1/ 2023

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Triangulatica®

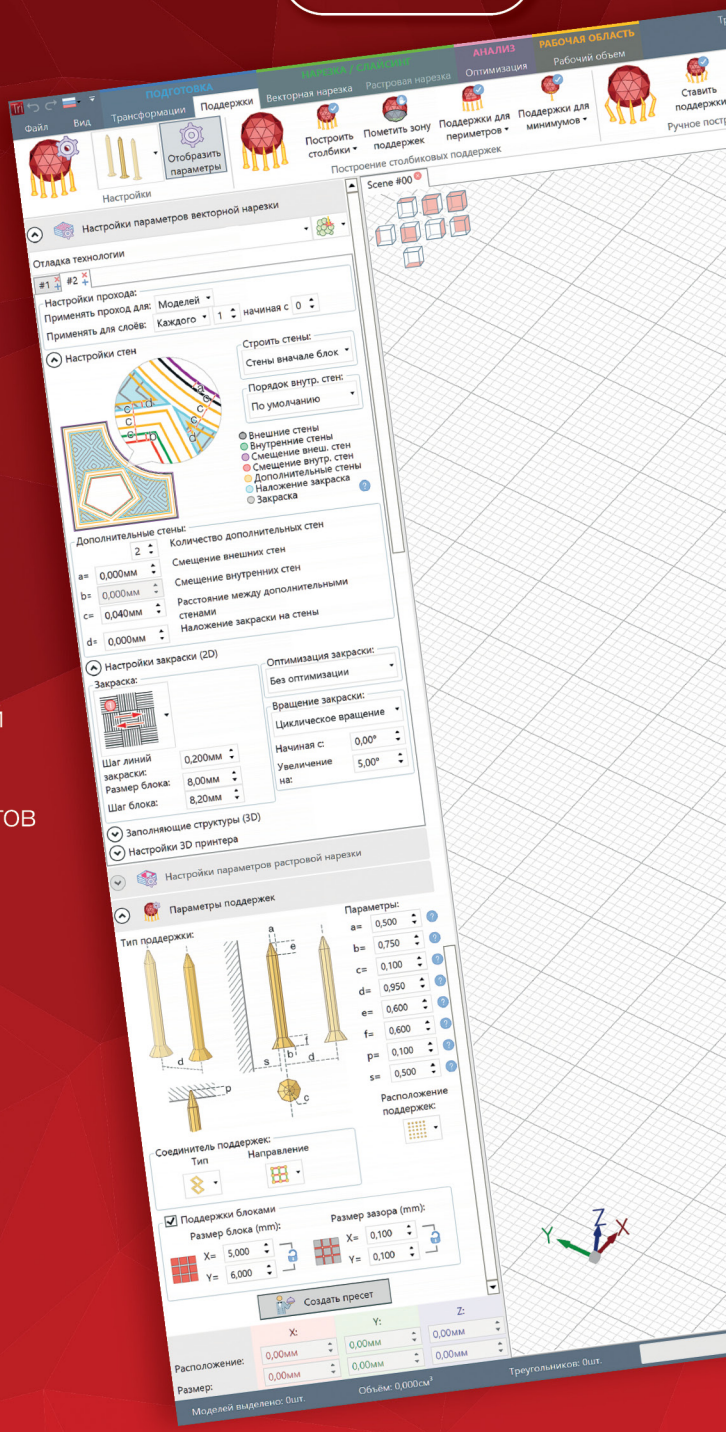
CAM-программное обеспечение (слайсер) для технологической подготовки аддитивных производств

Triangulatica Premium — для профессионального использования

Triangulatica Education — для образовательных учреждений

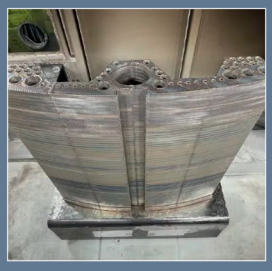
Triangulatica Community — для дома и сообщества энтузиастов

Triangulatica OEM License — для разработчиков систем аддитивного производства



Входит в реестр отечественного ПО Минцифры РФ
Запись №15015 от 26.09.2022г

triangulatica.com/ru t.me/triangulatica



Настоящее и будущее аддитивных технологий в России 9

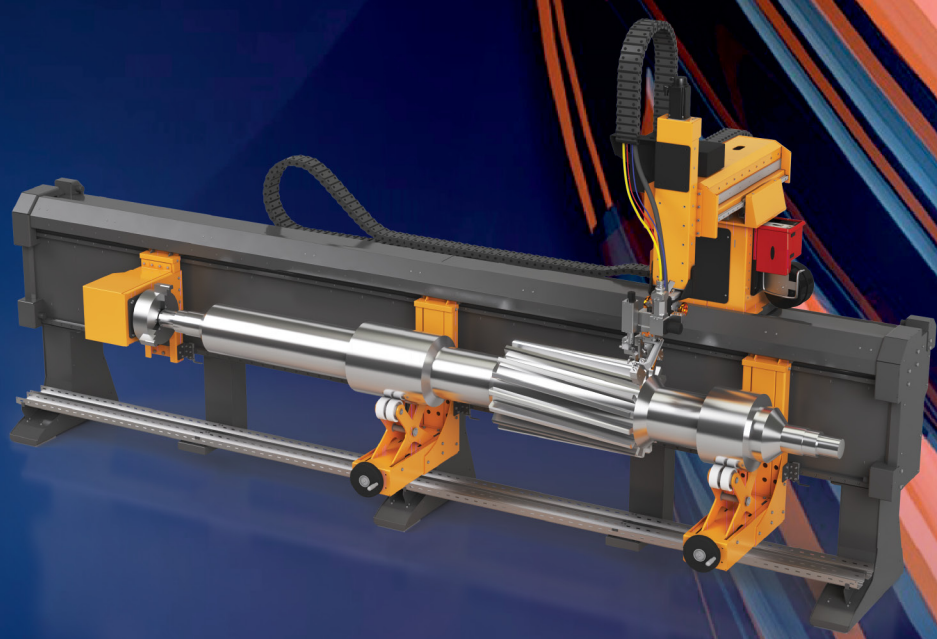
Российский рынок материалов для аддитивных технологий 22

Изготовление перископов для милиции ЛНР и ДНР. Производственные затраты 40

ПОЛНОСТЬЮ УНИВЕРСАЛЬНАЯ СИСТЕМА ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ

FL-CPM

FL-CPM – это универсальная многоосевая система станочного типа для обработки деталей – тел вращения. **Модульная конструкция** координатной системы и **широкий выбор** съемных навесных элементов крепления заготовок дают возможность создать Вашу **уникальную конфигурацию станка.**



ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЙ ВОЛОКОННЫЙ ЛАЗЕР IPG **ПОЗВОЛЯЕТ СОКРАТИТЬ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ РАСХОДЫ**

СВАРКА. Экономия времени и электроэнергии: скорость лазерной сварки 1–10 м/мин, сварной шов не требует дополнительной обработки, зона термического влияния лазерной сварки не более 0,5 мм, возможность полной автоматизации. Эффективность и гибкость в использовании: наименьший размер сварного шва и зоны термического влияния, высокая повторяемость процесса, быстрая перенастройка при переходе на изготовление нового изделия.

НАПЛАВКА. Высокий коэффициент использования материала: в случае наплавки проволокой – 100% (до 90% при наплавке порошком). Локальная обработка поверхности, минимальная постобработка, стабильная высота наплавляющего слоя, минимальное перемешивание основного и наплавляемого материалов. Отсутствие деформации изделия в процессе обработки.

ТЕРМОУПРОЧНЕНИЕ. Локальный нагрев поверхности – термообработка не всей детали, а её локальных участков, подверженных износу. Быстрый термический цикл – высокая скорость нагрева и охлаждения обрабатываемых поверхностей – уменьшение размера зерна материала. Высокая твердость поверхности и однородность структуры. Твердость обрабатываемых изделий/участков повышается более чем в 2 раза (толщина слоя 0,5–1,8 мм). Деформация при лазерном термоупрочнении более чем на порядок меньше, чем при термоупрочнении традиционными способами.

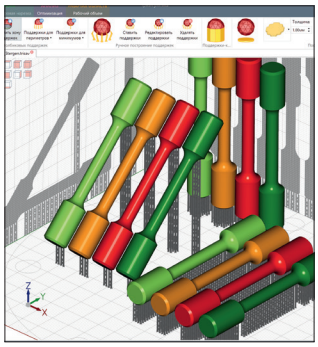
Подробнее обо всех новинках Вы можете узнать у наших консультантов по e-mail и телефону:

+7 (496) 255-74-46; sales@ntoire-polus.ru

www.fl-cpm.ru

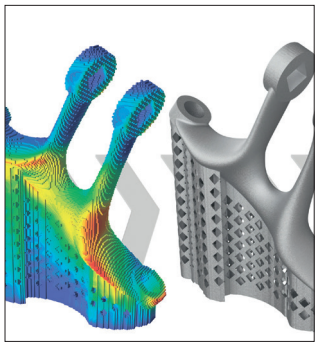
IPG IRE-POLUS®

аддитивные технологии



2

28



30

СОДЕРЖАНИЕ

2 Главное — видеть перспективу

6 Юбилейная конференция

7 АТ на пороге квантового скачка?

9 Настоящее и будущее аддитивных технологий в России

12 Аддитивные технологии: вызовы и решения 2022 года

17 Передовая инженерная школа: цели и задачи

20 В формате живого общения

22 Российский рынок материалов для аддитивных технологий

26 Производители материалов для аддитивных технологий: об итогах и планах

28 HARDLIGHT — производитель фотополимерных 3D-принтеров и специальных расходных материалов

30 Передовой инжиниринг для аддитивного производства

36 Постобработка поверхности напечатанных из пластика изделий

40 Изготовление перископов для милиции ЛНР и ДНР. Производственные затраты

Издатель ООО «ПРОМЕДИА»

директор О. Фалина

главный редактор
М. Копытина

отдел редакции:
Т. Карпова, З. Сацкая
С. Куликова

консультант:
Н.М. Максимов
nikamax@gmail.com

отдел рекламы
т/ф (499) 55-9999-8

АДРЕС: 107140, г. Москва,
ул. Верхняя Красносельская,
д. 17А, стр. 1Б, офис 306-1
т/ф (499) 55-9999-8
(многоканальный),
e-mail: info@additiv-tech.ru
www.additiv-tech.ru

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

Тираж 5000 экз.
Распространяется на выставках и по подписке.

Перепечатка опубликованных материалов разрешается только при согласовании с редакцией.
Все права защищены ® .
Редакция не несет ответственности за достоверность информации в рекламных материалах и оставляет за собой право на редакторскую правку текстов.
Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов.

Главное — видеть перспективу

Зинаида Сацкая

Имя Дениса Власова хорошо известно в сообществе тех, чья профессиональная деятельность связана с аддитивными технологиями. Он один из немногих спикеров форумов, конференций, семинаров по аддитивному производству, кто использует выступления не для продвижения своей продукции, а для оценки общих проблем отраслевого рынка. События минувшего года заставили многое пересмотреть и в собственном бизнесе, и в его месте на рынке. Сегодня Денис Власов, руководитель R&D и заместитель генерального директора ООО «Эксклюзивные Решения» и генеральный директор ООО «ТРИАНГУЛЯТИКА», гость журнала «Аддитивные технологии».

Нет предела совершенству

Денис, в минувшем году ваша Triangulatica вошла в реестр российского программного обеспечения. Когда и с какими функциями она появилась и какой путь прошла к сегодняшнему моменту?

Мы с моим будущим партнёром начали писать её в 2016 году и за это время полностью переписали её три раза. В 2019 году была ещё одна большая переделка, когда мы полностью обновили код, и с этого момента можно отсчитывать рождение настоящей Triangulatica. В этом же году мы зарегистрировали ООО «ТРИАНГУЛЯТИКА» и начали делать самые маленькие скромные шаги.

Изначально софт разрабатывался под собственные задачи, — под реализацию новых функций для тех машин, которые мы выпускали. После второй переделки мы уже поняли, что эта штука становится настолько универсальной и гибкой, что взяли курс на расширение функционала «во все стороны». Иными словами, мы уже тогда рассчитывали, что будем продавать её по всему миру, и к этому мы шли, делая функционал для разработчиков принтеров. И когда мы осознали, что тридцать процентов цены разработки любого 3D-принтера — это разработка софта для него, тогда мы по-настоящему поняли, в чем успех Materialise с продуктом Magics и Autodesk с продуктом Netfabb. Это профессиональные средства, которые позволяют из процесса разработки принтера удалить разработку ПО, то есть купить уже готовое, настроить и использовать. Тогда же мы сделали шаг, который я показываю всем, но мало, кто вникает до конца. Мы стали разрабатывать собственные контроллеры. Это платы, которые работают с нашим ПО, то есть, по большому счету, позволяют за считаные недели сделать 3D-принтер любого типа. То есть клиент покупает контроллер и софт, и инженерам достаточно только спроектировать механику машины и двигатели и подключить их к разъемам на плате. Всё! Разработчик при помощи софта быстро конфигурирует свой новый 3D-принтер.

Вы её уже несколько раз переделывали. А в принципе допускаете, что однажды — или не однажды — придётся снова переделывать?

Мы даже знаем, что это произойдет примерно через год. Мы будем её полностью переделывать четвертый раз, она опять будет кроссплатформенной под Windows, Linux. Это уже будет другая Triangulatica — серверная. Это будет приложение, которое работает и на компьютере пользователя, и на серверах с возможностью серьёзного расширения внутри сервера, может работать облачно, может работать для обслуживания информационных сетей, то есть будет работать в составе встроенного оборудования. Это такая большая веха, мы к ней уже готовимся.

И снова о пророках в своём отечестве?

Ваше восхищение вашим детищем понятно, а как потребители воспринимают вашу Triangulatica?

Несколько компаний сейчас очень глубоко внедряют Triangulatica, и, к сожалению, первые применения нашего ПО состоялись не на российском рынке. Это были компании из Кореи, Болгарии, Германии.

Но почему за пределами страны ваше ПО быстрее оценили, чем здесь?

Пока не станешь известным там, тебе не поверят здесь.

> *Используя аддитивные технологии на протяжении десяти лет, а с недавнего времени занимаясь модернизацией и разработкой систем аддитивного производства, мы понимали важность правильного выбора слайсера. В ПО Triangulatica нас привлекла возможность его использования для всех видов существующих аддитивных процессов и готовность команды разработчиков добавить весь необходимый нам дополнительный функционал.*
> *Главное, что это динамично развивающаяся российская разработка мирового уровня, что сегодня особенно важно.*
>
> Андрей Жолобов,
> инженер-технолог-программист департамента компьютерно-интегрированных производственных систем, ДВФУ

Заглянуть за горизонт

Какие технологии поддерживает ваше ПО?

Все! Мы даже пишем так: все существующие и перспективные технологии.

А какие технологии видятся в перспективе?

Это будут гибриды и всё, что связано с биопечатью. Уже сейчас у нас реализованы функции печати переходных материалов, где один материал плавно переходит в другой. У нас, например, реализованы функции объединения двух типов лазеров, если речь идёт о плавлении. Реализованы функции для печати песчаных форм и такие вещи, которых ни у кого нет. Для SLA — банального SLA, которое много лет на рынке и с чего начиналась компания 3DSLA, — у нас в Triangulatica заложены функции, которые ещё не все понимают. Это функции многоцветной нарезки, которые позволят на простейшем, дешевейшем принтере производить сложную печать — сначала засвечивать контур среза, потом по-разному засвечивать содержимое среза. Видимо, мы больше придумываем, чем об этом рассказываем.

Ну вот и настала пора рассказать, что вы предполагаете делать в 2023 году.

Мы планируем активно начать рассказывать о том, что мы можем дать потребителю, подробно объяснять каждую технологию, рассказывать, что в ПО заложено, что оно позволяет делать сейчас и что будет в перспективе. То, что мы сейчас решаем «на бегу», это, к сожалению, адаптация к привычной российской поверхностной оценке. Все, как правило, ориентируются на знакомые образцы импортного софта и когда смотрят отечественное ПО, в том числе наше, то сравнение идёт просто по набору функций. К сожалению, по-другому оценивать незнакомые продукты никто не может. Вот мы сейчас и делаем работу, по сути, ради того, чтобы потенциальный клиент напротив каждой функции с удовлетворением мог поставить галочку, хотя ещё не факт, что все эти функции нужны для профессиональной работы.

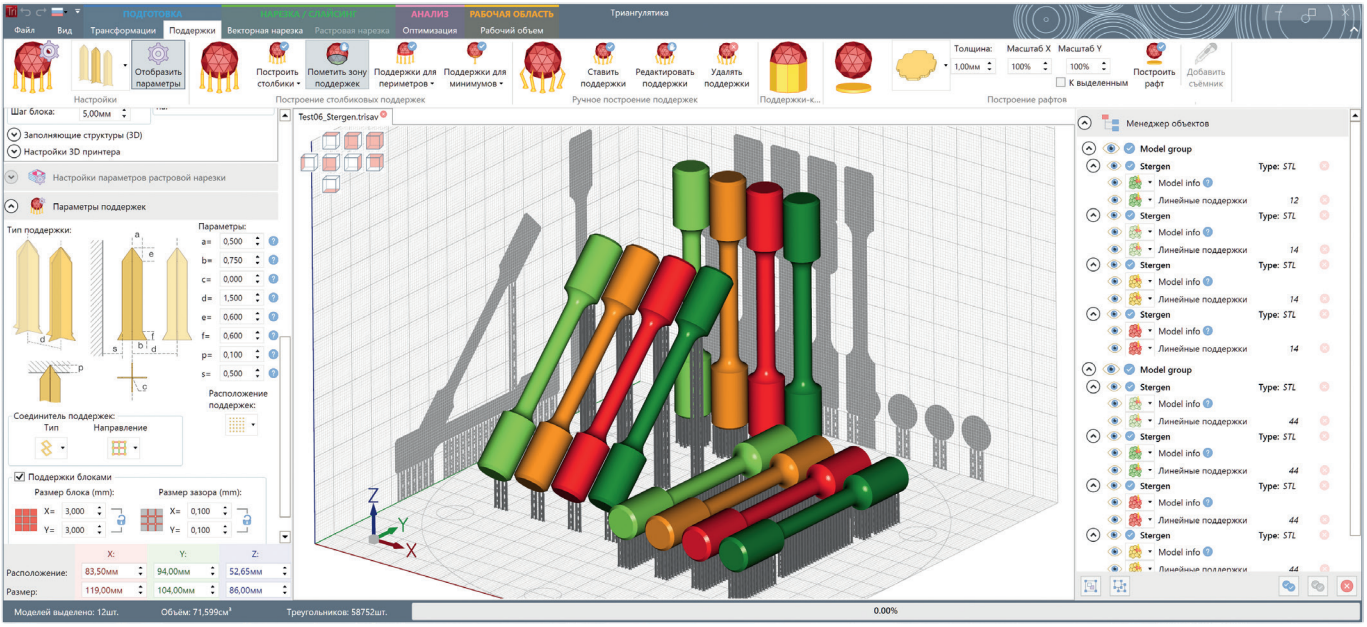
Время пришло

Я слышала, что ваши айтишники в шутку называют свой продукт «тирангулятикой». Есть основания?

Не знаю, является ли это основанием, но у меня ни один из разработчиков до 2019 года не видел ни одного программного продукта конкурентов. У нас это было запрещено. Мы принципиально решили, что делаем продукт, основанный на нашем опыте разработчиков систем аддитивного производства, с нашими взглядами. Это позволяет избежать психологической ловушки, которая будет подталкивать тебя повторить чужой опыт, потому что в этом случае ты просто повторишь чужую разработку без собственного творческого вклада, без серьёзных новшеств, без собственного взгляда на технологии. Надо создавать продукт с новыми потребительскими свойствами, а не повторять существующий.

В каком вы ценовом диапазоне? Какова динамика цены?

До закрытия рынка мы всегда старались быть в цене конкурентов. Когда рынок закрылся, мы решили, что нам надо продавать больше, поэтому мы сделали два важных изменения в системе лицензирования: на 30% снизили цену на коммерческую лицензию и сняли одно очень важное ограничение. Раньше наш софт был подписочным, то есть каждый год надо было за деньги его продлевать. Сейчас мы сняли ограничения на время работы. Если клиент купил наш софт, то он будет работать, пока клиент сам не захочет обновить его, а наша задача добавлять такие «плюшки», чтобы клиент захотел купить через год новую версию. Это первое. Второе. Мы взяли курс на то, чтобы ситуацию с рестрикциями обратить себе на пользу, поскольку в этом просматривается мощный шанс «выстрелить» на российском рынке. Было решено лицензии на 250



рабочих мест отдавать в образовательные учреждения по символической цене 400 рублей. Это позволяет нам рассчитывать на то, что за несколько лет обучения на нашем софте появится пул молодых специалистов с навыком разработки 3D-принтеров на Triangulatica. Все академические лицензии крайне дешевые, единственное условие, что продаваться они будут только в организации, у которых есть лицензия от Минобразования.

С января мы начинаем поставлять комьюнити-лицензию. Она стоит 10 000 рублей, по функционалу абсолютно такая же, как профессиональная версия, но запрещено её коммерческое использование. Мы её сделали для того, чтобы общаться на рынке с сообществом тех, кто что-то разрабатывает, нарабатывает свой опыт, который и нам может быть полезен. У этих молодых ребят в аддитивном комьюнити всегда куча классных идей, и не сомневаюсь, что кто-то из ребят на Triangulatica сделает принтер по печати металлами, найдет инвестора и перейдёт на наши коммерческие лицензии.

Можно ли считать, что вы нашли оптимальный метод продажи вашего софта?

Если мы станем богатыми и красивыми, то я буду считать, что нашли. По крайней мере, мы учли все моменты, которые высказывали потенциальные клиенты. Например, мы сделали специальные недорогие OEM-лицензии для разработчиков систем аддитивного производства. Ведь если компания сама выпускает 3D-принтеры, то неправильно этой компании при рыночной цене её принтера, например, в 400 тысяч предлагать стандартную цену коммерческой лицензии Triangulatica за 480 тысяч — они просто не будут её покупать, т.к. софт станет дороже самой системы аддитивного производства Поэтому компаниям, которые делают 3D-принтеры, мы сделали специальную OEM-лицензию, где в Triangulatica прямо видно, что эти компании имеют право продавать наш софт вместе со своими 3D-принтерами, заплатив за него много меньше. Мы сейчас заключили контракт с «Аскон», и Triangulatica будет продаваться в составе знаменитых комплексов «КОМПАС-3D» от «Аскон». То есть на нас будет работать вся мощь этой крупнейшей компании, которая достойное место на рынке уже заняла. Фактически мы становимся их дополнением, расширением для аддитивного производства. Мы много лет готовились, и пришло время громко о себе заявить.

Выстроить приоритеты и получить взрывной рост

Могли бы вы сравнить себя с конкурентами?

Сравнения мы уже проводили, но сначала некоторые уточнения для понимания. Над продуктом Magics работает 300 разработчиков, наша команда на два порядка меньше. Но у нас есть одно преимущество, на первый взгляд, очень странное. В профессиональной программистской среде есть такая поговорка: «То, что один программист сделает за месяц, три программиста сделают за три месяца». А что касается функционала, то он у нас уже есть и сделан хорошо. Мы постоянно соревнуемся с конкурентами, сравниваем, кто быстрее считает, и наши показатели очень хорошие. У меня такие ребята-разработчики! Если узнают, что какой-то слайсер нас обгоняет... — всё! Они спать не будут, перелопатят весь код, сорвут релиз, который предстоит, но сделают всё, чтобы мы считали быстрее. Меня радует этот профессиональный азарт. Мы сейчас доделываем две функции: нестинга — размещения моделей в автоматическом режиме так, чтобы они занимали наименьший объём, и лечения моделей. Но в первую очередь занимаемся тем, что доводим какие-то функции под задачи клиентов, которые подключились к нам в этом году. Нам очень важно, чтобы их принтеры заработали и работали хорошо и быстро. Вот так мы сейчас вы-

строили приоритеты — сначала доработки по заданиям существующих клиентов, а во вторую очередь решение глобальных задач.

Естественно, мы стараемся брать хорошее от конкурентов, например, в конце 2022 года мы реализовали быстрые линейные поддержки, как в том же самом Magics.

Как нынешний специфический для экономики год отразился на динамике спроса на ваш продукт?

Мы в три раза выросли в деньгах. И уже понятно, что в текущем году рост будет от трёх до пяти раз.

Кадры не только искать, но и растить

На всех форумах по проблемам АТ возникает вопрос кадров. Сейчас он для вас существует?

Да.

Какого рода? Рабочие для того, чтобы поставить/снять, или люди уже инженерного уровня, учитывая, какое у вас сложное ПО?

Мы даже не понимаем, кого искать, потому что все люди, которые у нас над продуктом работают, выучились у нас внутри компании. И это программисты с высшим образованием. Я, генеральный директор, единственный, у кого экономическое образование.

Вы продолжаете контакты с колледжем?

Да, в этом году я снова буду председателем дипломной комиссии. Более того, присоединяются еще два колледжа, в которых я тоже буду преподавать и из которых я скорее всего приглашу ребят-схемотехников к себе в компанию на практику. Мы хотим ещё больше усилиться в сфере разработки собственных контроллеров. Скорее всего, мы начнём совместный курс с «Аскон» по обучению нашему сложному софту, чтобы он приносил максимум пользы.

> *Наша компания активно сотрудничает с компаниями «Эксклюзивные Решения» и «ТРИАНГУЛЯТИКА». Могу сказать, что Triangulatica — это самый лучший из существующих российских слайсеров, который имеет огромный потенциал как в своем применении, так и в дальнейшем развитии. И мы как компания — производитель 3D-принтеров обязательно будем использовать это ПО для всех своих принтеров, которые уже выпускаются или находятся в стадии разработки.*
>
> Михаил Родин,
> создатель и владелец
> компании 3D Integration

Миссия выполнима

Есть ли у вашей компании миссия? И если да, то как она звучит?

Наша миссия простая, мы её везде пишем. Мы создаем базис для развития аддитивных технологий. Triangulatica создает корневую систему и ствол — софт и платы, а дальше на стволе вырастают веточки-отрасли и листья, то есть практически не поддающееся подсчёту количество отдельных бизнесов. Над созданием этого базиса мы работаем уже много лет. Вот так из маленькой идеи — как сделать слайсер для себя — получается серьёзная вещь для многих. Вынужденно или не вынужденно, но нас будут смотреть. Понравится — хорошо, не понравится — получим полезную обратную связь. Как говорят, для науки отрицательный результат тоже ценен. ■

МИССИЯ
Triangulatica
Выпуск базовых решений для развития аддитивных технологий

ЛИСТЬЯ – отдельные случаи (бизнесы) применения и интеграции различных аддитивных технологий и методов

ВЕТВИ – отрасли применения аддитивных технологий (энергетика, медицина, авиация, промышленность)

СТВОЛ – оборудование и расходные материалы для аддитивного производства, построенные на базе решений Triangulatica

КОРНИ – программно-аппаратная платформа на базе ПО Triangulatica и собственных контроллеров

Юбилейная конференция

1 декабря 2022 года в преддверии Дня работников, связанных с 3D-индустрией, воронежский Центр технологической компетенции аддитивных технологий (АО «ЦТКАТ») провел пятую ежегодную международную конференцию по практическому применению аддитивных технологий (АТ) в различных сферах производства «3D КонЦентрАТ». Мероприятие состоялось в очном формате в современном Инновационном бизнес-инкубаторе имени профессора Ю.М. Борисова.

Программа конференции была поделена на пять секций: «Промышленность», «Оборудование», «Вузы», «Материалы» и «Зарубежье», которые включили 25 докладов от экспертов из области цифрового производства. Помимо российских спикеров выступления подготовили участники из Китая и Белоруссии.

Следует отметить, что АО «ЦТКАТ» — центр, созданный с учетом мирового опыта в области аддитивных технологий, — является удачным примером соединения усилий государства, науки и производства, что определяет его большие возможности и эффективность выполнения работ. Его деятельность ориентирована на предоставление услуг широкому кругу партнеров с установлением долговременного сотрудничества. Поэтому среди участников конференции всегда много коллег, единомышленников, связанных общими задачами. И в докладах зачастую звучат результаты совместно выполненных проектов, отражающие этапы процесса производства и взаимодействия.

Торжественное открытие конференции началось со вступительного слова генерального директора АО «ЦТКАТ» Алексея Борисовича Мазалова, который рассказал о текущем положении дел в отрасли, стратегии развития и деятельности ЦТКАТ, выполняемых научно-исследовательских работах и сотрудничестве с ключевыми партнерами. Также гостей приветствовали представители правительства и департамента промышленности и транспорта Воронежской области, Воронежского государственного технического университета.

Участники конференции обсуждали вопросы, связанные с аддитивными технологиями, применением 3D-принтеров, новинками исследований и разработок, импортозамещением иностранных металлопорошковых композиций, а также успешных бизнес-кейсов.

В частности, докладчики рассказывали о создании с помощью аддитивных технологий макетов лопаток

газотурбинных установок (АО «ЦТКАТ»), опытных образцов газотурбинных установок (АО «Силовые машины», ООО «РТ-инжиниринг»), изделий ракетной техники (АО ВПК «НПО машиностроения», ООО НПП «ИнтерПолярис», ООО «3Д исследования и разработки»); об использовании АТ в нефтехимической и нефтегазовой отраслях (компании «СИБУР», ПАО «Газпромнефть»), медицине (АО «Наука и инновации») и для материально-технического обеспечения («Меретояханефтегаз»); об организации серийного производства металлических деталей сложной формы (i3D), о лазерных промышленных технологиях (ООО «Современное оборудование»), тенденциях развития SLM-технологии (Farsoon).

В секции «Материалы» продукцию ведущих научно-производственных центров и заводов, занимающихся изготовлением металлических порошков для 3D-печати, представили специалисты АО «Полема», ИЛМиТ, АО «Опытный завод «Микрон». В докладе от ООО «Новые дисперсные материалы» демонстрировались возможности установок плазменной атомизации для производства сферических порошков металлов и сплавов. А от Института порошковой металлургии им. Академика О.В. Романа был сделан доклад о моделировании и расчете режимов получения порошков для АТ.

Представители вузов также говорили о новых разработках и методиках: об использовании АТ для создания технологической оснастки при изготовлении углепластиковых деталей (Воронежский государственный технический университет), новом SLM-комплексе и импортозамещении компонентов (НОЦ «Центр аддитивных технологий» МГТУ им. Н. Э. Баумана), управлении качеством аддитивного производства на этапе технологического проектирования (МАИ), изготовлении металломатричных композиционных материалов (Томский государственный университет), деятельности в сфере обучения детей по научно-исследовательским и инженерно-техническим направлениям (центр «Кванториум»), применении 3D-печати при изготовлении абразивного инструмента (Липецкий государственный технический университет).

В рамках конференции были проведены два конкурса — на лучший доклад и лучший вопрос от участников, победители награждены 3D-печатными сувенирными кораблями «Гото Предестинация».

Юбилейная конференция прошла на ура!

АТ на пороге квантового скачка?

лидер-форум
аддитивные технологии
печать как искусство

Зинаида Сацкая

Открывая IV Лидер-форум «Аддитивные технологии. Расширяя горизонты», Ольга Оспенникова, исполнительный директор Ассоциации развития аддитивных технологий (АРАТ), назвала аддитивные технологии флагманом российской промышленности, так как именно они коренным образом меняют её облик. АТ не только открывают небывалые возможности проектирования и конструирования, но и выручают в текущей ситуации, т.к. позволяют быстро организовать воспроизводство деталей сложных технических систем.

Первый вопрос о развилках и проблемах в развитии АТ в стране модератор планерного заседания Андрей Клепач, председатель наблюдательного совета АРАТ, главный экономист ВЭБ РФ, адресовал специальному представителю президента РФ Дмитрию Пескову.

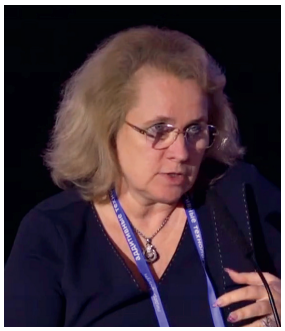
АТ создают новые отрасли

Дмитрий Песков назвал аддитивные технологии основой основ в разработанной модели сквозных технологий. Он высказал уверенность, что темпы развития АТ-индустрии в России сейчас будут существенно выше за счет двух факторов. Во-первых, это один из ключевых элементов настоящего импортозамещения. Во-вторых, резкий рост аддитивной индустрии после ковидного спада — это общемировая тенденция, при этом аддитивные технологии завоёвывают новые отрасли, и сегодня медицина и космос, которые до недавнего времени были маргинальными, обладают потенциалом роста. Повод для оптимизма относительно космической отрасли дают ведущие российские частные космические компании, выводящие небольшие спутники на низкие орбиты. Основой технологического процесса их создания является 3D-печать, что, по словам Пескова, означает фактическое появление новой отрасли. Также готовится большой проект национального уровня по развитию беспилотной авиации в России, и в этой новой отрасли основой технологического процесса будет также аддитивное производство. В принципе, будущее отрасли Песков видит в решении задач импортозамещения, нового качества в традиционных отраслях промышленности, а также появлении новых отраслей и рынков, основанных на аддитивных технологиях как способе организации производства.

Сертификация — ловушка для отрасли

Дорожная карта по АТ сейчас в стадии глубокой переработки, поскольку принято решение перевести дорожные карты в открытые соглашения. «Росатом» стал центром притяжения аддитивного сообщества, и о сути этой роли рассказал Кирилл Комаров, первый заместитель гендиректора госкорпорации «Росатом». Компания хотела бы выступать как игрок национального и в будущем международного масштаба. Прежде, чем предлагать что-либо «городу и миру», в компании считают правильным сначала сделать что-то для себя. «Мы отдаем себе отчет в том, что АТ никогда не заменят традиционную металлообработку,— говорит Кирилл Комаров.— С другой стороны, есть вещи, которые традиционная металлообработка экономически обессмысливает». Действительно, мы уже писали в журнале «Аддитивные технологии», что кольцо выгородки реакторной зоны должно 80 лет работать в экстремальных условиях по температуре и давлению. Выгородка — это изделие высотой примерно 4 метра, масса заготовки 75 тонн, а готового изделия — 35 тонн. Процесс длителен по времени, и 40 тонн уникального дорогого спецсплава уходит в стружку. «Если мы сумеем в нашем строгом ядерном надзоре доказать, что изделие способно в реакторной зоне работать нормативное время, то это будет прорыв»,— утверждает Кирилл Комаров. Не менее важным представитель «Росатома» считает «пройти тяжелый путь регуляторных изменений».

Эту тему энергично поддержал Дмитрий Песков, который назвал сертификацию единственным узким местом на пути взрывного роста рынка АТ. Взрыв аплодисментов в зале вызвало его утверждение, что «сертификация — принципиально нерешенная задача. Если дорожная карта будет состоять из одного пункта, в котором записано, что для рынка будет создана платформенная сертификация», это решит многие задачи. «Когда появляется принципиально новый материал, тем более под конструкторскую задачу, вообще непонятно, как его вывести в режим эксплуатации. С беспилотниками мы находимся ровно в этой истории. В стране нет ни одного сертифицированного беспилотника. Стоимость материалов и стоимость сертификации неизвестны, но по мере прохождения сертификации



Ольга Оспенникова

Андрей Клепач

Дмитрий Песков

Кирилл Комаров

Юрий Михайлов

ее стоимость растет экспоненциально. Если ты идешь обычным, традиционным путём, то дальше оказывается, что это нельзя, другое нельзя. Ты переделываешь, стоимость ОКРов начинает стремительно расти. Сначала нам говорили, что сертификация машины стоит 30 млн рублей, сейчас уже за 200, и до конца никто не дошел. Это ловушка, в которую отрасль угодила целиком». Выход специальный представитель президента видит в том, что одной частью решения должно стать признание виртуальных испытаний, другой частью — ограничение производств использования, то есть поиск сфер, в которых разрушение в процессе эксплуатации некритично.

Дмитрию Пескову возразил представитель «Росатома». Кирилл Комаров считает, что сомнительно найти универсальный метод. У авиаторов свои требования, у мостостроителей другие, и вряд ли кто-то позволит эти требования объединить. Каждый будет стоять насмерть. По его мнению, можно попробовать унифицировать доказательную базу, определив какое-то количество экспериментов на прочность, устойчивость, другие характеристики, но вряд ли возможен один регламент, который позволил бы всем применять аддитивные материалы, исходя из какого-то одного подхода. «Боюсь, что такой подход не дойдет до подписи», — пошутил Комаров.

Кого и чему учить

К числу проблем, которые надо решать активно, относится проблема кадров. По мнению Кирилла Комарова, надо еще понять, о каких кадрах речь. Кадры, которые умеют что-то производить в области АТ, это важно, но важнее научить людей применять АТ в тех сферах деятельности, по которым они получали профессию. Если у людей такого опыта нет, они никогда не будут конструировать изделия, закладывая в них возможность применения АТ. Они просто не знают, как это делать. «Мы на базе своей росатомовской академии сделали обучающий курс, где учим применять технологии, но это должно быть частью учебного курса в вузах», — уверен представитель «Росатома».

Сходную точку зрения высказал академик РАН Юрий Михайлов. Одна из задач сегодня — внедрение понимания АТ в сознание конструкторов, которые будут изготавливать конкретные изделия. Пока конструктор не возьмёт эту технологию в качестве одной из возможных, ничего не получится.

И снова о компонентной базе

«Новые технологии есть, и это хорошо. Но где мы возьмём комплектующие для самих принтеров — электронику, движители, мотор-редукторы и так далее? На 30% принтеры себя самовоспроизводят, но все же 25% комплектующих поступают из Китая и Тайваня. Даже платы по нашим чертежам все равно делаются в Китае».

Ответ на этот вопрос из зала прозвучал также в зале — от ректора «Корабелки» Глеба Туричина, по мнению которого, есть способы сохранения того импорта, который был, и на коротком плече это можно сохранить. «Порошковый питатель мы за три месяца сделали полностью. Это своё и ничуть не хуже оерликоновского, хотя и сильно его напоминает. Что касается электронной компонентной базы, то мы работаем и будем работать на "Альтере", и проблем с поставкой в России нет».

Дмитрий Песков ответил длинно, но суть свелась к тому, что государство поможет только в том случае, если будет оценка консолидированного спроса на те или иные компоненты на горизонте 10 лет и некие обязательства крупных компаний уровня «Росатома» или «Ростеха» по выкупу произведённого объема.

И ещё одно соображение прозвучало из зала. Мы живём в эпоху быстрых изменений, «и сегодняшние поставщики завтра могут оказаться непоставщиками. Что тогда?» На этот вопрос нашелся только один ответ. От модератора: «Импортозамещением занимаемся полтора десятка лет. Комментировать, насколько успешно, не буду». ■

Видеозапись: **www.youtube.com/watch?v=8_L1jbcGwJE**

Настоящее и будущее аддитивных технологий в России

Зинаида Сацкая

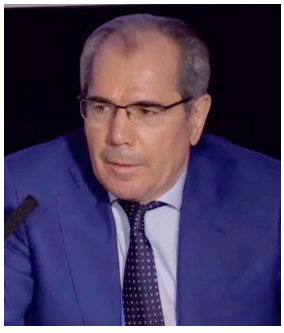
Сессия «Развитие» IV лидер-форума «Аддитивные технологии. Расширяя горизонты», была посвящена стратегии развития аддитивных технологий в РФ. В обсуждении участвовали представители промышленности, госкорпораций, Фонда национальной технологической инициативы, высшей школы.

Будущее АТ за реверс-инжинирингом

Сессия открылась ответом президента топливной компании АО ТВЭЛ ГК «Росатом» Натальи Никипеловой на вопрос модератора, как текущая ситуация повлияла на развитие АТ в РФ и поменялись ли приоритеты: «Если раньше мы активно продвигали, едва ли не навязывали свои услуги и сами АТ, то последние события развернули потребителя лицом к этой технологии не из любопытства, а из необходимости обеспечить какие-то жизненно важные потребности». Это коснулось всех сфер промышленности, что показала созданная в «РусАТ» горячая линия по импортозамещению, куда стали поступать запросы на изготовление разных изделий от организаций, эксплуатирующих различную технику, — от коммунальной до авиационной и военной. «Ситуация подтолкнула меньше взирать на риски использования АТ, — утверждает Наталья Никипелова. — Если раньше шел строгий разговор о требованиях к сертификации, доказывании свойств полученного изделия, то теперь в каких-то ситуациях на это смотрят уже меньше». Казалось бы, невелика проблема — напечатать прокладку для специальной техники, но машина не может выйти на задание без этой прокладки. «Стоит сущие гроши, да магазин далековат, — шутит Никипелова. — Вот в таких ситуациях "удаленности магазина" легче смотрят на проблему сертификации». Сейчас многим предприятиям в безлюдных районах, на судах Севморпути потребовались мобильные комплексы. В таких условиях деталь легче напечатать на месте, чем, например, ждать берега. Именно «РусАТ» приблизил «магазин» к потребителям, создав такие мобильные комплексы. По мнению Натальи Никипеловой, здесь ярко звучит тема реверс-инжиниринга: «Это прямо про АТ и их будущее».

Но если вернуться к атомной энергетике, которая предъявляет колоссальные требования к надежности и которую представляет г-жа Никипелова, то здесь рисками никто пренебрегать не отважится. Напечатанную выгородку, которая должна 80 лет стоять в активной зоне реактора при температуре 340 градусов и давлении 17 атмосфер будут испытывать, — «без этого никак», но применение АТ в «Росатоме» началось, и это факт. Сейчас в компании работают над тем, чтобы использовать 3D-печать для производства мобильных атомных реакторов малой мощности, выбрано несколько деталей, которые уже сейчас можно начинать испытывать (рис. 1).

Требуется аддитивное мышление



Альберт Гильмутдинов, советник президента Республики Татарстан, взяв слово, вывел дискуссию на новую тему. «Какую бы проблему вы ни начали копать до корней, вы всегда упретесь в людей. Чтобы в полной мере реализовать потенциал АТ, надо готовить аддитивно мыслящих специалистов. Это критически важно, потому что это просто другой способ мышления». Он рассказал, что Санкт-Петербургский государственный морской университет, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого и МВТУ им. Н. Э. Баумана создали новый государственный образовательный стандарт по АТ, «но он умер в недрах Минобрнауки». Принятие стандарта, по мнению Гильмутдинова, позволило бы ежегодно выпускать тысячи или десятки тысяч специалистов в сфере АТ, «а если не будет массового выпуска специалистов, то не будет массового внедрения АТ».

Вадим Медведев, гендиректор Фонда национальной технологической инициативы, в свою очередь, высказал соображение, что можно выпустить десятки тысяч специалистов, но сколько готов принять рынок? Сколько он готов заплатить за работу тех, кто получит компетенции в АТ? Правильнее, по его мнению, сегодня речь вести именно о профессиональном стандарте, который своими результатами удовлетворял бы заказчика.

Глеб Туричин, ректор Санкт-Петербургского государственного морского университета, оценивает проблему кадров со стороны высшей школы. По мнению ректора «Корабелки», число специалистов по АТ не возрастет быстро по демографическим причинам. «Невозможно увеличить контрольные цифры приема, потому что рождаемость 18 лет назад какая была, такая была. У нас в университетах в этом году оставались пустые места по техническим специальностям, полно незаполненных мест по IT. И главная проблема в том, что качество подготовки инженеров упало. Вытащить можно, но, чтобы вытащить качество инженерной подготовки, инженер должен быть стандартный, а не так, как сейчас — в одном институте учат АТ под одно, в другом под другое».

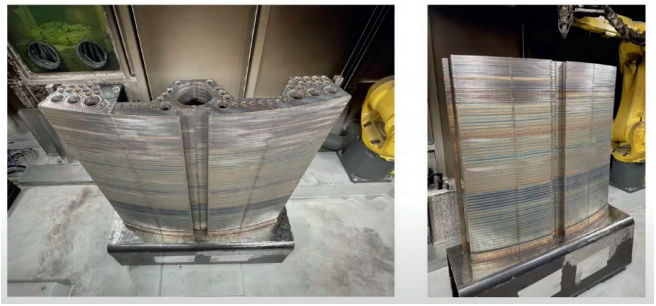
Альберт Гильмутдинов считает, что «ситуация с образованием гораздо хуже, чем просто отсутствие какого-то образовательного инструментария». При подготовке стратегии развития образования в Татарстане, посмотрели цифры, и они показали, что «картинка хуже, чем казалась интуитивно». Например, за последние 4 года количество детей в Татарстане которые выбирают математику в качестве профильного ЕГЭ, уменьшилось на 22%, а количество детей, которые выбирают физику, сократилось на 40%. «И самое плохое, — говорит Гильмутдинов, — что кривая монотонно падает, и страшно подумать, что будет еще через 3–4 года. У нас сегодня качество инженерного образования низкое, и если тренд не переломить, то не будет никакого вообще».

Требуется новая бизнес-модель

Чему учить, как и на какие деньги? Эти вопросы естественным образом вытекают из объявленного намерения интенсифицировать продвижение АТ в промышленность.

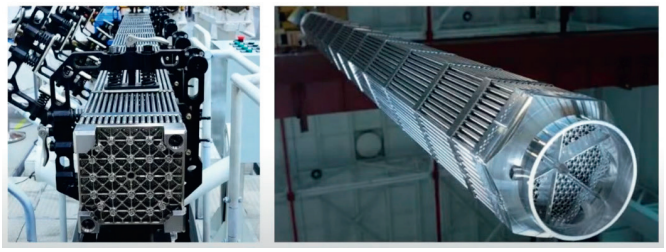
Наталья Никипелова утверждает, что «невозможно чему-то научить на картинках. Требуются огромные лаборатории с оборудованием на острие сегодняшнего технологического момента». От своего собственного предложения сделать по стране много своих центров аддитивных технологий (ЦАТ) в «РусАТ» (который

Рис. 1. Образцы деталей атомного реактора, изготовленные при помощи аддитивных технологий на российском принтере ИЛИСТ СПбГМТУ методом прямого лазерного выращивания. Из презентации Натальи Никипеловой

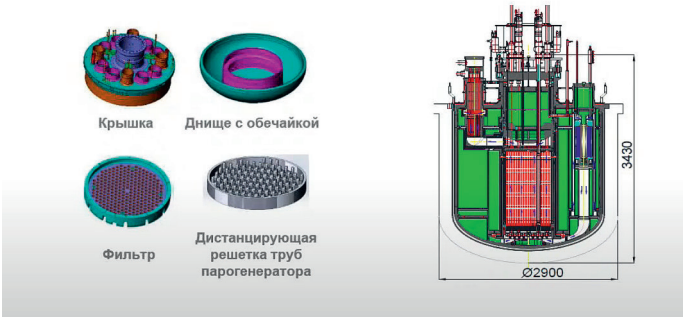


Нижний опорный хвостовик

СВИР-2 (малая транспотабельная РУ с применением АТ)



Нижняя коническая обечайка верхнего хвостовика ТВС и антидебризный фильтр



входит в структуру ТВЭЛ) отказались. Теперь вызрело мнение, что надо делать партнерские ЦАТ общего доступа на базе вуза силами администрации региона, заказчиков из промышленности региона и с участием РусАТ. «Тогда можно оснастить центр самым лучшим оборудованием из имеющегося, — излагает идею Никипелова, — и сделать так, чтобы в таком ЦАТ были сосредоточены и учебный процесс, и изготовление заказов, и ниокровские работы, и плюс доработка самого оборудования. Одновременно появляется высокоуровневая производственная практика».

Глеб Туричин идею поддержал, но считает, что ЦАТ должен быть при хорошем местном университете в окружении предприятий, которые пойдут в центр с заказами и понесут туда деньги, иначе ЦАТ прогорит. Финансовую сторону идеи объяснила Наталья Никипелова: «Мы посчитали, что самый простой ЦАТ стоит порядка 8 млн. а если такой образовательно-производственно-научный, то там уже 150+, и ни один вуз, и даже ни одна система господдержки это не потянет». В пользу того, что в основе такого ЦАТ обязательно должна лежать задача зарабатывания денег, Наталья Никипелова привела понравившиеся ей слова одного бизнесмена: «Зачем государству такой бизнес, которому нужно постоянно помогать?»

Неожиданным образом возникла боковая ветвь дискуссии по поводу ЦАТ, которая напомнила дискуссии гимназисток начала XX века: кто лучше — мужчины или женщины? Против идеи создавать ЦАТ на базе вузов решительно выступила Любовь Нефедова, директор Научно-исследовательского института прикладного материаловедения АО «Концерн ВКО «Алмаз – Антей». По ее мнению, ЦАТ нужно создавать на базе промышленных предприятий и уже к таким ЦАТ подтягивать вузы. Аддитивное производство — вредное из-за атомайзеров и керамические порошков, а создание нормальных условий работы — это огромные деньги. Это предложение иронично прокомментировал Глеб Туричин: «Делать центры на предприятиях можно. Но надо понимать, университет — это площадка общего доступа, а предприятия, которые могут позволить себе ЦАТ, — это, как правило, ОПК. Кто туда пустит? Даже у меня там телефон отберут».

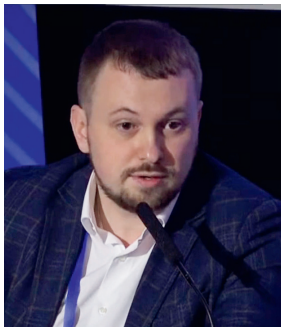
При всем разбросе мнений все были едины в том, что настоящее образование возможно только через практику. ■

Видеозапись: **www.youtube.com/watch?v=8_L1jbcGwJE**

Аддитивные технологии: вызовы и решения 2022 года

Владимир Сорокин

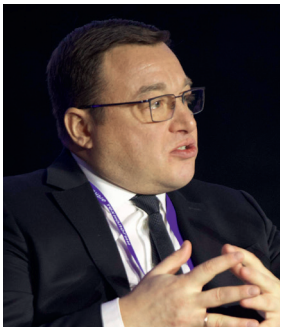
Профессиональное сообщество, представленное на IV Лидер-форуме «Аддитивные технологии. Расширяя горизонты», стремилось не только рассуждать и прогнозировать будущее, но и показать в рамках сессии «Промышленность» направления развития технологий и материалов с целью импортозамещения.



Алексей Карфидов, заведующий кафедрой инжиниринга технологического оборудования НИТУ МИСИС, сооснователь и генеральный конструктор «Карфидов Лаб», выступивший одним из модераторов, выделил в качестве темы вопрос выбора поставщиков. До начала специальной военной операции практически каждая отечественная компания импортировала оборудование и материалы, которые теперь оказались недоступными. Участники сессии, со своей стороны, рассказали от том, как их компаниям удаётся преодолевать санкции и даже наращивать производство. Серьёзным вызовом также стало налаживание сервисной поддержки для импортного оборудования.

Денис Пудков, заместитель директора Департамента реализации программы создания космического ракетного комплекса сверхтяжелого класса Госкорпорации «Роскосмос», пояснил, что большинство оборудования корпорации «Роскосмос» — импортное. Причина простая — западный рынок развивался активнее. Однако, это не означает, что «Роскосмос» в чём-то зависит от зарубежных поставщиков, т.к. материалы, которые применяются, практически на 100% российские. Наработаны компетенции работы на зарубежном оборудовании, независимо от западных партнёров. Накопленный опыт позволил выделить области, где наиболее эффективно применяются аддитивные технологии, и существует готовность к их промышленному применению. По предварительным оценкам, внутренний портфель заказов корпорации на оборудование оценивается в 3 миллиарда рублей. Присутствует и скрытый спрос, который появится на протяжении 2023–24 годов.

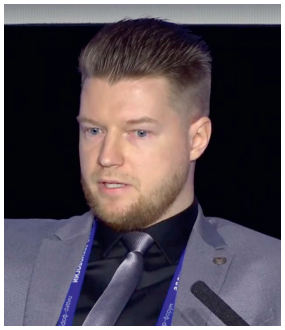
В настоящее время литейные мощности «Роскосмоса» загружены на 100%, а аддитивные технологии позволяют увеличить потенциал за счёт замещения литья и первичной обработки, поскольку деталь получается близкой к требуемой форме.



Илья Кавелашвили, генеральный директор ООО «Русатом – Аддитивные технологии» рассказал, об изменившихся требованиях к составу рабочей конструкторской документации, в результате чего пришлось значительно пересмотреть список поставщиков комплектующих. Достаточно остро стоит кадровый вопрос, но как ни странно звучит, в этой области наметились позитивные изменения. «Многие специалисты, которые недавно занимались зарубежными компаниями, поняв отсутствие дальнейших перспектив в работе с западными партнерами, перешли на работу в Росатом».

Большая работа была проведена в ходе двухкратной переработки Дорожной карты, что позволяет быть уверенным, что Госкорпорация и государство выделят необходимое финансирование. Вместе с Дорожной картой была пересмотрена Стратегия развития, поскольку пришлось отказаться от сотрудничества с «недружественными» странами и перейти на новые рынки.

Генеральный директор АО «Центр технологической компетенции аддитивных технологий» Алексей Мазалов рассказал об изменении рынка услуг в области аддитивных технологий.

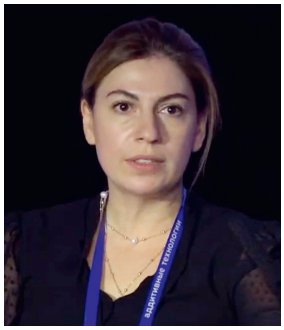


В настоящее время для предприятия более выгодно не простое получение услуг 3D-печати, а выполнение с применением аддитивных технологий всего комплекса инжиниринговых конструкторско-технологических, производственных и образовательных задач, которые не решаются традиционными методами. Наиболее наглядно это проявляется в области реверс-инжиниринга.

Зачастую можно услышать мнение, что достаточно отсканировать деталь и получить облако точек, конвертировать в полигональную модель, далее в параметрическую, твёрдотельную 3D-модель. Вместе с тем процесс на этом не заканчивается, заказчику требуется не только с самой высокой точностью повторить геометрию импортной детали или узла, необходимо наладить серийное производство. Для этого требуется определить физико-механические характеристики, исследовать покрытия, провести спектральный анализ и т.д. В результате заказчику предоставляется полный комплект рабочей конструкторской документации. Условно говоря, собственно 3D-сканирование или 3D-печать могут составлять небольшой процент в объеме всего проекта или НИОКР, а наиболее трудоемкой частью будет выступать точное определение и подбор свойств материалов, отработка сопутствующих технологий, проведение испытаний, разработка документации.

Важнейшими свойствами конкурентоспособности на рынке аддитивных технологий являются гибкость, клиентоориентированность, открытость, комплексный подход и, безусловно, сильная команда специалистов.

Ашхен Овсепян, основатель группы компаний SIU SYSTEM, поделилась опытом адаптации к новым условиям. В части переформатирования бизнеса в области логистики и представляемых брендов за прошедший достаточно короткий отрезок времени был проделан большой объём работы, распутан серьёзный клубок возникнувших проблем. При этом такое переориентирование не прошло безболезненно. До сих пор происходит валидация и адаптация материалов, началось собственное производство материалов, осуществляется поиск запасных частей, предпринимаются усилия наладить их собственное производство. В результате растёт парк оборудования, растут объёмы производства, за счёт этого сокращается стоимость единицы продукции.

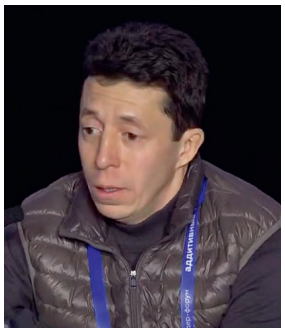


В области дистрибуции материалов и оборудования изменения более существенные. Если совсем недавно российские компании представляли в основном западных партнёров, то теперь это азиатские и российские производители. Хорошая новость в том, что предлагаемые аналоги нисколько не уступают западным образцам в той части технологий, которые сейчас применяются в стране. Стоимость оборудования и стоимость внедрения также уменьшились. Центральным положительным моментом в данной ситуации можно считать то, что за счёт снижения себестоимости материалов и оборудования российские компании имеют все большие «истории успеха», генерируя одно внедрение за другим.

Однако трансформация бизнеса не сводится исключительно к перемене брендов и поиску новых каналов поставок. Развитие ситуации привело к необходимости трансформации бизнес-модели, точнее говоря, к выделению двух направлений: инжинирингового центра и аддитивного производства. Аддитивное производство представляет собой относительно простой процесс, куда «на вход» поступает заказ, который выполняется внутри технологического блока, а затем поступает «на выход» к заказчику. Центр инжиниринга является «точкой роста», которая позволяет развивать передовые решения в области инженерных технологий, он позволяет прорабатывать каждый проект на более глубоком уровне, при этом увеличивая его экономическую эффективность. Опыт Центра инжиниринга оказывается полезным не только самой компании, которая его создала, но и клиентам компании, которые получают возможность ознакомиться с новейшими решениями и понять, что их ожидает в ближайшей перспективе.

Генеральный директор компании «Новые дисперсные материалы» Дмитрий Чухланцев рассказал, насколько сильно поменялись сценарии развития компании относительно планов предыдущего года.

Компания является российским разработчиком и производителем установок плазменной атомизации для выпуска нанодисперстных и микродисперстных металлических порошков. В настоящее время отработаны режимы для производства порошков титановых сплавов, инконели, сложных материалов (вольфрам,



тантал и др.), намечены цели НИР для создания биметаллических порошков.

Вызовы времени, связанные с изменением геополитической ситуации, коснулись компании с неожиданной стороны. Если для большинства российских организаций трудности связаны с необходимостью искать новых поставщиков и переходить на новые материалы и оборудование, то в данном случае был потерян крупный заказчик — швейцарская сталелитейная корпорация ArcelorMittal. В ходе многолетнего сотрудничества компания «Новые дисперсные материалы» производила стальные порошки из материалов заказчика. Планировалось создание совместного предприятия и открытие в Швейцарии специализированного центра для дистрибьюции порошков по всем заводам ArcelorMittal. В настоящее время выход на рынок Европейского Союза для отечественных производителей оказался под запретом. Фактически, единственным рынком, открытым для поставки данных установок, является китайский. Предложения переехать в Китай и продолжить работу там сдерживаются желанием разработчиков реализовать потенциал развития на российском рынке для последующего тиражирования и экспорта. Однако, известно, что многие отечественные изобретения были реализованы и признаны вне нашей страны. И это неудивительно. Путь преодоления «детских болезней» оборудования легче пройти с квалифицированным заказчиком, что предполагает не только поставку установки, но и дальнейшее сотрудничество. А этим этапом большинство крупных отечественных предприятий раньше старались пренебречь, предпочитая готовые зарубежные решения.

Общий точкой зрения участников сессии стало мнение, что не существует единого решения для компаний, оказавшихся в нынешней непростой ситуации. В современных условиях фактический каждый руководитель компании стал кризис-менеджером, ощутил себя в ситуации, когда по мере решения одной, пусть даже простой, производственной задачи возникают две-три дополнительных, которые часто напрямую мало связаны с собственно производством.

Способов обеспечить поставки оборудования и материалов оказалось, по сути, не так уж и много: закупать в дружественных странах, закупать у российских производителей, налаживать собственное производство. При этом все понимают, что нельзя бежать сразу по всем дорогам, требуются продуманные решения на основе тщательного анализа. Невозможно всё производить в своей стране, потому что несмотря ни на что Россия остаётся частью глобального мира, при этом негативный опыт недавних лет, когда фактически всё импортировалось, показывает опасность подобного пути.

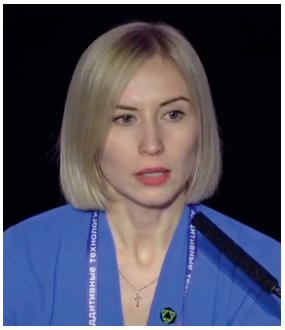
Для внедрения отечественных инноваций требуется тесное взаимодействие заказчика и поставщика. Любому разработчику новой продукции, в т.ч. предприятиям малого и среднего бизнеса, формирующим потенциал роста рынка, комфортнее работать с квалифицированным заказчиком, который понимает, что хочет, и не «рубит мечом». В этом отношении, работа с крупными государственными корпорациями, обладающими собственными конструкторскими бюро, имеет серьёзные преимущества. Одновременно все понимают, что практически невозможно прописать всё в техническом задании, поэтому наравне с квалифицированным заказчиком нужен квалифицированный поставщик, который способен предложить своё решение и принять справедливые требования.

И конечно, важно оставаться несокрушимыми оптимистами, чтобы продолжать своё дело и развивать отечественные аддитивные технологии.

Модератором второй секции «Промышленность» выступил **Михаил Родин, генеральный директор ООО «НПО 3Д-Интеграция»**, который предложил участникам представить свои компании, ответить на вопросы об объемах и динамике рынка выпуска деталей по конкретным технологиям и сегментам рынка, обозначить основные вызовы, стоящие перед 3D-отраслью, и предположить, когда наступит то время, когда 3D-принтеры научатся размножаться, то есть производить самих себя.

Говоря о своей компании, Михаил Родин отметил, что наибольший объём продаж компании «3Д-Интеграция» приходится на песчаные 3D-принтеры, позволяющие производить литейные формы из воска по технологии Binder Jetting. В данном сегменте отчётливо проявляются растущие темпы роста. В 2021 году на рынке реализовано 15 устройств, в 2022-м работало уже 30 принтеров, в 2023-м прогнозируется 45. Очевидна положительная динамика в 100% от уровня 2021 года. Аналогичные тенденции просматриваются в выпуске продукции. В 2021 году было выпущено 2,8 тонн песчаных форм, в 2022-м —3,9 т, соответственно, в 2023-м ожидается объём производства 7–7,5 т. Загрузка производственного оборудования, согласно имеющимся у руководства компании «3Д-Интеграция» данным, составляет 85%, производственный план расписан на 2 месяца вперёд. Подобная информация позволяет судить о перспективности развития сектора технологии Binder Jetting.

Переломный момент в развитии аддитивных технологий, по мнению Михаила Родина, будет связан с переходом от выпуска экспериментальных образцов к производству малосерийной продукции. А для этого необходимо, чтобы 3D-принтеры стали массово доступны для малосерийного производства.



По мнению **Ирины Соломниковой, руководителя отдела маркетинга компании «Импринта»**, производящей FDM-принтеры, «в общей картине динамика положительная» и наблюдается рост. В 2022 году ко всем традиционным областям использования технологии FDM, таким как прототипирование, изготовление мастер-модели, добавились ремонт и восстановление оборудования. В качестве заказчиков к машиностроительным заводам присоединяются предприятия пищевой и текстильной отраслей. У всех есть станки, которые выходят из строя, а вопрос поставок комплектующих узлов стоит очень остро.

Говоря о вызовах, Ирина Соломникова отметила тему популяризации аддитивных технологий. Оборудование должно стать простым, надёжным, современным и легко внедряться в существующие производственные цепочки.

Что касается производства 3D-принтерами самих себя, то в компании «Импринта» выполняется изготовление некоторого количества пластиковых деталей на своём оборудовании. Однако, основу станка, который предполагает круглосуточный режим эксплуатации, пока составляют металлические узлы.

Алексей Ким, директор департамента аддитивных технологий компании «Лазерные системы», отметил, что компания «Лазерные системы», являясь производителем промышленных SLM- принтеров, по просьбе потенциальных покупателей для демонстрации возможностей выполняет изготовление деталей, которые тестируются для принятия решения о приобретении оборудования. На примере «Северстали» Алексей привел убедительные доказательства экономической эффективности внедрения 3D-оборудования. Он также поделился информацией от клиентов, что принтер, установленный в Самарском государственном аэрокосмическом университете им. С. П. Королёва (СГАУ), загружен круглосуточно, т.к. потребность в деталях возросла в 2–3 раза. Это подтверждает высокую востребованность аддитивных технологий.

Главным вызовом Алексей Ким считает задачу не попасть в зависимость от китайского производителя, то есть вновь не оказаться в той же ситуации, когда всё оборудование было завезено из Европы или США, а российские производители могли существовать в предельно узких нишах, конкурируя, например, с дешёвыми моделями. Другим вызовом является необходимость в кратчайшие сроки наладить в стране производство компонентов, таких как: приводы, оптические устройства, лазерная техника, контроллеры, пневматика. Не вкладывая инвестиции в производственную сферу, страна рискует растерять оставшиеся ещё компетенции в этой сфере.

Про печать деталей для 3D-принтеров на собственном оборудовании Алексей Ким сообщил, что узлы 3D-принтера в компании «Лазерные системы» изготавливаются на станках с ЧПУ, а наличие квалифицированных конструкторов обеспечивает разработку надлежащей документации. Более того, станки с ЧПУ обеспечивают более высокую точность, чем та, которую могут сегодня показать 3D-принтеры. В зависимости от конструкции принтера какую-то часть деталей можно будет сделать, считает он, но напечатать целиком не получится никогда.

По словам **Анатолия Тулаева, заместителя генерального директора компании Stereotech**, пробная деталь, напечатанная на 3D-принтере перед реализацией, не всегда соответствует эксплуатационным свойствам оригинала, но существует и «положительная статистика», которая показывает, что часть изделий работает лучше и дольше, чем оригинал.

Когда говорят про рынок, поясняет спикер, обычно оперируют количественными показателями спроса, эквивалентными денежным показателям. Вместе с тем, когда речь идёт об отечественном рынке, не учитывается, что он развивающийся. Представители компаний–производителей материалов и оборудования идут на предприятия, которые являются ещё «холодными» клиентами, и убеждают в необходимости внедрения, показывают возможности, доказывают эффективность применения 3D-принтеров. Поэтому если говорить о росте рынка, необходимо уточнять, что он идёт не только за счёт увеличения спроса, но и за счёт «пробивной» работы производителей в части популяризации.

Сложность популяризации аддитивных технологий заключается в отсутствии соответствующих кадров. Одновременно у части руководителей присутствуют

опасения, что оборудование будет простаивать. Вполне обоснованно, что решение о закупке дорогостоящего оборудования принимается после длительного процесса экономической оценки целесообразности такого шага. К сожалению, если решение принимается, то оно чаще всего делается не в пользу отечественного производителя, а в пользу известных, проверенных временем брендов, которые много лет присутствуют на рынке.

Задача компании Stereotech — подготовить «цифровой ключ» к успеху, благодаря которому каждое предприятие без специальных знаний и навыков сможет применять аддитивное оборудование. В настоящее время Stereotech создаёт программный интерфейс, который позволит любому пользователю создать бета-версию детали, то есть некоторый образец, который уже прошёл испытание в реальном производственном процессе.

Анатолий Тулаев считает, что самое важное сегодня — это упростить ситуацию с пониманием сути аддитивных технологий на пользовательском уровне. Результатов можно добиться за счёт наращивания знаний и компетенций или за счёт упрощения самих устройств, а также их популяризации. Необходимо достичь всеобщего понимания, что инновации — это не просто красивое слово, а способ достичь результата, не только технико-технологического, но и финансово-экономического размером «плюс 20% к текущему уровню».

По последнему вопросу Анатолий Тулаев сообщил, что в компании Stereotech собственные принтеры печатают 30% деталей новых принтеров. Актуальной является задача освоить печать двигателей, ещё более востребована печать электронных компонентов. По его мнению, если смотреть в дальнюю перспективу, то более актуальной станет задача печати человеческих органов для продления жизни человека.

Александр Паршиков, руководитель центра технологий роботизации и трёхмерной печати дирекции инвестиционного развития «Газпромнефть — цифровые решения», провёл анализ рынка по нескольким направлениям. В части производства деталей был отмечен трёхкратный рост с 400 в 2021 году до 1150 в 2022 г., при этом объём услуг реверс-инжиниринга вырос в 20 раз. Две трети изготовленных деталей уже работают. Количество НИОКР-проектов выросло на треть.

Александр считает, что сегодня крайне важно не допустить разбалансировки ситуации. На смену ушедшим западным поставщикам пришли компании из Юго-Восточной Азии. Краеугольным камнем стоит вопрос качества при масштабировании производства. Что касается отечественных производителей, то им не стоит злоупотреблять сложившейся обстановкой и необоснованно повышать цены.

Александр Паршиков считает, что в будущем будет особенно востребована печатать композитными материалами. Прогнозируется, что из различных компонентов можно будет готовить смеси, которые будут соответствовать конкретным требованиям, предъявляемым к определённым деталям. Также существенные усилия потребуются, чтобы нормализовать и стабилизировать технологию печати керамикой.

Сквозь всё обсуждение в ходе сессии красной нитью проходила мысль, что развитие рынка зависит от его насыщенности. Первые 3D-принтеры, появившиеся в середине 80-х годов прошлого века, были доступны только крупным корпорациям и использовались исключительно для прототипирования. Сегодня принтеры доступны большому числу компаний. Соответственно, чем шире будет это спектр применения, чем больше людей будут знать о возможностях 3D-печати, тем значительнее будут темпы роста рынка.

Вместе с тем было бы ошибочно ждать, что всё произойдёт само собой. Нельзя получить результата, не вложив инвестиции, равно как и требовать немедленного результата от капиталовложений. Государство должно поддержать отечественного производителя, необходимо переломить ситуацию, когда даже при наличии отечественных аналогов проще закупить оборудование за рубежом. Безусловно качество китайского оборудования находится на уровне тех западных производителей, которые ушли с российского рынка. Но необходимо думать и о том, какая геополитическая ситуация может сложиться через 5–10 лет. Необходима здоровая конкуренция, предполагающая присутствие на рынке отечественных производителей, компаний из дружественных стран.

Кроме того, необходимо думать не только о том, как закрыть потребности внутреннего рынка, а самим идти и предлагать продукцию на экспорт. Без этого невозможно вырастить отечественную компанию, производящую конкурентоспособное оборудование, соответствующее мировому уровню. Государство способно оказать помощь отечественным производителям в выходе на рынки стран БРИКС. Рынки Китая, Индии, Бразилии, Турции, Арабских Эмиратов достаточно привлекательны, не говоря уже об их размерах.

Совместными действиями профессионального сообщества и государства можно решить сложные задачи, чтобы противостоять вызовам сегодняшней ситуации. Именно в таком подходе состоит стратегия достижения технологического суверенитета. ■

Видеозапись конференции:
www.youtube.com/watch?v=8_L1jbcGwJE

Передовая инженерная школа: цели и задачи

Проект создания передовых инженерных школ вошёл в перечень инициатив социально-экономического развития России до 2030 года. Цель проекта — обеспечить высокопроизводительные экспортно-ориентированные секторы экономики страны высококвалифицированными кадрами для достижения технологической независимости, создавать новейшие виды инновационной продукции в партнерстве с высокопроизводительными компаниями России. Тридцать ведущих вузов были выбраны для реализации данной инициативы.

Редакция журнала «Аддитивные технологии» обратилась с вопросами о роли школ для развития науки и технологий к Ивану Иванову, директору Передовой инженерной школы, доценту кафедры теоретической физики и квантовых технологий НИТУ МИСИС, заместителю генерального директора — директору Института металлургии и машиностроения АО «НПО «ЦНИИТМАШ».

Расскажите, пожалуйста, о Передовой инженерной школе НИТУ МИСИС. Каковы направления ее развития, цели и задачи?

При поддержке ключевого партнера Госкорпорации «Росатом» в лице АО «Наука и инновации», а также компаний «Металлоинвест», ОМК, ЦАГИ — НИТУ МИСИС стал победителем федерального проекта по созданию передовых инженерных школ (ПИШ). В НИТУ МИСИС создана школа «Материаловедение, аддитивные и сквозные технологии» (МАСТ), которая нацелена на подготовку кадрового потенциала и реализацию проектов в рамках стратегических направлений научно-технологического развития Российской Федерации, в первую очередь, в части новых технологий и материалов для перспективных ядерных энергетических установок типа БН, ВВЭР, ВВЭР-СКД, ВТГР, ЖСР, АСММ и пр. Выпускники школы МАСТ будут иметь теоретический и практический опыт для решения задач управления ресурсом жизненного цикла изделий ответственного машиностроения, а также навыки в областях создания новых композиционных материалов и разработки промышленных технологий производства изделий из них. Еще одним направлением школы будет развитие регенеративной медицины, а именно разработка перспективных технологий трехмерной биопечати, в том числе не имеющих аналогов в мире, и, непосредственно, проектирование биопринтеров нового поколения. Ожидается, что разработка таких биопринтеров будет вестись с последующей государственной регистрацией для использования в клинических условиях к 2030 году.

Таким образом, ПИШ МАСТ сконцентрирована на нескольких прорывных научно-образовательных направлениях, основой для которых служат цифровые технологии, в первую очередь — аддитивные. Говоря про аддитивные технологии, следует отметить фактор, существенно тормозящий их развитие и внедрение в реальное производство. Он заключается в том, что всё в нашем мире заточено под использование традиционных технологий или, как говорят, проводя аналогию с развитием электроники, аналоговых технологий. Следствием этого является не просто дефицит кадров, а практически полное отсутствие научно-педагогических школ, способных системно сформировать образовательную повестку по этому направлению. Развитие аддитивных технологий невозможно без новых, специально предназначенных для них материалов, оборудования, нормативной документации. Именно на решение этих ограничительных барьеров и нацелена ПИШ МАСТ.

Какими ресурсами располагает школа?

Взаимодействие НИТУ МИСИС с Госкорпорацией «Росатом» и другими индустриальными партнерами имеет многолетнюю историю, начиная с «Атомного проекта», который вел к успеху первый ректор Московского института стали Авраамий Павлович Завенягин вместе с Ефимом Павловичем Славским и Василием Семеновичем Емельяновым. Кроме тесных взаимоотношений с высокотехнологичными компаниями, университет является признанным лидером в области металлургии, материаловедения и технологий, занимая первое место среди российских вузов в рейтингах QS Materials Science и RAEX «Технологии материалов». НИТУ МИСИС имеет большой опыт подготовки лидеров Т-типа в области материаловедения и новых технологий, когда студенты вовлечены в решение задач предприятий, с которыми они готовы связать судьбу. Наличие достаточной собственной экспериментальной базы, высококвалифицированного преподавательского состава, внедрение передовых методик образования — все это позволит НИТУ МИСИС достичь цели Передовой инженерной школы МАСТ — подготовить кадры с новым мировоззрением, обладающие компетенциями

как в области цифровых и аддитивных технологий, так и способные управлять комплексными проектами и решать задачи по обеспечению совершенно конкретных проектов атомной, авиакосмической и металлургической отраслей.

Да, НИТУ МИСИС обладает достаточной материальной базой и уровнем компетенций, но для эффективного решения задачи подготовки кадров мы перешли к образованию по модели ПОИНТ (Практико-ориентированное образование, интегрирующее науку и технологии). В основе модели ПОИНТ — создание образовательной фабрики полного цикла, где студенты пройдут путь от идеи продукта до его мелкосерийного производства, т.е. полный производственный цикл, включая инженерные и материаловедческие расчеты, подготовку, синтез шихтовых материалов и распыление металлопорошковой композиции, дальнейшего аддитивного изготовления изделия, его постобработку, а также разрушающий и неразрушающий контроль. У НИТУ МИСИС уже имеется практический задел модели ПОИНТ. Например, на кафедре порошковой металлургии и функциональных покрытий успешно применяется подход индивидуальных траекторий обучения магистрантов, при котором с первых дней обучения каждому студенту в рамках текущего проекта, гранта и договора с предприятием формулируется тема и план НИР на каждый семестр. При этом совместно со студентом определяются дисциплины по выбору в соответствии с проблематикой его магистерской работы. Это позволяет сосредоточиться на выполнении научной работы, получить знания по конкретным дисциплинам, а также устроиться на работу в качестве исполнителя конкретной темы, получая достойное вознаграждение.

Аддитивные технологии — понятие широкое, есть у Школы какая-то специализация?

Аддитивные технологии, развиваемые в ПИШ МАСТ, рассматриваются как неотъемлемая часть развиваемых в школе направлений. Например, говоря про литейные технологии, подразумевается использование аддитивного оборудования при производстве моделей для выплавления и выжигания, а также 3D-печать уже готовых литейных форм и стержней. Аналогично по направлению биофабрикации 3D-синтез являются частью сложного процесса, результатом которого станет возможность регенеративной медицины, позволяющей восстанавливать живые ткани непосредственно на человеке. Таким образом, ПИШ МАСТ не держит себя в рамках того или иного вида аддитивного процесса.

Какое предусмотрено взаимодействие или партнерство с другими центрами аддитивных технологий или компаниями?

Одним из основных приоритетов ПИШ МАСТ в части образования является кооперация с центра-

ми аддитивных технологий и компаниями-лидерами отрасли, и она будет только расширяться. Студенты, обучающиеся в ПИШ МАСТ, интегрированы в профессиональное сообщество с первого курса благодаря программе наставничества с экспертами из отрасли. Для привлечения индустриальных лидеров к преподаванию МАСТ предлагаются гибкие профессиональные треки с индивидуализированной системой мотивации и конкурентноспособным уровнем заработной платы.

Уже в 2022 году 12 студентов ПИШ МАСТ успешно прошли стажировку на базе АО «ЦАТ» — в центре аддитивных технологий государственной корпорации «Ростех». В ПИШ МАСТ предусмотрено повышение квалификации профессорско-преподавательского состава на предприятиях, являющихся технологическими лидерами. Так, тридцать сотрудников НИТУ МИСИС успешно прошли обучение по программе «Возможности аддитивных технологий в отечественном машиностроении» на предприятии АО «НПО «ЦНИИТМАШ» (входит в машиностроительный дивизион Госкорпорации «Росатом» — АО «Атомэнергомаш»), которое является одним из лидеров по направлению аддитивных технологий в России.

За полгода достигнуты какие-то результаты? Какие стоят задачи на ближайшее время и перспективу?

Основные научные результаты достигнуты при реализации НИОКР «Управление качеством и свойствами металлических материалов, полученных путем прямого селективного воздействия на кристаллическую структуру первичных фаз при затвердевании», входящую в комплексную научную программу Госкорпорации «Росатом». Были получены уникальные фундаментальные данные о протекании фазового перехода первого рода при затвердевании расплавов, подтверждающие кластерный механизм роста твердой фазы, и на этой основе разработана технология управления характеристиками первичной кристаллической структуры и повышения структурно-чувствительных свойств материала, синтезируемого в аддитивном процессе. Также были разработаны новые подходы для аттестации и оценки соответствия аддитивной продукции, построенные на основе концепции о единой облачной платформе сбора и обработки данных об аддитивном процессе при производстве изделий ответственного, в том числе атомного

машиностроения. Единая облачная платформа — это инструмент, обеспечивающий высокое качество синтезируемой продукции за счет полуавтоматического создания цифрового двойника аддитивного процесса производства изделий, наличия предиктивной аналитики и обратной связи для корректировки печати, что обеспечит «печать» изделий с первого раза, существенно повысив экономические показатели аддитивного производства.

В 2022 году разработаны и внедрены две специализированные программы дополнительного профессионального образования по направлению «Аддитивные технологии в металлургии и машиностроении» с привлечением специалистов Госкорпорации «Росатом» в качестве преподавателей. Первая программа «Совершенствование профессиональных компетенций в соответствии с профессиональными стандартами: 3D-технологии в металлургии и машиностроении и изготовление прототипов», вторая — «3D-технологии в металлургии и машиностроении». По данным программам успешно прошли обучение 17 сотрудников предприятий металлургического сектора. В 2022 году также запущены три актуальные магистерские программы по направлениям передовой инженерной школы, включающие в себя изучение аддитивных технологий, по которым проводится подготовка 40 магистров. Это: «Цифровое управление технологическими процессами металлургии и машиностроения»; «Технологическое обеспечение инноваций»; «Новые материалы и цифровые технологии литья металлов». В 2023 году планируется запустить четыре новые программы магистратуры: «Современные материалы и методы получения высокоточных отливок»; «Новые материалы. Порошковые и аддитивные технологии»; «Облачные технологии в металлургии и машиностроении»; «Биомедицинская инженерия и биофабрикация».

Говоря о планах, хочется отметить, что в рамках ПИШ МАСТ создаются новые учебные пространства. Уже укомплектована «Виртуальная лаборатория», в рамках которой закуплено отечественное программное обеспечение, позволяющее закрыть моделирование всего цикла машиностроительного и металлургического производства. Создается лаборатория для изучения аддитивного процесса, основой которого станут отечественные СЛП-принтеры и уникальная установка по исследованию сплавления металлических порошков, построенная на основе системы сканирования лазерного луча с двумя коллиматорами, оснащенная высокотемпературным подогревом, системами контроля качества формирования порошкового слоя, температуры всей рабочей зоны и жидкой ванны, а также контроля геометрии синтезируемого изделия. Сердцем этой установки станет программно-аппаратная часть, реализующая инструмент прескриптивной аналитики, открывающей возможность по созданию основы АСУ нового поколения. В 2023 году появится участок порошковой металлургии, включающий лабораторные установки ГИП и атомизации металлических порошков. Все это позволит реализовать «фабрику для обучения» полного цикла аддитивного производства. Важно не забыть о направлении, связанном с разработкой нормативной документации. Планируется организация лаборатории по цифровой трансформации стандартизации передовых производственных технологий, которая должна стать локомотивом внедрения стандартов четвертого поколения (SMART-стандарты) по направлению «аддитивные и цифровые технологии». Кроме этого, планируется организация лаборатории точного литья на базе комплексно-механизированных участков литья под давлением и по выплавляемым моделям с широким использованием 3D-технологий по всему производственному циклу изготовления литых деталей из сплавов цветных и чёрных металлов для применения в различных отраслях промышленности: авиационной, космической, атомной, автомобильной и многих других.

Самой основной задачей, которая сегодня стоит перед ПИШ МАСТ, является привлечение талантливой молодежи. Разработаны программы, в рамках которых студенты параллельно с обучением сразу начинают работать на предприятиях-партнерах, решая реальные задачи. Студенты ПИШ МАСТ получают повышенную стипендию и всем, в случае необходимости предоставляется общежитие. Понимая, что базовый уровень у поступающих разный, предусмотрены бесплатные курсы по разделам математики, физики, материаловедения и других профильных дисциплин, которые позволят исключить неуспеваемость при обучении в магистратуре.

Что мешает развитию аддитивных технологий в России?

Основными факторами, ограничивающими внедрение аддитивных технологий, являются следующие: во-первых, инерционность, то есть использование традиционных подходов и материалов; во-вторых, отсутствие кадров и технологических площадок полного цикла для обучения и демонстрации преимуществ новых технологий; в-третьих, отсутствие компетенций и несовершенство технологии; в-четвертых, отсутствие нормативной и технической документации. Взаимодействие с высокотехнологичными предприятиями, разработка и внедрение актуальных программ высшего и дополнительного образования, экспериментальная и исследовательская база позволят Передовой инженерной школе НИТУ МИСИС создать необходимые условия для их преодоления.

Реалии сегодняшнего дня сдерживают или стимулируют развитие отечественных материалов, оборудования, технологий?

Реалии сегодняшнего дня, связанные с беспреце-

дентным санкционным давлением, являются окном возможностей для развития аддитивных технологий в России. В настоящий момент в рамках комплексной научной программы Госкорпорации «Росатом» направление аддитивных технологий получило широкое развитие. Так, созданы системы сканирования лазерным лучом, востребованные в технологиях СЛП и СЛС. Создаются уникальные единицы аддитивного оборудования, работающего по всему спектру технологий (СЛП, ВТСЛП, ПЛВ и пр.). Впервые в России разработана технология спекания изделий из карбида кремния и получен ряд других результатов.

Опыт реализации комплексной научной программы как в Госкорпорации «Росатом», так и других высокотехнологичных предприятиях России показал очевидный дефицит высокотехнологичных кадров и стал одним из основных стимулов для создания Передовой инженерной школы НИТУ МИСИС. ■

Тел: +7 915 455-88-94
Почта: ivanov.ia@misis.ru;
tolstykh.ds@misis.ru
Telegram: https://t.me/misis_pish_mast
www: https://misis.ru/university/mast/

В формате живого общения

Мария Борисова, компания SIU System, www.siusystem.ru, info@siusystem.ru

В ноябре 2022 года на территории ОЭЗ «Технополис Москва» прошла вторая встреча «Техноклуба3D». Компания SIU System, центр инноваций которой ООО «Аддитивный Инжиниринг» является резидентом «Технополиса», собрала увлечённых аддитивными технологиями (АТ) участников, чтобы поговорить о развитии рынка АТ, обсудить промышленные решения 3D-производителей и вместе найти способы ускорения внедрения 3D-печати на промышленных предприятиях в изменившихся условиях. Участие приняли эксперты компаний – производителей российских и китайских промышленных 3D-принтеров, Ассоциации развития аддитивных технологий и ЦАТ.

«Техноклуб3D» — это дискуссии между спикерами и посетителями, минимум презентаций и максимум ответов на вопросы аудитории.

Такой формат выбран не случайно. АТ в корне меняют индустрии и производственные процессы, призваны улучшить технологии и найти решения там, где это было ранее невозможно. Производителям и интеграторам необходимо знать и понимать, какие потребности есть у промышленных предприятий.

Исполнительный директор SIU System Мария Борисова, ведущий организатор и модератор этих тематических мероприятий, в начале встречи отметила, что, хотя за последний год многое изменилось, назначение аддитивных технологий осталось прежним: они созданы для созидания, и их востребованность предприятиями усилилась, в том числе в силу создавшейся ситуации.

Заявленная тема «Аддитивные технологии: конструкторская забава или потребность промышленности» позволила поделиться опытом внедрения и углубиться в сферы применения. Спикеры рассказывали о кейсах, историях успеха, достижениях — о том, что стало возможным с помощью 3D-принтера. Особым интересом пользовались образцы печати, который каждый участник принёс с собой, чтобы продемонстрировать вживую то, что сначала показывал на экране.

Главный эксперт по кооперации Ассоциации развития аддитивных технологий Анастасия Шершнева озвучила тренды внедрения 3D-решений, а также отметила отрасли, остро нуждающиеся в АТ: ядерная энергетика, гражданская авиация, космос и ОПК, медицина и др. Руководитель по развитию компании «Стереотек» Анатолий Тулаев рассказал об особенностях 5D-печати, продемонстрировал образцы изделий серийного производства из библиотеки компании, а также поделился кейсами внедрения и экономическими результатами для предприятий. Генеральный директор отечественной компании «Ф2 Инновации» Евгений Матвеев представил новую модель самого большого российского промышленного FDM-принтера. Главный менеджер по развитию экспорта компании Farsoon Никита Воронов отметил, что металлические и полиамидные 3D-принтеры Farsoon пришли на смену европейским брендам в России, что повысило спрос на них. Такие характеристики оборудования, как высокая повторяемость и точность печати, а также скорость сервисного обслуживания со стороны компании, обеспечивают преимущества среди китайских брендов. Генеральный директор аддитивного департамента компании

«Лазерные Системы» Алексей Ким своим докладом инициировал обсуждение производителями из России и Китая особенностей SLM-печати металлами. В дискуссию были вовлечены все, в том числе представители промышленных предприятий. Главный конструктор ЦАТ Алексей Каргальский показал корпуса двигателей, центробежного насоса, кронштейнов и форсунок, изготовленных с помощью 3D-печати, уточнив особенности и время их выращивания.

Одна из важных тем, поднятых в ходе мероприятия: что выгоднее — владение 3D-принтером или заказ услуг печати? Ценность 3D-принтера — не в стоимости напечатанных изделий, а в сокращении издержек и в возможностях, поэтому работа с каждым проектом и выбор того или иного способа в каждом конкретном случае — самое выгодное решение. Спрос АТ-технологий в условиях импортозамещения растет, промышленные предприятия ведут активный поиск замены технологических процессов, а также повышения их эффективности. Участники сошлись во мнении: перспектива использования АТ — это дополнение традиционного производства, а также использование 3D-принтеров для создания изделий сложной геометрии, в том числе там, где это было ранее невозможно. Это наиболее эффективный метод внедрения инновационных технологий и ускорение развития промышленных предприятий.

Миссия организации встречи «ТехноклубаЗD»: практическое применение всей информации, полученной на конференции. Полезное резюме мероприятия — это традиция организаторов. В этом году были разработаны памятки по внедрению аддитивных технологий — пошаговые алгоритмы, двигаясь по которым, каждый сможет сделать правильный выбор 3D-технологий, обезопасить себя от ошибок и ускорить процесс интеграции.

Запись «ТехноклубаЗD» доступна по ссылке: **https://www.youtube.com/watch?v=y5Q48FD2Dq8**

Образцы 3D-печати, представленные на встрече «ТехноклубаЗD», можно увидеть на экскурсии в Центре инноваций SIU System. Отправить заявку на экскурсию можно на электронную почту info@siusystem.ru.

Российский рынок материалов для аддитивных технологий

Вопрос о том, что поддержит российское производство в условиях ограниченных предложений на рынке после ухода целого ряда ведущих зарубежных компаний, стоит до сих пор остро. Ускоренно меняя цепочки поставок оборудования, инструмента, комплектующих, предприятия делают ставку на параллельный импорт, импорт из «дружественных» стран, рассматривают внедрение отечественных технологий и продукции. Российские производственные компании, которые долгое время занимали свою небольшую нишу с ограниченным предложением, конкурируя с сильными игроками мирового уровня, получили шанс для развития. Смогут ли они занять достойное место на рынке, зависит от многих обстоятельств. Но их шанс – это шанс нашей страны на независимое развитие. Редакция журнала «Аддитивные технологии» данной публикацией открывает серию проектов, задачей которой является поддержка отечественного производителя в сфере аддитивных технологий.

Аддитивные технологии показали себя как эффективный инструмент развития, демонстрируя впечатляющие внедрения в целом ряде отраслей. Их применение позволяет экономить время, деньги, оптимизировать производственные процессы, создавать уникальные изделия со сложной геометрией. Их востребованность

Фотополимеры

Производители	Технология печати				Виды
	DLP	LCD	SLA	LED	
3DSLA.RU Российские 3D принтеры Triangulatica «3DSLA.RU – Российские 3D-принтеры» ООО «Эксклюзивные Решения» Санкт-Петербург, +7 (911) 929 87 65, info@3dsla.ru, 3dsla.ru	да	да	да		
Gorky Liquid «3Д Аддитивные технологии» (бренды Gorky Liquid) Н. Новгород, 8 (800) 511-65-04 info@3dresin.ru, https://gorkyliquid.ru	да	да	да	да	керамические, хоббийные, специальные, стоматологические, профессиональные и промышленные (ассортимент более 50 наименований), PMMA
HARDLIGHT Компания HardLight Москва, +7 (499) 350-00-86 Санкт-Петербург, +7 (812) 309-40-27 info@hardlight.info, https://hardlight.info	да	да		да	Модельный: базовый (M001), матовый (M002), водоотмываемый (Model WS) Инженерный: базовый (И001), упругий (И002), прочный (xABS), гибкий (Flex), термостойкий (H180), высокоточный (Ceramic orange), нейлон (NH) Ювелирный выжигаемый (Casting Jewelry) Керамика: декоративная (К001), инженерная (К002) Стоматологический: выжигаемый (Dental Cast), модельный (CT01)
«KREMEN quartz technology»	да	да		да	
НИИ НПО «Луч»*	да				
ООО «Харц Лабс»	да	да	да		

* – информация из открытых источников

в период коронавирусной пандемии объяснялась потребностью сократить цепочки поставок. На текущий момент посредством 3D-сканирования и 3D-печати решаются задачи реверс-инжиниринга для производства комплектующих, ограниченных в доступе. Очевидно, что аддитивные технологии открывают окно возможностей там и тогда, когда традиционные технологии и связи оказываются несостоятельными.

В предлагаемом материале силами редакции сделана подборка данных о предприятиях, выпускающих металлические, полимерные, фотополимерные материалы для 3D-печати. Данные предоставлены компаниями или взяты из открытого доступа.

Будем рады получить обратную связь и предложения, как сделать данный проект наиболее интересным и полезным. По мере поступления дополнительной информации, готовы продолжить тему в следующих выпусках журнала.

В апрельском номере журнала запланирован проект, демонстрирующий возможности российских производителей оборудования, основанного на аддитивных методах производства.

Металлические порошки

	Титан и его сплавы	Сталь	Алюминий и его сплавы	Кобальт-хром	Никелевые сплавы	Другие сплавы и металлы
ПАО «Ашинский металлургический завод»		да	да	да	да	да
ООО «Ботлихский радиозавод»*	да	да		да	да	
ФГУП «НИЦ «Курчатовский Институт» – ВИАМ»	да	да	да	да	да	да
ОАО «ВИЛС»*	да	да	да		да	да
ООО «Гранком»	да	да		да	да	
АО «Композит»	да				да	да
АО «ОЗ «Микрон»	да	да	да		да	
ООО «Нормин»*	да					
АО «ПОЛЕМА»		да		да	да	да
ООО «РегионПром» г. Москва, +7 (499) 394-50-46 info@region-prom.com, www.region-prom.com	порошок/ проволока				порошок/ проволока	
ГК «Росатом» (ВНИИХТ)*						да
МКПАО «ОК РУСАЛ» (ООО «ИЛМиТ»)*			да			
Отраслевой интегратор по АТ ООО «РусАТ» при участии ООО «НПО «Центротех», АО «ЧМЗ», АО «УЭХК»	да	да		да	да	да
НПО РУСРЕДМЕТ НПО РусРедМет Москва, +7 (499) 705-85-43 zakaz@nporusredmet.com, nporusredmet.com	да	да	да	да		да
ПАО «Северсталь» (COMETAL)			да	да	да	да
СпецМеталлМастер ООО «ГК «СММ» (СпецМеталлМастер) Москва, +7 (495) 545-46-98 zakaz@specmetal.ru, specmetal.ru	да	да	да	да		да
АО «Ступинская металлургическая компания»	да				да	
СФЕРА «СфераМ» +7 (919) 110-5333 ooo-sferam@yandex.ru, sferam74.ru		да	да	да	да	да
ЦНИИЧЕРМЕТ им. Бардина*		да				

* — информация из открытых источников

Филамент

Производители	Тип филамента/Диам. нити, мм							
	Базовые							
	ABS	PLA	ASA	SBS	HIPS	PETG	PP	Flex (TPU/TPE)
ООО «ЗДВОЛК ТЕХНОЛОГИИ»	1,75	1,75				1,75		
Bestfilament	1,75/2,85	1,75/2,85	1,75	1,75	1,75/2,85	1,75/2,85		1,75/2,85
Hi-Tech Plast	1,75	1,75			1,75	1,75		
Компания «Filamentarno!»	1,75	1,75	1,75	1,75		1,75	1,75	1,75
«KREMEN quartz technology»	1,75	1,75				1,75		
My3D*	1,75	1,75		1,75		1,75		1,75
PICASO 3D	1,75	1,75			1,75			
Sopytka «Sopytka» («Московский завод FDplast») Москва, +7 903-629-48-27, +7 926-754-93-29 info@sopytka.ru, https://www.sopytka.ru	1,75	1,75		1,75	1,75	1,75		1,75
VolgoBot	1,75/2,85	1,75			1,75	1,75		1,75
ООО «Новапринт 3Д»	1,75						1,75	
ООО «ПК НИТ»	1,75/2,85	1,75			1,75	1,75		1,75
АО «ПЛАСТИК»	1,75/3							
ПолиИмпэкс ООО «ПолиИмпэкс», Санкт-Петербург +7 (812) 648-22-61, +7 (964) 398-02-97, 123@konekt.pro, www.plastic3d.pro	1,75/2,85	1,75/2,85	1,75/2,85	1,75/2,85	1,75/2,85	1,75/2,85	1,75/ 2,85	1,75/2,85
ООО «ПринтПродакт» (PrintProduct)	1,75 ABS GEO	1,75 PLA GEO		1,75		1,75	1,75	1,75
REC ООО «РЭК» Зеленоград, +7 (499) 288 2726 potok@rec3d.ru, https://rec3d.ru	1,75 / 2,85	1,75 / 2,85	1,75 / 2,85		1,75/1,80/2,85	1,75 / 2,85	1,75	1,75/2,85
ООО СЕМ («SEM3D»)	1,75/2,85	1,75/2,85	1,75		1,75			
Завод «Стар Пласт»	1,75	1,75				1,75		
Компания ООО «СТРИМПЛАСТ»*	1,75	1,75		1,75	1,75			

* — информация из открытых источников

ABS Ударопрочная техническая термопластическая смола на основе сополимера акрилонитрила с бутадиеном и стиролом.

ASA Акрилонитрил стирол акрилат (ASA), также называемый акрилонитрилом акрилового стирола, представляет собой аморфный термопластик, разработанный в качестве альтернативы акрилонитрилбутадиенстиролу (ABS), но с улучшенной атмосферостойкостью.

BFCarbon Инженерный пластик, рассчитанный на высокие нагрузки, в основе которого нейлон с добавлением углеродных волокон. Прочный материал, стойкий к истиранию, а за счет добавления углерода снижена или почти отсутствует усадка.

CAST Особый материал на основе полиметилметакрилата с добавлением специальных пластификаторов. Материал подготовлен специально для печати объектов, применяемых в литье по выжигаемым моделям.

FLEX Это не один вид филамента, а обозначение целого класса сополимеров и полимерных смесей, которые по своим свойствам близки к резине. Это мягкие и эластичные материалы, способные выдерживать большие физические нагрузки.

FormaX Инженерный термопластик, созданный на базе ABS с добавлением углеволокна. Он способен выдерживать ещё более высокие нагрузки и температуры, чем базовый материал, а при печати практически не даёт усадки.

FRICTION Филамент на базе полиамида. Лучше всего он подходит для создания функциональных объектов, которым предстоит иметь дело с трением, а также статическими и ударными нагрузками в температурном диапазоне от –60°C до +150°C.

HIPS Высокопрочный полистирол (high-impact polystyrene, HIPS) — термопластичный полимер. Его получают, добавляя во время полимеризации полибутадиен к полистиролу.

Nylon Это коммерческое наименование синтетических полиамидов, хорошо подходящих для 3D-печати на принтере. Для 3D-печати может использоваться нейлон в виде порошка (SLS-технология) или филамента (FDM-технология).

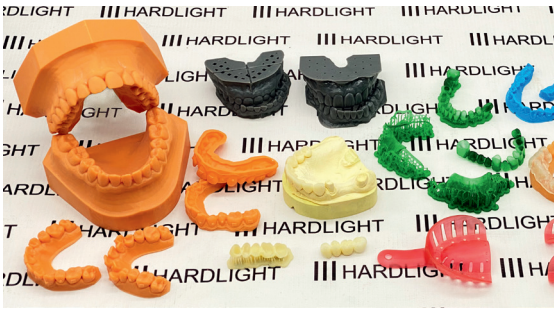
PC Термопластик поликарбонат. У этого пластика высокая ударопрочность, даже при очень низких температурах.

PETG Это прочные полимеры, пригодные для изготовления различных вещей, в том числе посуды, соприкасающейся с пищевыми продуктами не горячее 75 °C.

PLA Биоразлагаемый, биосовместимый, термопластичный, алифатический полиэфир, мономером которого является молочная кислота.

PND Полиэтилен низкого давления (ПНД или ПЭНД) — это полимер с высоким уровнем твердости и жесткости. Его получают путем полимеризации этилена под низким давлением.

Инженерные (в т. ч. композитные)		
Nylon (PA)	PVA	Др типы
1,75		ABS GF5, ABS CF5
1,75	1,75/2,85	WOOD, BFCarbon
1,75		PET.htp
1,75		PPS, SAN, WAX (воск)
1,75		
1,75		Nylon Carbon, Nylon Glass, ABS Carbon, ABS-мрамор, ABS-керамика, композиты на основе PLA (алюминий, медь, бронза, латунь, сталь, дерево), LUMI (светящиеся в темноте пластики: PLA, SBS, PETg)
		NIT ING
1,75		COAX(ABS+PC)
		NIT ING
		ABS-гранулы
1,75 PA-6, PA-11, PA-12	1,75	POM, PBT, PMMA, угленаполненные пластики, PLA высокотемпературный, полифенилен модифицированный
1,75	1,75	PND, POM, ABS M8, ABS-V0, TITI Flex Hard/Medium/Spring/Soft (ТПУ)
1,75	1,75 / 2,85	FormaX, CAST, RUBBER, Ultra X, FRICTION, Biocide, Clotho ABS, PEEK, PSU, rPETG, rPETG GF
1,75		PC (Polycarbonate), PMMA
1,75		PETg (алюминий, медь, бронза), LUMI (светящийся в темноте пластик PETg)
	1,75	



Фотографии предоставлены компаниями:
«3DSLA.RU – Российские 3D-принтеры»,
«3Д Аддитивные технологии», компанией HardLight,
«Sopytka», ООО «ПолиИмпэкс», ООО «РЭК»

Не нашли вашу компанию в таблице?
Свяжитесь с нами по тел, + 7 499 55-9999-8
или напишите нам info@additiv-tech.ru

POM	Инженерный пластик, с вытекающими отсюда плюсами и минусами. Уникальный материал, сочетающий в себе лучшие свойства многих других инженерных пластиков, но крайне требовательный к принтеру и условиям печати.
PP	Полипропилен (PP) — термопластичный полимер пропилена (пропена).
PVA	Поливиниловый спирт или «PVA-пластик» – уникальный расходный материал, существенно расширяющий возможности 3D-печати при использовании принтеров с двойным экструдером.
RUBBER	Эластичный полимер, из которого можно напечатать изделия, по свойствам практически идентичные резиновым.
SBS	Гибкий, прозрачный и безопасный материал, который отличается хорошей адгезией к покраске. Этот пластик легко обрабатывается и окрашивается, при этом получаются очень яркие и насыщенные цвета.
TPU	Термопластичный полиуретан (ТПУ) — это любой из класса полиуретановых пластиков, обладающих многими свойствами, включая эластичность, прозрачность и устойчивость к воздействию масла, жира и истиранию.
Ultra X	Инженерный пластик, предназначенный для изготовления прочных изделий и деталей, по свойствам не уступающих металлическим. Детали из этого пластика имеют высокую ударную и механическую прочность.
WAX	Пластик WAX или литьевой воск предназначен для изготовления выжигаемых моделей для литья. Напечатанная деталь заливается гипсом, а затем выплавляется из него.
WOOD	Это PLA, в который добавляют очень мелкие древесные опилки. В результате чего, изготовленные с применением данного пластика изделия получают фактуру древесины.
SAN	SAN-пластик (сополимер стирола и акрилонитрила) имеет аморфную структуру и относится к группе сополимеров стирола. Является прозрачным материалом (часто с желтоватым или голубоватым оттенком) со светопропусканием до 87%.
PPS	Полимер, обладающий высокой химической стойкостью и поверхностным сопротивлением ESD. Один из наиболее химически стойких термопластичных материалов. PPS нерастворим в любом известном растворителе при температуре до 200°C.
PMMA	Полиметилметакрилат. Это термопластичный материал, обладающий устойчивостью к царапинам и ударам, высокой прочностью на растяжение и изгиб, а также устойчивостью к ультрафиолетовому излучению.

Производители материалов для аддитивных технологий: об итогах и планах

Постоянное развитие аддитивных технологий и резкое сокращение зарубежной продукции на отечественном рынке поставили новые задачи перед отечественными производителями материалов для аддитивных технологий. Об итогах непростого 2022 года редакция попросила рассказать ведущих экспертов отрасли, задав вопросы:

– Какие тенденции развития отечественного рынка материалов для АТ вы можете отметить?
– Чем ознаменован для вашей компании 2022 год?
– Какую новую продукцию вы готовы предложить на рынок и в каком направлении ведутся исследования?

Алексей Филиппов, управляющий директор АО «ПОЛЕМА»

В текущем году наблюдается очередной всплеск интереса к импортозамещению материалов. Многие после февраля 2022 года были вынуждены отказаться от зарубежных поставок и обратиться к российским производителям. То же самое касается и порошковых материалов для аддитивных технологий. Конечно, никто не будет отрицать, что альтернатива у потребителей остается – это главным образом Китай. В то же время потребители начинают осознавать, что необходимо развивать отношения с отечественными производителями, совместно работать над освоением необходимых им материалов, которые ранее привозились только из-за границы. Также это связано и с популярностью такого направления, как реверс-инжиниринг. Многие компании, столкнувшиеся с нехваткой зарубежных комплектующих, обращаются в центры аддитивных технологий или институты для осуществления 3D-сканирования детали, определения материала, подготовки конструкторской документации для изготовления необходимой детали стандартными методами или модели для ее последующего изготовления при помощи 3D-печати.

Прошлый год стал для АО «ПОЛЕМА» достаточно насыщенным, в т.ч. из-за общего резкого роста спроса на порошковые материалы для наплавки (например, в стекольной отрасли), восстановленные материалы для нефтехимической промышленности и т.д. Также 2022 год показал дальнейший постепенный рост потребления материалов для АТ. Поэтому в планах предприятия увеличить парк оборудования для удовлетворения потребительского спроса. Наибольшей популярностью среди материалов для аддитивного производства продолжают пользоваться нержавеющие стали, жаропрочные сплавы на основе никеля, а также кобальтовые сплавы.

В 2022 году «ПОЛЕМА» активно работала совместно с партнерами в сфере АТ по освоению в 3D-печати бронзовых сплавов: ПР-БрХ и ПР-БрХЦр. Уже есть положительные отзывы от потребителей по их использованию. Также продолжаем взаимодействие с научными институтами и центрами АТ по применению высокоэнтропийных сплавов и тугоплавких металлов в аддитивном производстве. Планируем и дальше работать в данных направлениях, а также помогать потребителям в освоении новых востребованных материалов для АТ.

Илья Владимирович Кавелашвили, генеральный директор ООО «РусАТ»

На данный момент идет активная переориентация рынка материалов для аддитивных технологий на отечественных производителей. Российские предприятия различных отраслей промышленности применяют передовые материалы для создания сверхпрочных и легких конструкций, которые широко используются в машиностроении, медицине, атомной и ракетно-космической отраслях. В начале 2022 года на российском рынке были представлены 29 производителей материалов для аддитивных технологий, из них 15 производителей аддитивных порошков. В структуре порошков по количеству превалируют никелевые (около 41%) и из нержавеющей стали (40%). Наиболее популярные расходные материалы – нити (филаменты) изготавливают как из отечественного сырья, так и импортного. Российские производители наращивают мощности в области производства металлических порошков. Например, уже созданы мощности по производству алюминиевых порошков для 3D-печати. В дальнейшем рынок материалов для аддитивных технологий будет только расти.

В 2022 году ООО «РусАТ» запустило в эксплуатацию «Мобильный автоматизированный ремонтно-про-

изводственный аддитивный комплекс» (МАРПАК), который позволяет в ограниченном пространстве, без привязки к определенной локации осуществлять ремонт и производство пластиковых изделий. Проект имеет большие перспективы использования в рамках развития Северного морского пути и объектов инфраструктуры в районах Арктики и Дальнего Востока.

Особого внимания заслуживает один из первых центров аддитивных технологий Госкорпорации «Росатом» (ЦАТ). Уже напечатано более 100 единиц изделий по запросу заказчиков.

Разработана и изготовлена уникальная в России установка прямого лазерного выращивания (ПЛВ) с двумя синхронно работающими наплавочными системами на базе промышленных роботов-манипуляторов. Дальнейшее применение технологии ПЛВ позволит разрабатывать и изготавливать новые крупногабаритные конструкции для атомной отрасли.

Для нас важно максимально популяризировать аддитивные технологии, в том числе в среде молодых специалистов. Поэтому важным для нас стал опыт сотрудничества с образовательными учреждениями.

Мы планируем набирать обороты и следовать тем тенденциям, которые создает рынок, адаптируя аддитивные технологии под различные задачи. В первую очередь это мобильные решения, позволяющие максимально оперативно осуществлять печать и ремонт в самых труднодоступных местах, без привязки к централизованным локациям. Также планируется расширить зону присутствия Центра аддитивных технологий общего доступа в регионах России и за её пределами. ■

Соглашение

Правительство РФ и «Росатом» заключили соглашение о развитии высокотехнологичного направления «Технологии новых материалов и веществ».

Согласно документу до 2030 года планируется разработать почти сто новых продуктов по четырем направлениям: композиты, редкоземельные металлы, аддитивные технологии и цифровое материаловедение. Правительство обеспечит комплексную поддержку по всем этапам жизненного цикла новых продуктов. В свою очередь «Росатом» займется организацией исследований, обеспечением производства и привлечением внебюджетных инвестиций вместе с другими участниками.

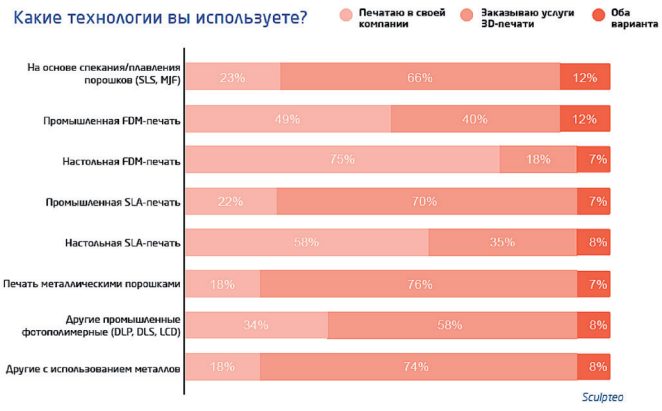
Аналогичные соглашения планируется также заключить с МГТУ имени Баумана и Новосибирским национальным исследовательским госуниверситетом. В целом заинтересованность в работе по дорожной карте уже обозначили более 90 крупных и малых компаний, научных институтов, вузов и профобъединений. Они готовы обеспечить свой вклад в формирование научно-технического задела. На выполнение всех мероприятий до 2030 года потребуется более 500 млрд рублей. Из них пятую часть должно выделить государство.

http://government.ru/

Выбор материалов и технологий

Согласно исследованию французской компании Sculpteo, лидера в области аддитивного и цифрового производства, при выборе материалов для 3D-печати, пользователи заинтересованы в точности, особых технических свойствах и экономичности. Более экологически безопасные материалы также важны для 81% пользователей.

Технологии промышленной 3D-печати, например, основанные на спекании или плавлении порошков (SLS, MJF), все чаще используются внутри компании; предприятия в полной мере осознают потенциал этих технологий и инвестируют в оборудование. Однако большинство компаний не владеет собственным оборудованием, а все еще заказывает 3D-печать пластиковых, фотополимерных и металлических деталей у подрядчиков.



https://blog.iqb.ru/

HARDLIGHT — производитель фотополимерных 3D-принтеров и специальных расходных материалов

Компания HardLight

HARDLIGHT — производитель фотополимерных 3D-принтеров и специальных расходных материалов, предназначенных для решения широкого спектра инженерных, медицинских, производственных, художественных и прочих задач. Наш приоритет — высокая точность и надёжность оборудования, использование передовых достижений электроники и органической химии, обеспечение качества расходных материалов, обучение и поддержка пользователей на всех этапах аддитивного производства.

В исследовательской лаборатории ведутся работы по повышению стабильности процесса 3D-печати, периодическому обновлению парка принтеров. Направленность на решение конкретных задач, большой опыт производственных и технологических разработок позволяют предлагать лучшие решения в своём классе для различных отраслей науки, производства и сферы услуг.

Представленный в нашем модельном ряде 3D-принтер SIRIUS XL BLACK PRO — лучший по совокупности показателей.

Это профессиональный специализированный среднеформатный фотополимерный 3D-принтер, работающий по принципу LCD-mask с экспозицией излучением 405 nm, разработанный для решения медицинских, стоматологических и инженерных задач. Full metal-корпус и элементы конструктива, прецизионная ШВП и термостабилизация рабочей камеры гарантируют длительный срок эксплуатации и высочайшую стабильность результата. Источник УФ-засветки нового поколения обеспечивает равномерность и отсутствие искажений на всей плоскости построения. Расширенный функционал настроек благодаря PRO-версии материнской платы, монохромный LCD-экран 10.1"8k с разрешением 7680×4320 пикселей. Размер пикселя 28,5 мкм позволяет выращивать объекты размерами до 218×123×250 мм с точностью 0,02 мм и высочайшей детализацией. К примеру, можно создать в реальном масштабе череп человека, полученный в результате КТ-исследования.

Рис. 1

Рис. 2

Помимо разработок оборудования и расходных материалов мы добиваемся получения идеального результата взаимодействием трёх составляющих: ПРИНТЕР + МАТЕРИАЛ + ТЕХНОЛОГИЯ. Для реальных кейсов применения мы создаём технологии работы с нашими продуктами.

HARDLIGHT предлагает выжигаемый фотополимер (рис. 1) и технологию работы с ним для создания металлических протезов. Выгорание материала происходит без остаточной зольности, обеспечивая идеальную посадку и поверхность высокого качества.

Напечатанное из материала Dental Cast изделие может использоваться вместо восковых заготовок в стандартном цикле литья медицинскими сплавами. Применение технологии позволяет ускорить получение моделей и экономнее расходовать материал, а моделирование в CAD-системах повышает точность изделий.

Ещё одна разработка, нашедшая применение в стоматологии, — жидкая керамика К001 и К002 (рис. 2), обладающие прекрасными прочностными характеристиками.

Керамические мастер-модели челюстей и костей используются в обучении студентов. Сверление и резка элементов не приводит к засорению инструмента, наплавке и налипанию в процессе работы.

Благодаря совокупности ПРИНТЕР + МАТЕРИАЛ + ТЕХНОЛОГИЯ К002 позволяет изготавливать изделия высочайшей точности и прочности, например, для производства лабораторного оборудования и инвентаря.

Рис. 3

Склонность фотополимеров к усадочным поводкам снижает качество и может привести к браку моделей вследствие отклонения базовых плоскостей. Например, при изготовлении ортодонтических элайнеров этот дефект ухудшает посадку финишного изделия. Искажения могут усилиться во время температурного воздействия, автоклавирования или термоформования.

Семилетний опыт изготовления элайнеров позволил нашим инженерам учесть пожелания практикующих специалистов: был разработан фотополимер СТ01, практически лишённый усадки и поводок при постобработке и термоформовке.

Комплекс ПРИНТЕР + МАТЕРИАЛ + ТЕХНОЛОГИЯ позволяет изготавливать элайнеры идеальной точности и прозрачности (рис. 3).

На основе запросов по решению практических задач мы создаём материалы с уникальными свойствами. Так, на финальном этапе разработки находится технология печати диоксидом циркона. Готовые модели после выжигания полимерной основы и спекания керамики не уступают в эстетических и прочностных показателях зубным протезам, фрезерованным из циркониевых пластин, но обеспечивают лучшую себестоимость, время производства и доступность для зубных мастерских.

Наши преимущества

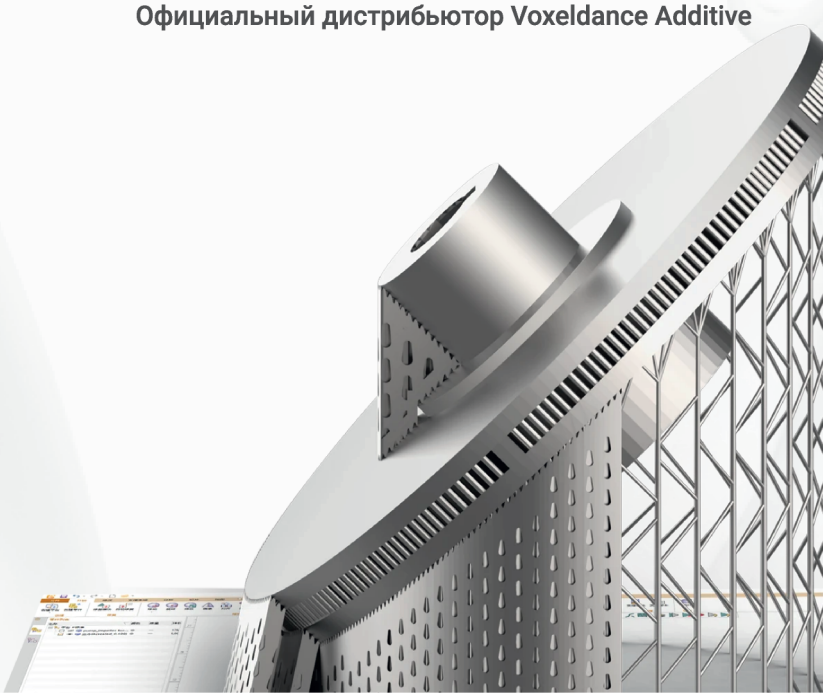
- Коллектив HARDLIGHT объединил специалистов с более чем десятилетним опытом работы в производственной сфере, занимающихся НИОКР, разработками собственных технологий и методик.
- Собственная химическая и радиоэлектронная лаборатория.
- Учебный класс.
- Сервисный центр по обслуживанию оборудования. ■

Компания HardLight
+7 (499) 350-00-86 Москва
+7 (812) 309-40-27 Санкт-Петербург
https://hardlight.info
info@hardlight.info

VOXEL DANCE

INFOCUS
Innovations in focus

Официальный дистрибьютор Voxeldance Additive



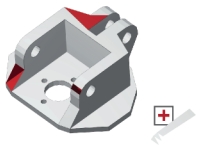
Voxeldance Additive

Программное обеспечение для технологической подготовки к 3D-печати

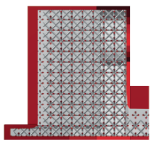
(SLM, DMLS, SLS, SLA, DLP/LCD)

Процесс подготовки данных в Voxeldance Additive

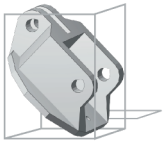
Импорт CAD



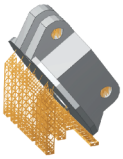
Исправление ошибок



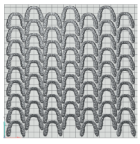
Редактирование



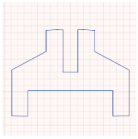
Ориентация



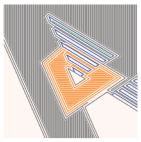
Моделирование поддержек



Автоматическая компоновка



Слайсинг



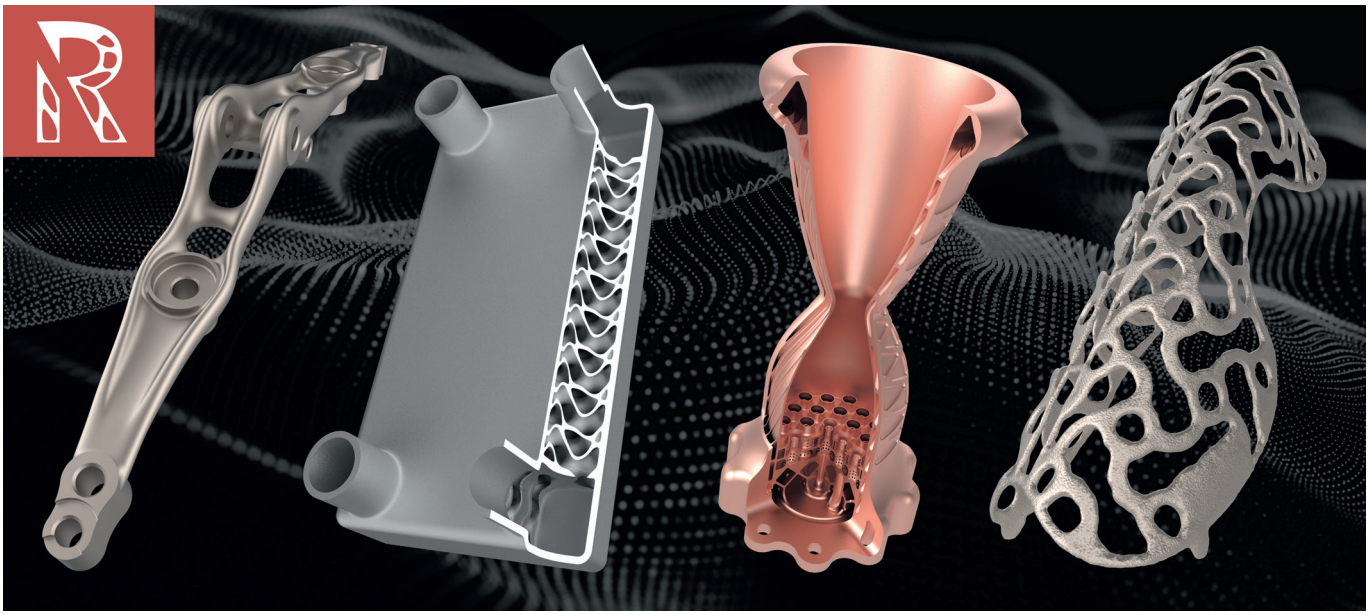
Задание траектории сканирования

Почему Voxeldance Additive?

- Удобное и функциональное ПО по более доступной цене
- Все необходимые модули собраны в одном решении. Пользователь может выполнить все этапы подготовки файла к печати в одном программном обеспечении.
- Продуманная система модулей. Алгоритм системы оптимизирован так, чтобы моментально обрабатывать сложные массивы данных.

Для заказа тестовой лицензии обратитесь к официальному дистрибьютору Voxeldance в РФ – ИННФОКУС

in@infcs.ru
8 800 222 77 59
voxeldance-russia.ru



Передовой инжиниринг для аддитивного производства

ООО «КБ РЭДИТИВ»

2023 год ставит перед российской промышленностью беспрецедентные вызовы. Предприятиям необходимо как можно быстрее разрабатывать и внедрять уникальные изделия для выполнения поставленных задач и планов. Аддитивные технологии занимают одну из ключевых позиций в достижении этой цели. Многократное увеличение запросов на инжиниринг и аддитивное производство от индустрии подтверждает это.

Адаптируясь к новым условиям и потребностям промышленности, ООО «ИННФОКУС» создало дочернюю компанию — конструкторское бюро «РЭДИТИВ». Объединив многолетний опыт лучших специалистов аддитивного производства, мы разработали уникальные подходы к проектированию и IT-решения. Все это легло в основу REDITIVE© — методики аддитивного инжиниринга полного цикла.

Основная идея методики заключается в поэтапном внедрении технологий: от постановки задачи, анализа номенклатуры деталей и их оптимизации до опытного изготовления, организации собственного аддитивного производства или распределенной системы подрядчиков.

В этой статье мы хотим подробно рассказать об аддитивном инжиниринге в КБ «РЭДИТИВ», разрабатываемом программном обеспечении и реализуемых проектах.

Аддитивный инжиниринг REDITIVE©

Предварительный анализ, проектирование, технологическая подготовка и аддитивное производство изделий являются связанными процессами. Оптимальный результат получается в том случае, когда все этапы реализуются командой профессионалов в единой эффективной системе. КБ «РЭДИТИВ» разработало и внедрило такую систему в своей ежедневной работе. Аддитивный инжиниринг REDITIVE© состоит из семи этапов:

- технико-экономический анализ аддитивного производства в REDITIVE.ASSISTANT©;
- реверс-инжиниринг и обратное проектирование;
- аддитивное проектирование и оптимизация;
- технологическая подготовка и компенсация технологических деформаций в REDITIVE. COMPENSATION©;

- обучение и консалтинг;
- опытное производство;
- проектирование производственных участков и внедрение аддитивных технологий.

Эту последовательность, или какой-то отдельный этап можно использовать при решении широкого спектра прикладных задач в машиностроении, медицине и образовании.

Технико-экономический анализ REDITIVE.ASSISTANT©

Все начинается с анализа номенклатуры деталей для определения целесообразности их изготовления методами 3D-печати. Основными определяющими факторами здесь являются: габариты, материал, количество, геометрия деталей и стоимость их изготовления. Подготовленный специалист может определить эти параметры для одного изделия за несколько минут. Но ручной анализ тысяч деталей уже представляет определенные трудности, а в жестких временных рамках невозможен.

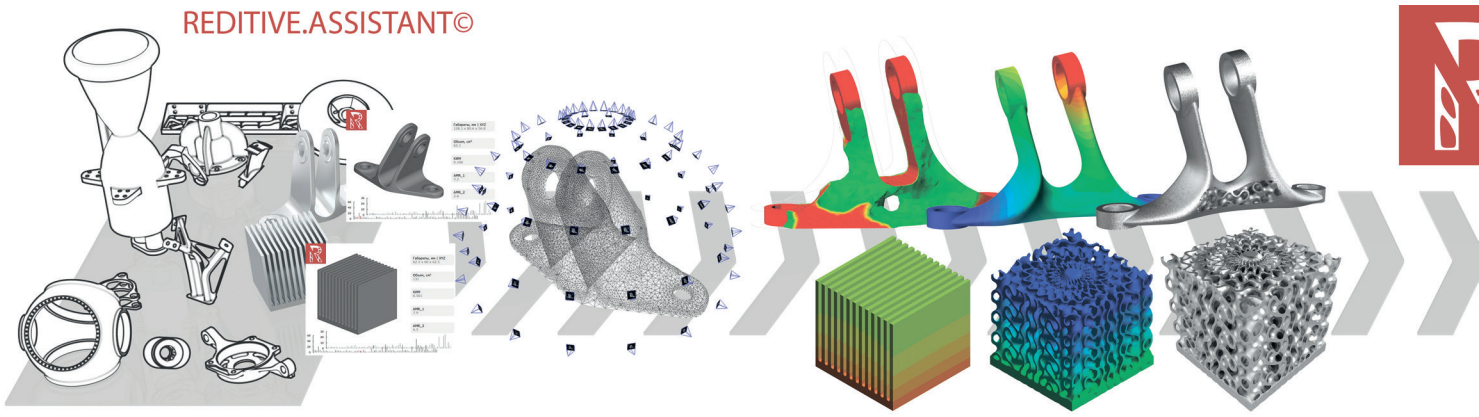
Для решения этой проблемы КБ «РЭДИТИВ» разработало специальное программное обеспечение для технико-экономического анализа аддитивного производства. REDITIVE.ASSISTANT© позволяет в автоматическом режиме, с минимальным участием пользователя вычислить ключевые технологические и экономические параметры деталей, а также определить эффективность использования аддитивного производства. В качестве исходных данных для работы программы требуются 3D-модели деталей и спецификация материалов, которые могут быть выгружены из PLM-систем.

Тестирование и обучение REDITIVE.ASSISTANT© осуществлялось на базе данных из 200 различных деталей общим объемом 7 Gb, а время обработки данных составило 4 минуты. По результатам анализа были выделены наиболее перспективные детали для полимерной и металлической 3D-печати, а также рекомендуемые размеры области построения и тип аддитивных установок (FFF, SLA, SLS, BJ, SLM, DED-W).

REDITIVE.ASSISTANT© не заменяет технического специалиста, но помогает ему увидеть общую картину и сфокусировать дальнейшее проектирование и технологическую подготовку на наиболее перспективных деталях.

Реверс-инжиниринг

В сложившейся ситуации дефицита импортных комплектующих реверс-инжиниринг является важнейшим инструментом для их изготовления собственными силами. При помощи 3D-сканирования или компьютерной томографии воссоздается промежуточная компьютерная модель реального объекта в фасетном формате (STL), а анализ ее конструкции, химического состава и микроструктуры материала позволяет определить технологию ее производства. Полученная фасетная модель используется в качестве основы для построения твердотельной CAD-модели в стандартном граничном представлении (BREP).



В процессе реверс-инжиниринга исходную конструкцию можно улучшить при помощи инженерного анализа и топологической оптимизации. По завершении проектирования восстанавливаемых деталей переходят к их производству. В условиях сжатых сроков и при небольших производственных партиях эти детали можно изготовить по аддитивной технологии в течение нескольких дней.

КБ «РЭДИТИВ» имеет большой опыт реверс-инжиниринга, включая проекты, где требовалось только 3D-сканирование, а также более сложные задачи, где требовался полный цикл услуг. Эти проекты включали в себя анализ материалов, проектирование CAD-моделей, технологическую подготовку и их изготовление аддитивными методами. Общий портфель проектов по

реверс-инжинирингу насчитывает более 250 различных деталей и узлов.

При реализации этих проектов КБ «РЭДИТИВ» использовало собственные оптические измерительные системы, а также компьютерные томографы, 3D-сканеры и лабораторное оборудование наших партнеров.

Аддитивное проектирование

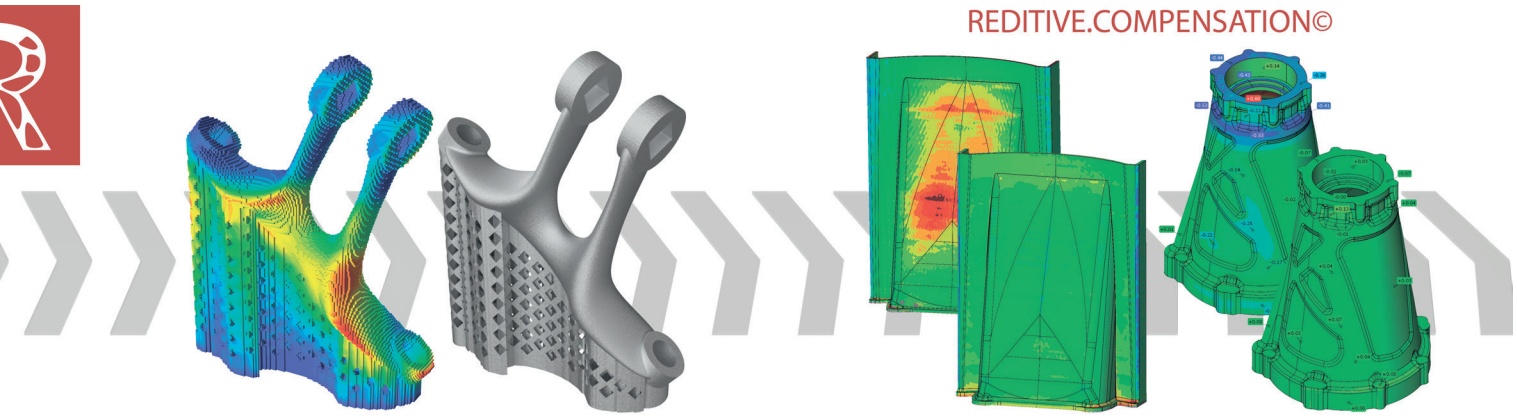
Для максимальной реализации технологических возможностей аддитивного производства необходимо использовать современные подходы к проектированию. Изготовление детали по слоям, на основе компьютерной модели позволяет внедрять в ее конструкцию ранее неосуществимые геометрические элементы, например, сложную систему внутренних каналов и полостей, бионические силовые элементы, объемное и поверхностное заполнение ячеистыми структурами.

Аддитивное проектирование включает в себя специальные методы построения CAD-моделей, а также последующие расчеты и оптимизацию. Благодаря инженерному анализу и топологической оптимизации можно определить и улучшить ключевые характеристики изделия. Внедрение в деталь ячеистых структур позволяет получить уникальные геометрические и физико-механические свойства деталей: высокое отношение прочности и устойчивости конструкции к ее массе, проницаемость и различные схемы теплообмена, ударопоглощение, фильтрация, остеоинтеграция.

КБ «РЭДИТИВ» выполняет работы по проектированию деталей и заготовок различными методами, включая твердотельное и полигональное построение, алгоритмическое и функциональное моделирование для создания управляемых периодических элементов и ячеистых структур. На данный момент мы выполнили более 10 проектов по инженерному анализу и топологической оптимизации сверхлегких несущих конструкций, а общее количество оптимизированных деталей составляет более 50. Отрабатывается топологическая оптимизация тепломассопереноса и гидрогазодинамики на тестовых задачах и демонстрационных кейсах. В направлении исследований метаматериалов (ячеистых/сетчатых структур) мы определили более 400 эффективных механических, теплофизических и гидравлических характеристик для различных типов ячеек и материалов, а также разработали методы проектирования и расчетов деталей на их основе.

Технологическая подготовка REDITIVE.COMPENSATION©

После завершения проектирования наступает этап подготовки к аддитивному производству, где создается 3D-модель заготовки, поддерживающие структуры и другие технологические элементы. Для металлической 3D-печати выполняется математическое моделирование технологического процесса с целью прогнозирования и предотвращения дефектов при изготовлении.



ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА

КОМПЕНСАЦИЯ КОРОБЛЕНИЙ

КБ «РЭДИТИВ» выполняет подготовку данных для нескольких технологий 3D-печати (FFF, SLA, SLS, MJ, BJ, SLM и DED-W), включая подбор ориентации заготовок в камере построения, создание поддерживающих структур и слайсинг. Мы также имеем успешный опыт моделирования технологического процесса SLM более чем на 10 деталях. В ходе этих работ была подобрана ориентация заготовок с минимальным риском возникновения дефектов и высоких короблений, после чего была выполнена компенсация технологических деформаций. Полученные результаты расчетов качественно совпадали с реальными короблениями заготовок, но были недостаточно точными в некоторых случаях. Это объясняется ограничениями численных методов анализа SLM-процесса, основанных на подходе собственных технологических деформаций (Inherent Strain) или многоуровневом моделировании.

Для решения проблемы высоких короблений формы деталей в процессе аддитивного производства КБ «РЭДИТИВ» разработало собственное программное обеспечение для компенсации технологических деформаций. REDITIVE.COMPENSATION© создает компенсированную заготовку на основе анализа загруженных данных 3D-сканирования или компьютерной томографии в формате STL. Эффективность и точность данного подхода была подтверждена в 5 проектах на 20 деталях, изготовленных по технологии SLM и DED-W.

REDITIVE.COMPENSATION© показывает стабильный результат по снижению искажений формы при SLM 3D-печати более чем в 3 раза, до максимального отклонения в ±0,3 мм по сравнению с номинальной моделью на габаритах заготовки от 200 мм до 400 мм.

Обучение и консалтинг

Важнейшим этапом внедрения аддитивных технологий является обучение персонала и консалтинг, который позволяет максимально быстро перейти к эффективному решению прикладных задач и производству. Для осуществления этого КБ «РЭДИТИВ» разработало собственный курс обучения, включающий следующие темы:

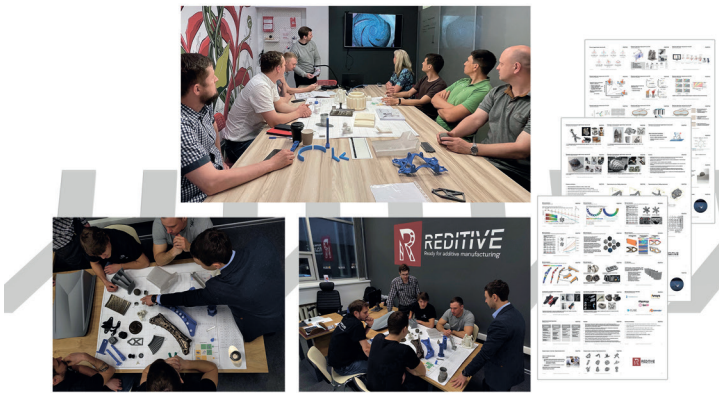
- основные технологии аддитивного производства и примеры их использования;
- аддитивное проектирование (инженерный анализ, топологическая оптимизация и метаматериалы);
- технологическая подготовка SLS/SLM-процесса;
- математическое моделирование аддитивных технологических процессов.

Данный курс или его отдельные темы использовались в трех крупных проектах внедрения аддитивных технологий на предприятиях российской аэрокосмической отрасли. Обучение проходило с демонстрацией различных деталей и заготовок, полученных 3D-печатью, а также с практическими заданиями, ориентированными на решение ключевых задач заказчика. Программа обучения КБ «РЭДИТИВ» регулярно дополняется результатами прикладных исследований и кейсами успешно выполненных проектов.

Опытное производство

Опытное, или заказное производство помогает компаниям проверить эффективность аддитивных технологий без приобретения дорогостоящих установок 3D-печати и вспомогательного оборудования. Предварительное проектирование деталей, их технологическая подготовка, отработка режимов 3D-печати и опытное изготовление позволяют компаниям в кратчайшие сроки перейти к производству деталей сразу после пусконаладочных работ собственных аддитивных установок.

КБ «РЭДИТИВ» в кооперации с ООО «ИННФОКУС» и другими ведущими аддитивными производствами России изготовило и поставило более 1000 полимерных и металлических деталей нашим заказчикам. При реализации этих проектов мы использовали собственное оборудование для прототипирования (FFF, SLA) и производства высокоточных выплавляемых моделей (MJ), а также установки 3D-печати (SLS, BJ, SLM, DED-W) наших партнеров.



ОБУЧЕНИЕ И КОНСАЛТИНГ

ОПЫТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Внедрение технологий

Все предыдущие этапы инжиниринга REDITIVE© были подготовительными действиями перед созданием эффективного аддитивного производства заказчика. При помощи REDITIVE.ASSISTANT© отбираются наиболее перспективные детали для аддитивного производства. Использование реверс-инжиниринга и аддитивного проектирования позволяет воссоздать или адаптировать исходные детали к 3D-печати, а также улучшить их ключевые характеристики. Технологиче-

ская подготовка, математическое моделирование процессов 3D-печати и REDITIVE.COMPENSATION© минимизируют риски возникновения дефектов, снижают стоимость аддитивного производства и увеличивают точность изготавливаемых деталей. Консалтинг, обучение персонала и заказная 3D-печать деталей-демонстраторов обеспечивают быстрый старт собственного аддитивного производства.

Сотрудничество КБ «РЭДИТИВ» с ведущими российскими производителями аддитивного оборудования (F2 innovations, xWeld, Onsint, Robotech, «Лазерные системы») и поставщиками (ООО «ИННФОКУС») позволяет нам выбрать оптимальный набор оборудования для решения производственных задач заказчика и создать концепцию или проект будущего участка аддитивных технологий.

Проекты КБ «РЭДИТИВ» и ООО «ИННФОКУС»

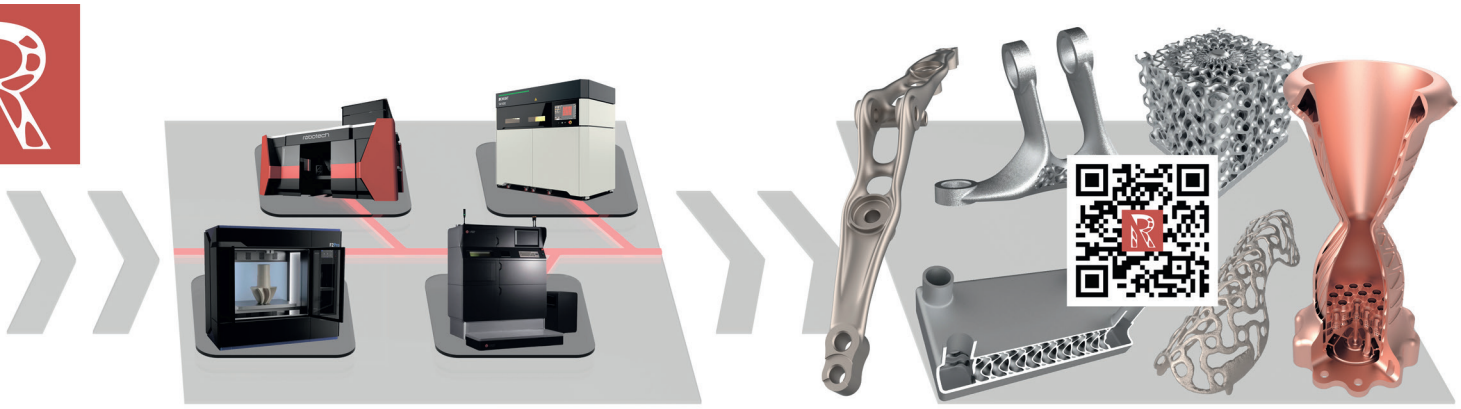
Инжиниринг полного цикла REDITIVE© и его основные инструменты использовались в десятках крупных проектов по внедрению аддитивных технологий. Далее мы расскажем о нескольких наиболее интересных и показательных из них.

Первый проект был реализован для компании оборонной промышленности. На начальном этапе из 50 деталей, предоставленных для технико-экономического анализа, были отобраны четыре для дальнейшего проектирования и изготовления. С помощью аддитивного проектирования, топологической оптимизации и внедрения метаматериалов их масса была снижена на 10—25%, а себестоимость изготовления стала меньше в два раза по сравнению с исходной. После чего было изготовлено 9 деталей по технологии SLM из алюминиевого и титанового сплава. Завершающим этапом стало двухдневное обучение технических специалистов заказчика.

Второй проект заключался в топологической оптимизации, технологической подготовке и изготовлении деталей вертолетного редуктора. В ходе работы было оптимизировано 20 деталей, где показатель снижения массы составил от 10 до 50%. С помощью REDITIVE. COMPENSATION©, технологические деформации на одной опытной детали были снижены с 0,6 мм до 0,1 мм при габаритах заготовки в 250 мм.

В третьем проекте мы спроектировали и поставили более десяти крупногабаритных стальных и титановых заготовок, изготовленных технологией проволочной наплавки (xWeld). При изготовлении первых деталей мы столкнулись с высокими технологическими деформациями, но благодаря REDITIVE.COMPENSATION© коробления заготовок в последующих запусках были снижены с 10 мм до 2 мм (габарит заготовки 900 мм), что укладывалось в заданный технологический припуск для механической обработки.

Четвертый проект — компенсация технологических деформаций лопаток перспективного авиационного двигателя, изготавливаемых по технологии SLM в одном из ведущих российских ЦАТ. По результатам проекта для 10 различных деталей были снижены максимальные коробления более чем в несколько раз до допустимого значения ±0,3 мм.



ВНЕДРЕНИЕ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Заключение

В этой статье мы кратко рассказали о разработках КБ «РЭДИТИВ», описали наши компетенции и богатый опыт. Приглашаем предприятия к сотрудничеству для совместной реализации проектов по использованию и внедрению аддитивных технологий. ■

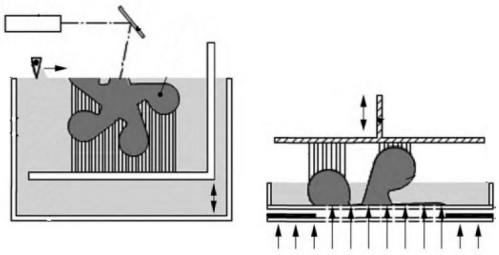
Контакты
ООО "КБ РЭДИТИВ"
Тел.: 8 (800) 600-1-678
E-mail: in@reditive.ru
www.reditive.ru | www.infcs.ru

Постобработка поверхности напечатанных из пластика изделий

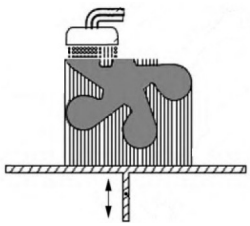
Д.Р. Агзамова, П.А. Петров, Б.Ю. Сапрыкин
Московский политехнический университет, кафедра «Обработка материалов давлением и аддитивные технологии», petrov_p@mail.ru

Постобработка — комплекс операций по обработке изделия, изготовленного путем аддитивной технологии, для придания ему необходимых свойств, входящий в многошаговый (многоэтапный) процесс (ГОСТ Р 57911-2017). В базовом варианте постобработка сводится к удалению с поверхности изделия поддерживающих структур и её очистке от материала, не использованного в процессе получения изделия аддитивным методом. Последнее является характерным для аддитивных технологических процессов, относящихся к категориям: фотополимеризация в ванне, струйное нанесение материала либо струйное нанесение связующего (рис. 1). При необходимости в постобработку включаются дополнительные операции для придания определенных свойств изделию в соответствии с требованиями (ГОСТ Р 57586-2017), установленными в конструкторской документации, техническом задании либо техническом условии. Например, требования относят к внешнему виду изделия, его геометрическим размерам (их предельным отклонениям), пористости, механическим свойствам (предел текучести, временное сопротивление) и т.п. Шероховатость (ГОСТ 2789-73) является следствием технологической обработки поверхности материала изделия и относится к микрогеометрии твердого тела; определяет его важнейшие эксплуатационные свойства, в том числе внешний вид и предельные отклонения геометрических размеров.

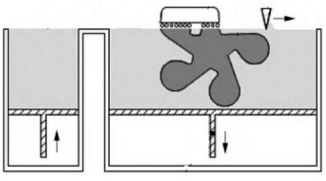
Рис. 1. Категории аддитивных процессов (ГОСТ Р 57589-2017), в которых на поверхности изделия остается материал, удаляемый при пост-обработке



а) фотополимеризация в ванне



б) струйное нанесение материала



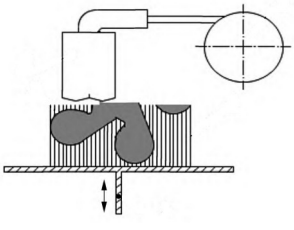
в) струйное нанесение связующего

В данной статье изучается вопрос об изменении шероховатости поверхности изделия, полученного по экструзионной аддитивной технологии, на этапе его постобработки и сопоставление результатов с известными классами точности.

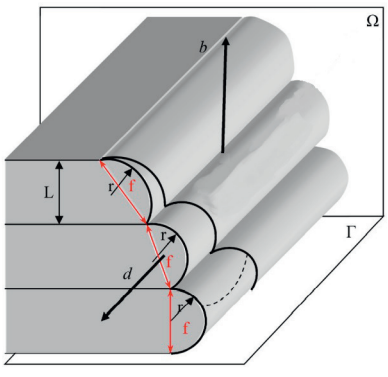
Типовая поверхность изделия, полученного по экструзионной технологии, показана на рис. 2 [1]. Боковая поверхность слоя, имеющего толщину L, характеризуется радиусом (r) и величиной хорды (f). Форма боковой поверхности формируется в процессе послойной экструзии материала. Понятие «шероховатость поверхности изделия» в данном случае является условностью и представляет собой чередование боковых поверхностей каждого слоя, имеющих размер r_i и f_i (рис. 2), в направлении b, т.е. в направлении увеличения высоты изделия. Каждый слой имеет свое направление (d) формирования в плоскости Г, совпадающей с плоскостью рабочей платформы 3D-принтера; плоскость Ω — плоскость измерения значения шероховатости. Необходимость введения в технологический процесс постобработки поверхности полученного изделия определяется требованиями по ГОСТ Р 57586-2017.

Достаточно подробная классификация способов постобработки, применимых для обработки изделий из термопластичных полимерных материалов, полученных

Рис. 2. Особенности экструзионной 3D-печати



а) схема экструзии материала (ГОСТ Р 57589-2017)



б) профиль «шероховатости» на поверхности изделия [1]

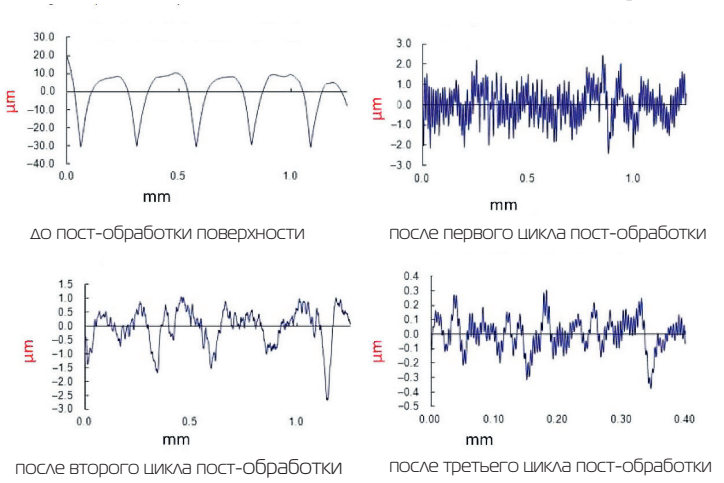
экструзионной технологией, представлена в работе Чохан, Дж. С. и Сингх, Р. [2] (рис. 3). Выделены два вида постобработки поверхности: механическая и химическая. Главное преимущество химической постобработки — минимизация контакта с поверхностью, за счет чего обеспечивается лучшее качество изделий, их геометрические размеры, внешний вид и шероховатость поверхности.

Применительно к изделиям из термопластичных полимерных материалов в [2] детально исследуется способ обработки поверхности паром (vapour smoothing) с применением специализированного запатентованного устройства [3, 4] Finishing Touch Smoothing Station компании Stratasys Inc. Применение постобработки паром снижает шероховатость с значения Ra = 9,048±0,0167 μм (до выполнения обработки; 4 класс шероховатости) до значения Ra = 0,312±0,0113 μм (9 класс шероховатости поверхности), наблюдаемого после трех циклов постобработки паром. Образцы для проведения постобработки были изготовлены по экструзионной технологии 3D-печати с толщиной слоя 0,254 мм [2].

Общая длительность обработки (три цикла) — 90 секунд: потеря веса образца составила 1,2%.

Устройство Finishing Touch Smoothing Station является не единственным оборудованием, использующим обработку паром (vapour smoothing) либо его частный случай — аэрозольное распыление растворителя. Выбор растворителя определяется типом обрабатываемого материала. В таблице 1 приведено несколько примеров оборудования для аэрозольной обработки поверхности пластиковых изделий, изготовленных по экструзионной технологии.

Рис. 4. Профилограммы поверхности образцов АБС-пластика до и после пост-обработки



Исследования авторов данной статьи по влиянию постобработки на шероховатость поверхности образцов пластика ПЭТГ (полиэтилентерефталатгликоль, рис. 5) показали результаты, аналогичные тем, что представлены на рис. 4. Для проведения исследования были изготовлены образцы из композиции прозрачного пластика ПЭТГ (характеристики представлены в таблице 2; настройки 3D-печати — в таблице 3).

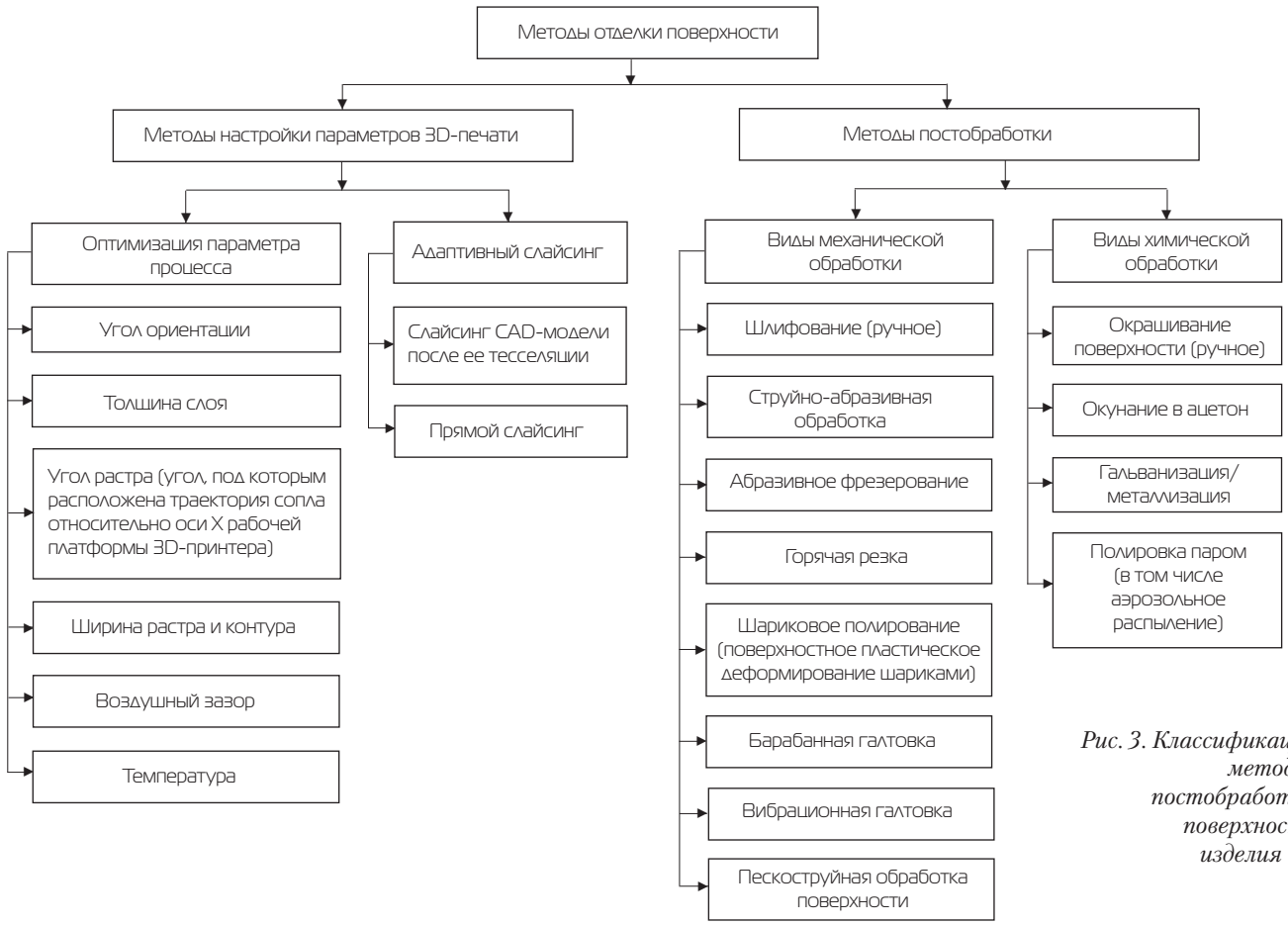
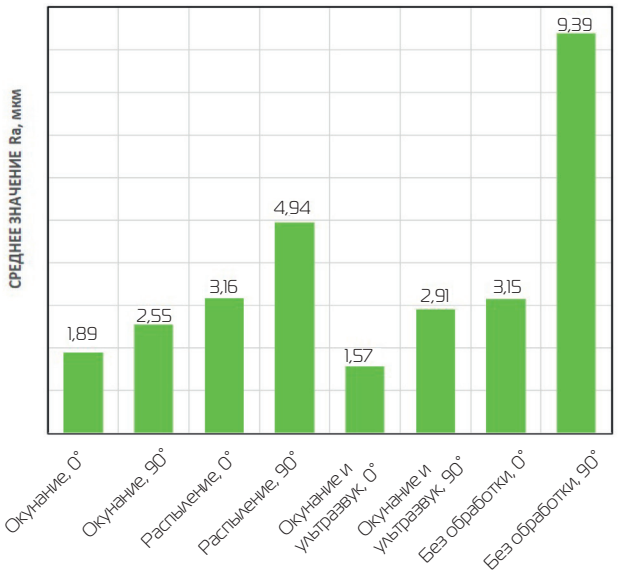


Рис. 3. Классификация методов постобработки поверхности изделия [2]

Рис. 5. Зависимость Ra вида постобработки поверхности образца пластика ПЭТГ



Эксперименты проводили с применением оборудования HOMMEL-ETAMIC T8000 (в центре коллективного пользования «Наукоемкие технологии в машиностроении», https://ckp-rf.ru/ckp/95500/), которое непосредственно определяет шероховатость и профиль поверхности. Шероховатость (Ra) поверхности определялась на четырех видах образцов: без постобработки и после ее проведения. Постобработка выполнялась по схеме: 1) окунания (dipping) образца в реагент, 2) окунания в реагент и приложения к образцу ультразвука; 3) аэрозольного распыления реагента. На рис. 5 представлены результатов измерения показателя Ra.

В целом, для пластика ПЭТГ наблюдается снижение значения Ra примерно от 2 до 3,7 раза в зависимости от вида постобработки и ориентации образца при

Таблица 3. Настройки 3D-принтера, реализующего экструзионную технологию 3D-печати

Параметр	Значение
Размеры образца в плоскости рабочей платформы 3D-принтера, мм	8×34
Температура сопла, °С	215
Температура рабочего стола, °С	70
Температура окружающей среды в рабочей камере, °С	46
Диаметр сопла, мм	0,4
Ширина линии, $t_{ст}$, мм	0,4
Толщина слоя, $t_{сл}$, мм	0,1
Толщина стенки (оболочки), мм	0,8
Обдув	100%
Ретракт	да
Плотность заполнения, %	100
Стиль заполнения	concentric
Поддержки	нет

3D-печати на рабочей платформе 3D-принтера: 0° или 90° и толщиной слоя 0,1 мм. Показатель Ra исходных образцов имеет значение 3,15 и 9,39 мкм, что отвечает 5 и 4 классам шероховатости поверхности. Постобработка повышает класс шероховатости на 1–2 единицы. При этом постобработка в каждом из рассмотренных случаев проводилась в течение 10 с за один цикл.

После постобработки по технологии окунания, шероховатость образцов, напечатанных под углом ориентации 0°, составляет порядка 1,89 мкм. Лабораторные образцы, напечатанные под углом 90° и обработанные также по технологии окунания, показали шероховатость поверхности порядка 2,55 мкм. Полученные значения

Таблица 1. Пример оборудования для постобработки пластика

Наименование устройства	Способ обработки	Время обработки	Обрабатываемые материалы
Polymaker Polisher	аэрозольная обработка	20–40 мин	пластик на основе поливинилбутираля (PVB)
Sky Tech MagicBox	аэрозольная обработка/пар	ручное управление циклом обработки	ABS, ABS+, PLA, HIPS, PVA, PC, PA, POM, PETG
Form Wash Formlabs	обработка окунанием (dipping)	автоматизированный процесс обработки	фотополимерный материал для технологии SLA, DLP, LCD
Crystal [5]	аэрозольная обработка/пар	ручное управление циклом обработки	ABS, PLA, SBS

Таблица 2. Характеристики материала композиции ПЭТГ

Температура стеклования (средняя), °С	Температура начала теплового процесса (предполагаемой кристаллизации), °С	Коэффициент пропускания света при толщине слоя 0,6 мм		Коэффициент пропускания света при толщине слоя 1,2 мм		Предел прочности, МПа		Относительное удлинение, %	
		ориентация образца при 3D-печати на рабочей платформе 3D-принтера							
		0°	90°	0°	90°	0°	90°	0°	90°
71,26	127	20,75	9,90	11,29	5,68	52,85	58,55	0,00	5,10

показателя Ra соответствуют 6 классу шероховатости поверхности. Аналогичные результаты получаются в случае постобработки по технологии окунания и ультразвукового воздействия на поверхность образца — 1,57 и 2,91 мкм (рис. 5), что соответствует 6 и 5 классу шероховатости.

Образцы, поверхность которых подвергалась обработке путем аэрозольного распыления, а угол ориентации был 0° либо 90°, имеют практически одинаковое значение параметра Ra: 3,16 и 4,94 мкм, соответственно. Данные значения Ra относят к 5 классу шероховатости поверхности.

Выводы

Выполненные натурные эксперименты показывают взаимосвязь между шероховатостью поверхности пластикового изделия, изготовленного по экструзионной аддитивной технологии, ориентацией образца на рабочей платформе 3D-принтера и видом постобработки (рис. 4 и 5). Кратковременная постобработка пластика ПЭТГ за один цикл позволяет улучшить качество поверхности и повысить класс шероховатости на 1–2 единицы (рис. 5). Так, например, класс шероховатости поверхности обработанных образцов соответствует 5 (аэрозольное распыление; окунание с ультразвуком для образцов, напечатанных под углом ориентации 90°) и 6 (окунание; окунание с ультразвуком для образцов, напечатанных под углом ориентации 0°).

В случае АБС-пластика длительная постобработка (90 с по данным работы [3]) обеспечивает достижение 9 класса шероховатости поверхности. ■

Литература

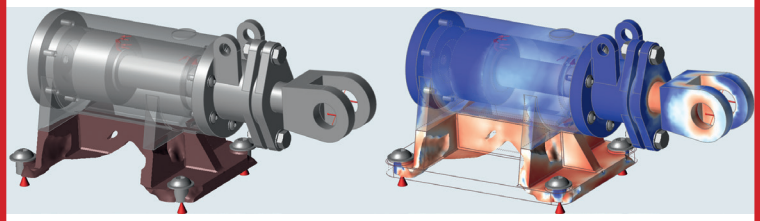
1. Boschetto, Alberto and Luana Bottini. Surface Characterization in Fused Deposition Modeling. Surface Engineering Techniques and Applications: Research Advancements, edited by Loredana Santo and J. Paulo Davim, IGI Global. 2014. Pp. 249–280. https://doi.org/10.4018/978-1-4666-5141-8.ch008.
2. Chohan, J.S. and Singh, R. Pre and post processing techniques to improve surface characteristics of FDM parts: a state of art review and future applications. Rapid Prototyping Journal. 2017. Vol. 23 №. 3. Pp. 495–513. https://doi.org/10.1108/RPJ-05-2015-0059.
3. Espalin, D., Medina, F., Arcaute, K., Zinniel, B., Hoppe, T. and Wicker, R. Effects of vapor smoothing on abs part dimensions, Proceedings of Rapid. 2009. Conference & Exposition, Schaumburg. 12–14 May. Pp. 1–17.
4. Zinniel, R.L. Vapor smoothing surface finishing system. United States Patent US8075300B2, available at: www.google.com/patents/US8075300.
5. 3Dtool. Прибор для обработки полимерных изделий CRYSTAL. [Электронный документ] — Режим доступа: https://3dtool.ru/product/pribor-dlya-obrabotki-polimernyx-izdelij-crystal/.

московский политех

Кафедра «Обработка материалов давлением и аддитивные технологии» Московского политехнического университета специализируется на компьютерном проектировании технологии и создании её цифрового двойника (digital twin). Задача специализации — получение наилучшего совпадения результатов моделирования с результатами натурных экспериментов. В своей работе сотрудниками кафедры применяется современное программное обеспечение, такое как «Т-Флекс», Inventor, QForm, AutoForm, Pam-Stamp, Altair HyperWorks, solidThinking Inspire, MatLab, Abaqus, Comsol и другое.

ОСНОВНЫМИ НАПРАВЛЕНИЯМИ ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТОК КАФЕДРЫ ЯВЛЯЮТСЯ:

- исследование технологических свойств материалов для аддитивных технологий и выбор термомеханических режимов 3D-печати;
- разработка технологий и оборудования для аддитивного производства;
- обратный инжиниринг и топологическая оптимизация для решения задач обработки давлением и аддитивного производства;
- листовая и объёмная штамповка, прокатка — разработка, исследование, внедрение технологий на опытное или серийное производство;
- разработка, исследование, внедрение технологий изготовления метизных и крепежных изделий;



- специальные процессы штамповки: изотермическая штамповка и штамповка с кручением чёрных и цветных сплавов;
- повышение стойкости штамповой оснастки и кузнечно-штамповочное оборудование;
- разработка моделей материалов для компьютерного моделирования технологий обработки давлением.

КАФЕДРОЙ ВЕДЁТСЯ ПОДГОТОВКА КАДРОВ ПО СЛЕДУЮЩИМ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМ ПРОГРАММАМ:

- «Машины и технологии обработки материалов давлением» (очное, бакалавриат, 15.03.01 Машиностроение);
- «Аддитивные технологии» (очное, бакалавриат, 27.03.05 Инноватика);
- «Цифровые технологии аддитивного производства и обработки давлением» (очное, магистратура, 15.04.01 Машиностроение).

Контактная информация:
115280, г. Москва,
ул. Автозаводская, д. 16
Тел.: +7/495/ 223-05-23, доб. 2344,
e-mail: omd.at@mospolytech.ru

Сайт: https://old.mospolytech.ru/index.php?id=883

Изготовление перископов для милиции ЛНР и ДНР. Производственные затраты

Дмитрий Анатольевич Лукашенко, учитель математики школы № 7 г. Долгопрудного
Евгений Александрович Прокофьев, генеральный директор ООО «М-сервис», тел. +7-915-202-10-67

Продолжая тему практического применения аддитивных технологий в школе, хочу рассказать о нашей работе в этой сфере.

Поиски путей загрузки участка вскоре дали результат. В школе сейчас освоено производство траншейных перископов, которые мы передаем для бойцов частей ДНР и ЛНР (рис. 1).

Эти перископы реально спасают жизни бойцов на переднем крае. Как сами они говорят: «Пусть лучше пуля попадет в перископ, чем в голову».

В силу различных обстоятельств этих приборов не хватает на фронте. Конструкция перископа дорабатывалась с 2016 года (рис. 2).

Базовый элемент конструкции перископа – алюминиевая труба квадратного сечения. В ходе боевой эксплуатации данное решение подтвердило свою надежность и живучесть. Труба обрезается в нужный размер торцово-усовочной дисковой пилой (что позволяет обеспечить соблюдение перпендикулярности плоскости отпила оси трубы), затем прорезаются «окна» на боковых станках. При отсутствии торцово-усовочной пилы можно использовать обычную болгарку.

Рис. 1. Перископ для бойцов ЛНР и ДНР

В трубу вставляются две призмы — держатели зеркал (с уже наклеенными зеркалами, рис. 3), снаружи на нижнее окно саморезами фиксируется держатель монокуляра (рис. 4), а на верхнее надевается антибликовая защитная крышка-решетка (рис. 5). Далее в держателе фиксируется монокуляр (приобретается отдельно).

На доработку конструкции и отработку технологии ушло около двух месяцев. Бесценной оказалась возможность аддитивных технологий менять конструкцию и габаритные размеры деталей. Под руководством разработчика этой конструкции Романа Алымова было создано несколько вариантов перископа. Сейчас есть возможность изготавливать перископы на базе квадратной трубы с размером □40 и □50.

Далее хочется обсудить вопрос определения прямых затрат на изготовление деталей на 3D-принтере.

Себестоимость изготовления детали на 3D-принтере складывается обычно из нескольких факторов, основные — это материал для изготовления (филамент) и эксплуатация оборудования (время на изготовление, амортизация оборудования, работа в слайсере, наладка принтера, снятие и постобработка детали).

В качестве материала хорошо себя зарекомендовал PLA-пластик Bestfilament 1.75 мм, в катушках по 1 кг, цена которого на сегодня составляет 2100 рублей за катушку. Его расход может быть определен из данных слайсера (рис. 6–9). Применяется степень наполнения 30%.

Эти данные позволят нам определить стоимость расходуемого филамента и время чистой работы принтеров.

Для расчета амортизации оборудования будем считать, что у нас в распоряжении принтер стоимостью 50 000 рублей. Назначенный ресурс 3D-принтера, в среднем составляет 1000 часов. Также необходимо учесть то, что каждые 100 часов необходимо проводить регламент, смазку, регулировку и т.д. На эту работу нужно заложить бюджет в размере 2000 рублей. Таким образом, затраты на один час эксплуатации оборудования составят: (50000 + 2000 * 10)/1000 = 70 руб./час.

Рис. 2. Перископ в сборе

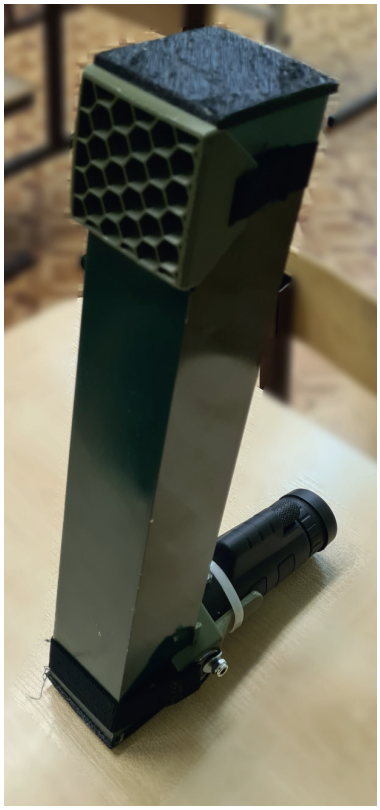


Рис. 3. Призма–держатель зеркала (2 штуки на один перископ

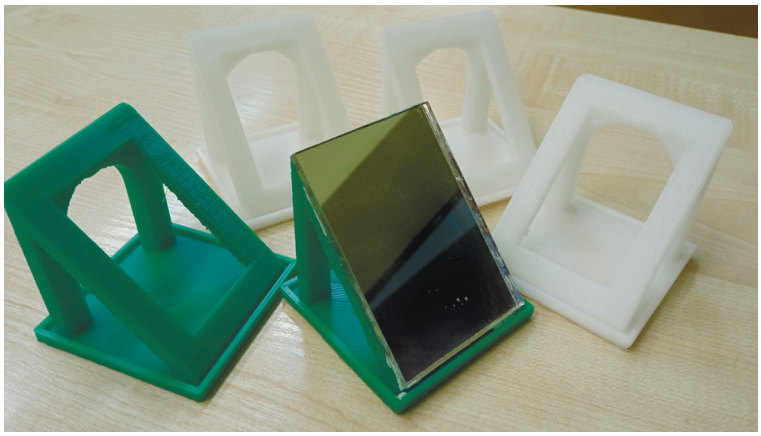


Рис. 5. Антибликовая крышка

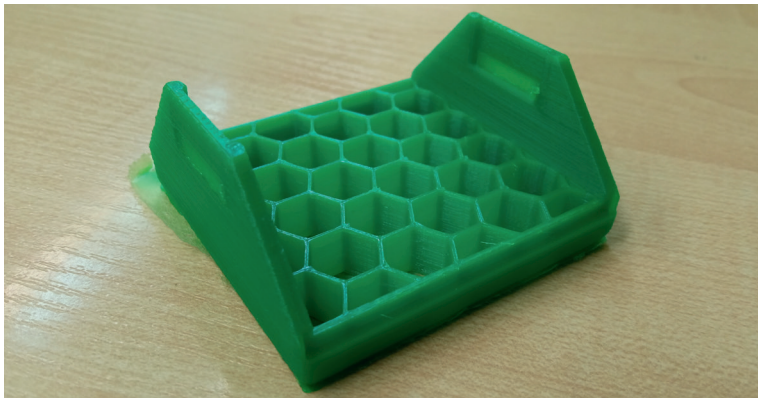


Рис. 4. Держатель монокуляра (состоит из трех деталей — основы и двух «ушей»)

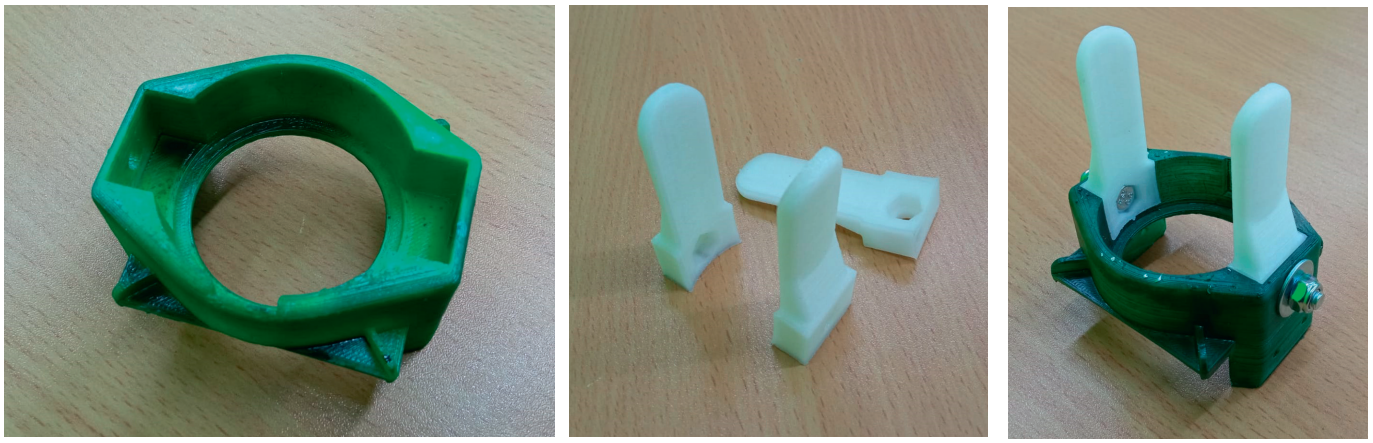


Рис. 6. Призма–держатель зеркала

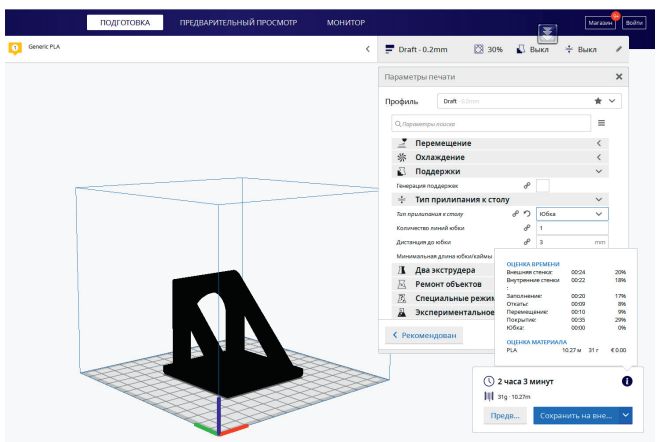


Рис. 7. Держатель монокуляра (деталь 1 – «ухо»)

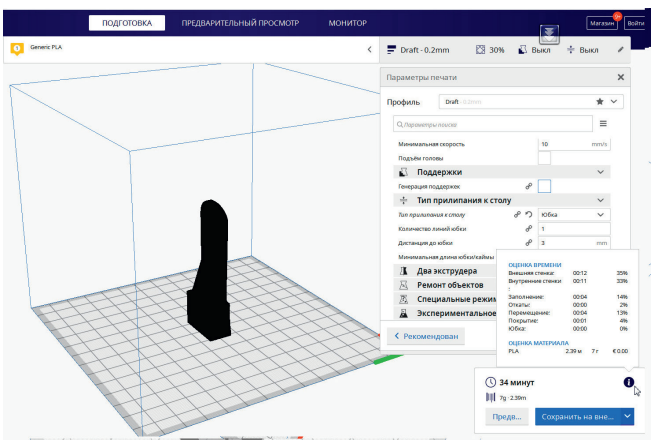


Рис. 8. Держатель монокуляра (деталь 2 — основа)

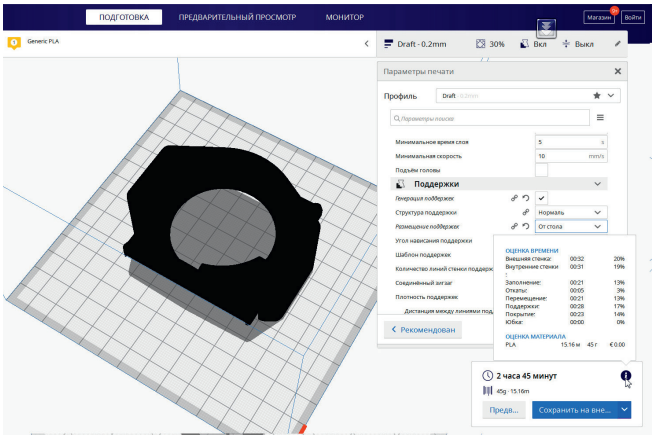
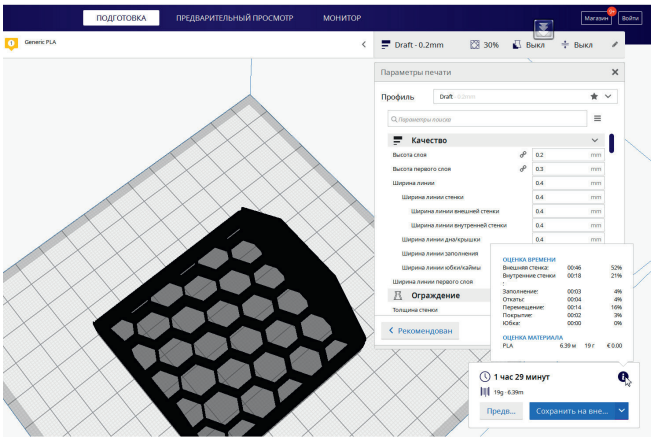


Рис. 9. Антибликовая крышка



Время, потраченное на изготовление, определим из расчета слайсера. Ну и конечно, надо заложить процент брака. Здесь лучше идти эмпирическим путем. Опыт показал, что в брак (отслоение, сбой в работе принтера и т.д.) уходит около 15%. В таблице 1 представлены данные для расчета.

Данный расчет не учитывает затраты на выплату заработной платы, начисление на заработную плату, аренду и налоги. С учетом этих затрат конечная стоимость вырастет в 2–3 раза.

Для решения этой практической задачи с технической и даже политической точки зрения нам кажется правильней использовать 3D-принтеры, имеющиеся в школах страны. Школами страны закуплено огромное количество принтеров, которые в лучшем случае применяются для изготовления игрушек и пособий.

Настольные принтеры в большом количестве способны решать достаточно объемные задачи. Объединение ресурса позволит реализовывать достаточно амбициозные проекты.

Со слов бойцов «заберем, все, что дадите» получается, что надо доводить объемы производства до 1000 шт. в месяц. А имея в своем распоряжении только пять 3D-принтеров, мы сможем довести выпуск до 100 шт./мес. Требования санэпидемнадзора не позволяют вести работу в школе в круглосуточном режиме, поэтому хочется обратиться к школам, где уже есть 3D-принтеры.

Данная конструкция перископа хороша тем, что не требует специального оборудования и доступна к тиражированию в любом регионе. Необходимы только 3D-принтеры и верстаки для постобработки, сборки и покраски.

Всем неравнодушным мы готовы предоставить имеющиеся 3D-модели и провести обучение по изготовлению и сборке. Ждем обратной связи и готовы ответить на все вопросы. ■

Таблица 1

		Призма–держатель зеркала	Держатель монокуляра (деталь 1)	Держатель монокуляра (деталь 2)	Антибликовая крышка
Материал	Вес, кг	0,031	0,007	0,045	0,019
	Цена, руб.	2 100,00	2 100,00	2 100,00	2 100,00
	Сумма, руб.	**65,10**	**14,70**	**94,50**	**39,90**
Затраты на эксплуатацию оборудования	Время, часы	2	0,5	2,75	1,5
	Цена, руб.	70,00	70,00	70,00	70,00
	Сумма, руб.	**140,00**	**35,00**	**192,50**	**105,00**
Электроэнергия	Время, часы	2	0,5	2,75	1,5
	Цена, руб.	0,40	0,40	0,40	0,40
	Сумма, руб.	**0,80**	**0,20**	**1,10**	**0,60**
Итого		205,90	49,90	288,10	145,50
Брак 15%		30,89	7,49	43,22	21,83
Всего		236,79	57,39	331,32	167,33
Затраты на изготовление 1 грамма продукции, руб.		7,63	8,19	7,36	8,80

Ведущая отраслевая выставка Rosmould & 3D-TECH пройдет в Москве в начале июня

Международная промышленная выставка Rosmould & 3D-TECH пройдет в Москве 6–8 июня 2023 года в МВЦ «Крокус Экспо», параллельно с выставкой Rosplast.

Rosmould & 3D-TECH — единственная специализированная выставка формообразующей оснастки и производственных технологий в Восточной Европе, которая проводится в России с 2006 года. В 2023 году выставка представит оборудование и технологическую оснастку (пресс-формы, штампы, инструмент) для изготовления изделий из различных материалов (металл, пластмасса, резина, керамика и другое).

Выставка Rosmould включает в себя специализированную экспозицию «**3D-TECH — Аддитивные технологии и 3D-печать»**, которая является крупнейшей экспозицией 3D-технологий в России. В ней будут представлены следующие продуктовые группы:

- Промышленные 3D-принтеры и установки.
- Профессиональные и персональные 3D-принтеры.
- 3D-сканеры/3D-сканирование.
- Услуги 3D-печати/Аддитивное производство.
- Оборудование для постобработки.
- ПО для 3D-оборудования.
- Материалы для 3D-печати.
- Комплектующие и аксессуары.

Выставка **Rosmould & 3D-TECH** ежегодно показывает стабильный рост: по совокупным данным выставок Rosmould и Rosplast в 2022 году, несмотря на отсутствие многих иностранных участников, увеличение экспозиции составило 5% в сравнении с 2021 годом, 90% экспонентов подтвердили свое участие в выставке следующего года. Посещаемость выставок в 2022 году стала рекордной за всю их историю: в течение трех дней на экспозицию пришло 7 436 уникальных посетителей, что на 36% больше аналогичного показателя 2021 года. При этом доля региональных посетителей составила 45% (без учета Москвы и Московской области).

Высокая эффективность выставки 2022 года, рост промышленного производства в России, активные государственные меры поддержки бизнеса дают все основания ожидать дальнейшего роста как экспозиции, так и посетительской аудитории в 2023 году. В совокупности на площадках выставок Rosmould & 3D-TECH и Rosplast мы ожидаем более 8 000 специалистов из разных отраслей промышленности, а также свыше 200 участников, включая как иностранные компании из Белоруссии, Ирана, Китая, Тайваня, Турции и других стран, так и региональные коллективные экспозиции российских производителей.

В секторе «3D-TECH — Аддитивные технологии и 3D-печать» свое участие уже подтвердили ведущие российские разработчики и поставщики 3D-оборудования, производители материалов для 3D-печати, крупнейшие интеграторы и центры аддитивных технологий. Среди экспонентов: «Лазеры и аппаратура», «Металком» («Русал»), «Синкам» (Farsoon), Ступинская металлургическая компания, «Фолипласт», Фонд «Сколково», ЦТКАТ, Cybercom, Lider-3D, Oerlikon AM, RangeVision, RedFab, Top3DGroup, Topstanok, Total-Z, U3Print, UnionTech, Z-Axis и многие другие.

Постоянно растущая экспозиция и уникальная целевая аудитория выставки создают благоприятные условия для взаимодействия деловых партнеров, развития бизнеса и способствуют развитию индустрии формообразующей оснастки и аддитивных технологий в России.

Помимо экспозиции, на площадке Rosmould & 3D-TECH будет организована насыщенная деловая программа с экспертными мероприятиями отраслевых тематик.

В течение всех трех дней выставки будет проходить **форум аддитивных технологий 3D-TECH**, где ведущие игроки рынка рассмотрят практические примеры из производства, проведут разбор сложных элементов и обсудят перспективы развития отрасли. Слушатели форума смогут найти новых партнеров, задать свои вопросы спикерам, поделиться опытом, ознакомиться с новыми разработками и современными технологиями.

Также в один из дней выставки будет проведена **техническая конференция «Пресс-формы и технологическая оснастка. Проектирование, изготовление, обслуживание»**, посвященная практическим вопросам индустрии производства пресс-форм.

Подробное расписание деловой программы сейчас находится в процессе формирования, команда выставки работает над новыми актуальными темами. Слушание мероприятий деловой программы Rosmould & 3D-TECH бесплатно для посетителей выставки.

Выставка Rosmould & 3D-TECH 2023 — полная производственная цепочка на одной площадке «от идеи до готового изделия». Это уникальная возможность всего за три дня узнать актуальные тенденции отрасли от ведущих экспертов, ознакомиться с последними новинками в сфере современного оборудования и аддитивных технологий, найти новых партнеров для решения текущих производственных задач, а также получить выгодные предложения напрямую от производителей и официальных поставщиков.

Зарегистрироваться на выставку можно на сайте **www.rosmould.ru**, бесплатный билет по промокоду: RM23-9Z9ZK

До встречи на Rosmould & 3D-TECH 2023!

https://rosmould.ru

ФОТОНИКА • PHOTONICS

ТПП РФ

UFI Approved Event

РОССИЙСКИЙ СОЮЗ ВЫСТАВОК И ЯРМАРОК

Главное событие отрасли в России и странах СНГ

ФОТОНИКА
МИР ЛАЗЕРОВ И ОПТИКИ

28–31 марта 2023

17-я международная специализированная выставка лазерной, оптической и оптоэлектронной техники

Реклама 12+

Россия, Москва, ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»

www.photonics-expo.ru

ЛАЗЕРНАЯ АССОЦИАЦИЯ

ЭКСПОЦЕНТР

ОРГАНИЗАТОР

МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ВЫСТАВОЧНЫЙ ОПЕРАТОР

МКВ

МЕЖДУНАРОДНЫЕ
КОНГРЕССЫ И ВЫСТАВКИ

ARMY

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФОРУМ «АРМИЯ-2023»

14–20 АВГУСТА
ПАТРИОТ ЭКСПО

www.rusarmyexpo.ru

ПОДПИСНОЙ КУПОН НА ЖУРНАЛЫ

РИТМ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Вы можете оформить подписку на **журнал «РИТМ машиностроения»** с любого месяца. Стоимость одного номера — **500** рублей, стоимость годовой подписки (7 номеров) — **3500** рублей.

Для выставления счета направьте заполненный купон по адресу: ritm@gardesmash.com

БАНКОВСКИЕ РЕКВИЗИТЫ:

ООО «ПРОМЕДИА»

Юр. адрес: 107140, г. Москва, ул. Верхняя Красносельская, д. 17А, стр. 1Б

Почт. адрес: 107140, г. Москва, ул. Верхняя Красносельская, д. 17А, стр. 1Б, офис 306-1

ИНН 7708266787

КПП 770801001

Р/с 40702810400120033781

ПАО АКБ « АВАНГАРД» г. Москва

К/с 30101810000000000201

БИК 044525201

Фамилия, имя, отчество (получателя):

_____

Наименование предприятия (организации, фирмы):

_____

Индекс и полный почтовый адрес (получателя):

_____

_____

Юридический адрес (для выставления счета)

_____

_____

ИНН/КПП

_____

Телефон:

_____

E-mail (если он имеется)

_____

Подписка на журнал “РИТМ машиностроения”: **номер** ☐ **год** ☐

Подписка на журнал “Аддитивные технологии”: **номер** ☐ **год** ☐

аддитивные технологии

Вы можете оформить подписку на **журнал «Аддитивные технологии»** с любого месяца. Стоимость одного номера — **500** рублей, стоимость годовой подписки (4 номера) — **2000** рублей.

Для выставления счета направьте заполненный купон по адресу: **info@additiv-tech.ru**

107140, г. Москва, ул. Верхняя Красносельская, д. 17А, стр. 1Б, офис 306-1, т/ф (499) 55-9999-8,
e-mail: ritm@gardesmash.com, www.ritm-magazine.ru
e-mail: info@additiv-tech.ru, www.additiv-tech.ru