из списка пути решения заградительных внутренних ограничений, раз уж даже «там» признали нашу деятельность столь важной для экономики?

Михаил Артюшков,
генеральный директор компании
ООО «Иннфокус» (INNFOCUS):

— В последнем пакете санкций США особая роль отведена адди-



тивным технологиям. Очевидно, что 3D-печать является великолепным решением не только для импортозамещения запасных частей и комплектующих, но и для ускорения традиционных технологических процессов, а также для разработки и вывода на рынок новых образцов техники.

Лучшая подготовка к подобного рода ограничениям — создание собственных решений отечественного производства. Одна из последних наших разработок — ПО REDITIVE COMPENSATION, которое позволяет увеличить точность 3D-печати до 10 раз. Это обеспечивает возможность раскрыть потенциал аддитивных технологий, во многом зажатый из-за проблем с технологическими деформациями деталей, получаемых с их применением.

Что касается возможного влияния попадания компании в санкционный список на её настоящее и будущее, то можно предположить, что основные сложности могут коснуться вопросов финансовой логистики. Но в целом на устойчивости и дальнейшем развитии компании появившиеся ограничения особо не скажутся. Скорее, наоборот, — это мотивирует нас создавать лучшие решения для наших заказчиков.

Любой технологический бизнес нуждается в рынках сбыта и стабильной логистике, как товарной, так и финансовой. Мы видим, что по всему блоку вопросов работа на государственном уровне ведётся, в частности, по трансграничным платежам с использованием цифровых финансовых активов. Мы поддерживаем подобные инициативы и с нетерпением ждём возможности их использования.

Выводы? Их за нас успешно наемники сделали «с той стороны». Сначала глава МИД Германии, фееричная Анналена Бербок, заявила о том,

что, начав вводить санкции против России ещё два года назад, на Западе и не рассчитывали, что они сработают, «просто санкции — это важно». Развивая тему, Bloomberg Economics пишет: «Последние заявления свидетельствуют лишь о постепенном ужесточении санкционного режима, и мы по-прежнему оцениваем, что экономика России вырастет примерно на 1–1,5% в 2024 году». Надо думать, что отечественные аддитивщики со своей стороны сделают всё для того, чтобы сбылись гораздо более оптимистичные прогнозы роста экономики страны.



AM.TECH
Additive Manufacturing Technologies

3D-печать по технологии селективного лазерного сплавления

AMT-16 | AMT-32 | AMT-64

The image shows three industrial 3D printers from AM.TECH. The AMT-16 is a compact, vertical unit. The AMT-32 is a larger, more complex unit with a control panel. The AMT-64 is the largest, featuring a long, horizontal chamber with multiple compartments. All units are dark grey with orange accents and have a small screen on the front panel.

LiM Laser: просто, как Plug and Play



clck.ru/39ofuf

Продвинутых отечественных аддитивщиков уже не удивишь высококлассными принтерами для 3D-печати металлами и сплавами. Многие имеют опыт работы на оборудовании уже давно представленных в России зарубежных производителей, например, BLT, EPlus, Farsoon и др. В последние годы в высшую лигу поставщиков таких принтеров влились сильнейшие вендоры из Китая, в числе которых – компания LiM Laser, один из лидеров индустрии 3D-печати металлом.

Промышленные принтеры разных серий этого бренда широко используются в самом высокотехнологичном сегменте – авиакосмической промышленности, а также на предприятиях ОПК, энергетики, автотрома и других отраслей.

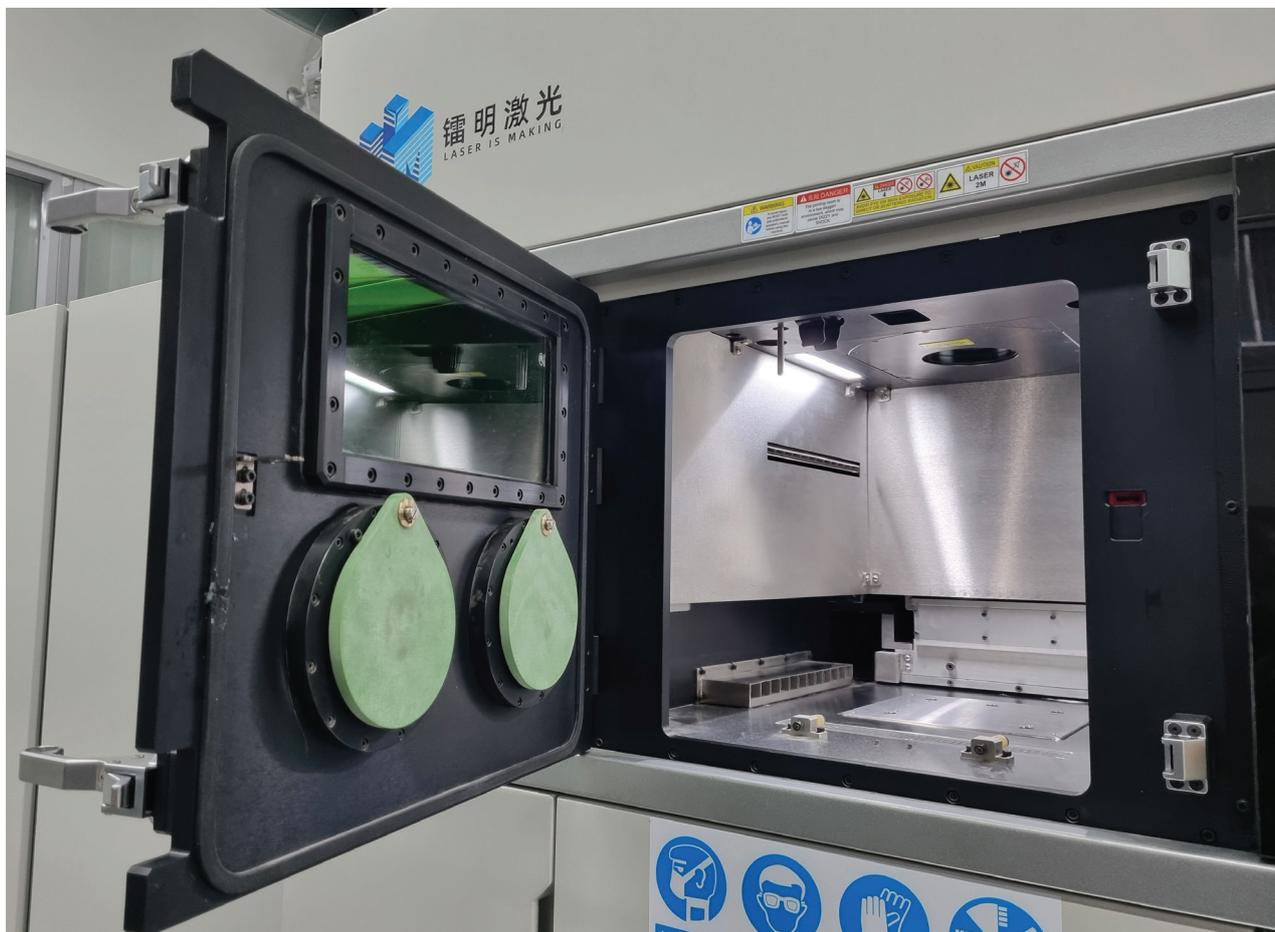
LiM Laser – активный экспортёр высокотехнологичной продукции, однако на российском рынке до недавнего времени о компании практически ничего не знали. Известность среди отечественных аддитивщиков она обрела лишь в 2023 году, когда ее официальным дистрибьютором в России стал системный

интегратор промышленных 3D-решений – компания i3D.

Февраль 2024 года был очень богатым для входящего в структуру группы компаний i3D Московского Цифрового Завода на знаковые для отрасли события. С некоторыми из которых мы обязательно познакомим наших читателей позже, по мере их реализации. Внедрение первого в России 3D-принтера LiM-X260E от LiM Laser произошло буквально за одну неделю, а всё благодаря невероятно редкому явлению: принцип Plug and Play сработал здесь так, как мы привыкли это делать на любой домашней технике. И всё это – на оборудовании, оснащённом лазерным источником и производящим изделия из металла премиального качества! Нам посчастливилось присутствовать по время внедрения этого удивительного 3D-принтера и взять интервью у ZeT Sun, руководителя коммерческого отдела LiM Laser 3D Printing.

– Прежде всего хотелось бы узнать ваше мнение относительно оценки российского рынка АП?

– Российский рынок АП имеет огромный потенциал, и он начинает раскрываться только сейчас. Мы хорошо осведомлены о количестве и качестве представленных в России компаний из сферы АТ, и мы надеемся, что бурный рост развития рынка позволит каждой компании реализовать себя в полной мере – места на этом рынке хватит абсолютно всем. Просто представьте себе обширный парк металлообрабатывающих станков с ЧПУ,



которые, хотя бы частично, должны быть заменены на более гибкие инструменты производства, которыми являются 3D-принтеры.

– Как выбираете для себя партнёров в России?

– В последнее время у нас много предложений от российских компаний. Но при выстраивании взаимовыгодного сотрудничества для нас важно, чтобы наш партнер обладал как коммерческими, так и техническими компетенциями, а также имел определенную историю и опыт работы в интеграции аддитивного оборудования. По такому же принципу мы подбирали для себя официального партнера, дистрибьютора нашего бренда на территории Российской Федерации. Нам требовался не только торговый представитель, а надежная компания с полным набором функций, которыми обладают только от-

раслевые интеграторы. На самом деле мы начали искать такого партнера с перспективой долгосрочного сотрудничества еще 5 – 6 лет назад, но нашли подходящего только в прошлом году в лице компании i3D.

– Планирует ли ваша компания коллаборации с российскими разработчиками или другие совместные проекты?

– Мы вполне открыты для этой важной темы и готовы присоединиться к интересным, качественно проработанным и перспективным проектам в России.

– Правда ли, что в Китае бизнес на 3D-принтерах по металлам и сплавам начинается от поставки на производства десятков и даже сотен единиц оборудования?

– Да, именно так! Многие наши заказчики всерьез задумываются над

организацией серийного производства с использованием 3D-принтеров по металлическим АТ. Они даже рассматривают возможность создания автоматических производственных линий, роботизированных или тёмных (безлюдных) фабрик.

– Пожалуйста, расскажите подробнее о принтере, внедренном на Московском Цифровом Заводе. В чем сильные стороны принтеров этой серии, какова специфика их эксплуатации?

– Сегодня существует мнение, что современные 3D-принтеры по технологии LB-PBF/SLM – это своеобразный конструктор LEGO, который можно собрать из популярных компонентов и включить лишь немного творческого мышления. Мы не относим себя к приверженцам такого подхода. LiM Laser очень долго занимается разработкой таких принтеров и уделяет много внимания повышению производительности печати, постоянной системе фильтрации, равномерному нанесению и разравниванию порошка во время печати. Наши 3D-принтеры вместе с тем невероятно просты в эксплуатации, что выделяет нашу продукцию на фоне сильных конкурентов. Тем не менее эта простота не отменяет требования тщательно подходить к освоению 3D-принтера, отработке технологии. Важно помнить, что успех сопутствует только тем, кто долго и скрупулезно занимается своей работой, осваивая технологически сложное оборудование и техпроцесс, оперативно решая различные вопросы. Например, часто некачественная печать бывает вызвана самой банальной причиной – ненадлежащим качеством рабочей плиты,



поэтому очень важно подготовить и закрепить ее, как описано в инструкции. Еще одно ключевое требование состоит в обеспечении высокой чистоты используемого инертного газа: аргона или азота. Если газ недостаточно чистый, то для инженера не должно стать сюрпризом нарушение химического состава деталей. Ну и, конечно, поддержки: при неправильном их задании и построении детали могут деформироваться, отрываясь от рабочей плиты. Очень важно учитывать особенности геометрии деталей, правильно ориентировать модели в камере принтера и определять поддержки оптимальным образом – всё это поможет получать удовольствие от надежного техпроцесса и отсутствия досадных дефектов.

– Какие материалы и какое программное обеспечение подходят для использования с вашим 3D-принтером?

Для 3D-принтеров Lim Laser подходят сплавы на основе алюминия, титана, жаропрочные сплавы на никелевой основе, сплавы на основе меди (бронзы) и нержавеющая сталь. Вы можете применять все широко используемые на рынке материалы, а также проводить НИОКРы на печать новыми сплавами. Что касается ПО, мы, как правило, предоставляем программное обеспечение Materialise Magics или Voxeldance Additive, однако по запросу заказчика мы можем предоставить и другое ПО.



– Давайте заглянем в ближайшее будущее. Какие основные мировые тренды сейчас определяют траекторию развития рынка АТ? Как на них реагируете, пытаетесь влиять?

– В настоящий момент почти все производители сосредоточены на исследованиях и проектировании оборудования. По мере развития технологии производители будут в большей степени корректировать стратегию в отношении эффективности производства, управления цепочками поставок, применения АТ в различных сегментах и т.д. Мы достаточно близки к рыночному спросу, поскольку каждый день печатаем детали, необходимые реальному рынку. Кроме того, мы создаем у себя специализированные отделы для различных отраслей промышленности, чтобы удовлетворить их уникальные потребности.

– Как вы видите будущее развитие технологии 3D-печати металлом и ее применение в различных отраслях?

– В будущем 3D-печать с помощью АТ по металлам и сплавам должна быть более ориентирована на потребительский сектор, на товары повседневного спроса. Я вижу более широкое её использование в автомобильной промышленности, бытовой электронике, медицине и т.д. Другими словами, серийное аддитивное производство – это то, к чему мы уже готовы и очень хотели бы, чтобы это осознал наш заказчик, не боясь сложностей в реализации своих идей. И вместе с тем мы всячески способствуем развитию мышления потребителей продуктов аддитивного производства, ведь возможности 3D-печати практически безграничны.