

# eДАЙДЖЕСТ

Производственные инновации для профи

**Генеративное проектирование  
или армия инженеров  
с ИИ на вашем компьютере**

---

Мускулистая гидравлика

---

Кронштейны: аддитивные гроссмейстеры

---

Когда размер имеет значение,  
но основная ценность – знания

---

---

Освещаем главные новости и тренды в сфере промышленных аддитивных технологий, 3D-сканирования, метрологии, автоматизации и цифровизации современных производств.

---

## Содержание

|   |    |
|---|----|
| Мускулистая гидравлика.....   | 6  |
| Китайский технодракон наступает.....  | 9  |
| Генеративное проектирование или армия инженеров с ИИ в вашем компьютере ..... | 16 |
| Кронштейны: аддитивные гроссмейстеры .....                                    | 23 |
| Подшипники умнеют.....  | 27 |
| Что-то с памятью стало... ..  | 30 |
| Когда размер имеет значение, но основная ценность – знания.....               | 35 |
| Есть идея – есть... ..  | 42 |
| ЛУЧИК света на карбид кремния.....  | 49 |

---

### Дайджест

Номер 7, август – сентябрь 2024 г.

Версия от 3 октября 2024 4:21 PM.

Страниц: 51.

Размещается на медиа-ресурсе INDUSTRY3D на некоммерческой основе.

Издатель: медиа-ресурс INDUSTRY3D, web: <https://industry3d.ru>.

По вопросам сотрудничества и рекламы пишите на [info@industry3d.ru](mailto:info@industry3d.ru).

### Редакция:

главный редактор: Дмитрий Трубашевский,

моб.: +7 (916) 950-21-89, e-mail: [chief\\_editor@industry3d.ru](mailto:chief_editor@industry3d.ru);

шеф-редактор: Светлана Бакарджиева,

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

Дизайн и верстка: Дмитрий Фадеев.





# INDUSTRY 3D

аддитивные технологии и 3D-решения

— единственный российский новостной медиаресурс о промышленном аддитивном производстве с **собственным экспертным мнением.**

## Партнерские предложения:

Подготовка статей, обзоров, интервью, освещение важных событий.

Гибкие тарифные планы по сотрудничеству в любом формате.



industry3d.ru

Пишите на [info@industry3d.ru](mailto:info@industry3d.ru).



### по LEAP71 – первый пошёл

Инженеры из компании LEAP71 успешно протестировали ракетный двигатель, созданный с помощью ИИ!

Особенностью разработки двигателя керолок (Kerolox) является то, что он спроектирован с помощью большой вычислительной инженерной модели человека. Практически впервые в мире при разработке двигателя такой сложности не использовалась традиционное программное обеспечение САПР.

В двигателе использовалась смесь жидкого кислорода (окислителя), горючего и окислителя регенеративно-селективной очистки топлива и окислителя. Смешивались с помощью инновационной головки с коаксиальными завихрителями.

Интересно, что весь проект начался с выбора топлива. В течение недели, проведенной за неделю, инженеры создали новую модель двигателя в Nozzle RP с возможностью ИИ заниматься всего несколько минут!

В результате испытаний двигатель мощностью 20 000 лошадиных сил и казал себе безупречным уже с первого запуска, демонстрируя его длительную работу. Время горения было ограничено только количеством доступного топлива и длилось 12 секунд.

В реализации данного сложнейшего проекта особенно хотелось бы отметить коллаборацию нескольких компаний и института:

1. AMSC Smith, используя собственное оборудование, помогли напечатать мировой двигатель по технологии L-PBF;
  2. Эксперимент проводится в сотрудничестве с британской командой Race to Space из Университета Шеффилда. Ракетчики из Шеффилда предоставили множество практических отзывов и сыграли важную роль в превращении начального на 3D-принтере макета двигателя в по-настоящему рабочий двигатель;
  3. Команда Airborne Engineering Ltd блестяще провела тестовую кампанию. Совсем скоро команда, работающая над этим проектом, поделится с общественностью более подробными результатами своего большого труда. Множество данных, которые были получены в результате тестирования, будут переданы в Nozzle RP и позволят разработчикам обучать и корректировать модель. Модель двигателя также была размещена в Picosk – нативном геометрическом ядре компании с открытым исходным кодом.
- Все чаще сегодня в аддитивном и в целом в инновационном пространстве сообщество инженеров мы наблюдаем, как рутинные и даже очевидные творческие задачи передаются и успешно решаются с помощью генеративного ИИ. Есть уверенность, что человек в ближайшем будущем будет решать стратегические задачи, а инженеры – создавать



ИИ-двигатель керолок с испытательном стенде

#### О КОМПАНИИ:

##### LEAP71

LEAP71 предоставляет инженеринговые услуги в авангарде новой области вычислительной инженерии. В компании используют программные алгоритмы для разработки следующего поколения сложных физических объектов: продуктов. Полученные объекты могут быть построены с использованием самых передовых производственных технологий, таких как аддитивное производство.

**Airborne Engineering Ltd**  
Airborne Engineering Ltd (AEL) была основана в 2001 году для проектирования, испытаний и производства бортового приборостроения. Ими предоставляются услуги по испытаниям ракетных двигателей, использующих различные виды твердого, жидкого и газообразного топлива. Они разрабатывают специальные испытательные стенды и системы управления, тестируют форсунок и сопла, оценивают эффективность новых видов топлива и материалов. Компания является одним из ключевых производителей

# Слово главного редактора



Бионика, топологическая оптимизация, генеративное/порождающее проектирование, генеративный дизайн, биомимикрия... Так много существует терминов для очень важной для развития современной промышленности суперсилы аддитивного производства.

С развитием генеративного ИИ человеку всё чаще будет отводиться роль творца, наблюдателя, который словно взмахом дирижёрской палочки будет управлять огромным оркестром самообучающихся и самодостаточных технологий.

Та синергия программного кода, машинного обучения и безграничных производственных возможностей аддитивных технологий подтолкнет человечество к созданию принципиально новой продукции, о которой, возможно, мы уже читали с вами на страницах фантастических романов. Но суперсилы аддитивного производства — это уже не фантастика, это вполне реальная новация, туннелепроходческая машина, всё глубже и глубже проникающая в природу устоявшегося человеческого разума и привычек, порой переворачивая мышление с ног на голову.

**Подписывайтесь на наши группы и каналы в соцсетях:**

**Телеграм:** [t.me/infoindustry3d](https://t.me/infoindustry3d)

**Вконтакте:** [vk.com/media\\_industry3d](https://vk.com/media_industry3d)

**Дзен:** [dzen.ru/industry3d](https://dzen.ru/industry3d)

Но самое важное, что мы наблюдаем сегодня: отечественные предприятия уже готовы к таким изменениям. Специалистам теперь всё реже нужно рассказывать о премудростях работы аддитивных технологий. Часто руководство компаний-клиентов ставит интеграторам задачу рентабельного единичного малосерийного производства, ухода от неповоротливых старых методов, опыления новыми идеями привыкшего к рутине конструкторско-технологического персонала. Производственники порой, с трудом веря в успех новаторских технологий, ломаются через коленку. И только дизайнеры, как птицы в небе, очень тепло принимают такие изменения, расширяя для себя фарватер для творчества.

Российские аддитивщики обретают мускулистую массу, бравирова свои успехами друг перед другом и перед заводами-заказчиками. И это создает здоровую конкуренцию, задаёт ритм и увеличивает количество прорывных продуктов.

Мы видим, что рост использования технологий аддитивного производства набирает темпы, волна внедрений накрывает предприятия. А те начинают жить в новой реальности, принимая изменения как эволюционный этап своего развития.

Ваш главный редактор, Трубашевский Дмитрий.



Additive Manufacturing Technologies

Российский производитель  
и интегратор аддитивных  
технологий



+7 (495) 109 11 91 | [office@am.tech](mailto:office@am.tech) | [am.tech](http://am.tech)

#### Контакты:

- ▶ вебсайт: <https://k-at.ru>.
- ▶ моб.: +7 993 255-81-22.

**KAT** клуб  
аддитивных  
технологий

© 2024. Клуб аддитивных технологий.



3D - ИНТЕГРАЦИЯ

Группа компаний i3D —  
системный интегратор  
промышленных 3D-решений



+7 (495) 108 60 68 | [3d@i3d.ru](mailto:3d@i3d.ru) | [i3d.ru](http://i3d.ru)

# Мускулистая гидравлика



clck.ru/3Dbh7d

Гидравлические устройства являются своеобразным проводником в мир усиления механизмов, охлаждения, сложных контуров подачи различных жидкостей к месту назначения. И спрос на них будет до тех пор, пока человечество использует любой транспорт, возводит города и здания, строит электростанции на различном виде топлива и энергии, создаёт станки, металлургические производства... Наш мир всё усложняется, изделия стараются делать максимально компактными с высокими характеристиками, и всё это влечёт за собой пересмотр дизайна и концентрацию полезных качеств в компактном корпусе.

Гидравлические насосы, цилиндры, станции подачи давления обеспечивают при меньших габаритах большую мощность, чем двигатели, электродвигатели и механические приводы. Гидравлические клапаны легко регулируют направление, скорость, крутящий момент и усилие, от простого ручного до сложного электронного управления. Но при этом гидравлику сегодня считают направлением с низким проникновением новаций, а новаторы чаще вкладываются в быстрорастущие рынки,

например, в IT-сектор. Тем не менее неоспоримо глобальное экономическое значение гидравлики, объём продаж которой составляет многие десятки миллиардов долларов. Стать более модной, востребованной, и вместе с этим компактной и простой гидравлике помогут новые производственные технологии, а также электронное управление и электромеханическая передача энергии.

## ЧАСТЬ 1

Использование аддитивных технологий для производства гидравлических систем сегодня идёт по классическому инновационному пути. Вначале — рынок уникальных промышленных систем с высокой удельной мощностью, решение задач для оборонно-промышленного комплекса, авиации и космоса. И лишь потом освоенные кейсы с возможностью масштабирования должны дотянуться и до сектора товаров широкого потребления. 3D-печать по металлу открывает новые возможности для извлечения выгоды из высокой удельной мощности гидравлических технологий за счёт улучшения конструкции и производства таких компонентов, как коллекторы, блоки клапанов и золотники клапанов.

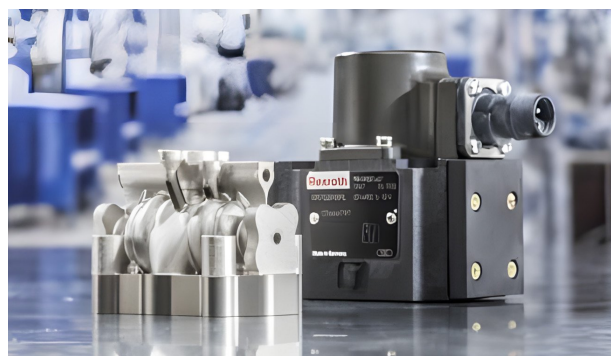


Рис. 1. Сравнение напечатанного и традиционно произведенного коллектора

Гидравлические компоненты традиционно изготавливаются механической обработкой или литьём с механической обработкой. И вместе с этим уже многие производители такого оборудования проявляют интерес к производству коллекторов, сервоклапанов и гидравлических адаптеров с использованием технологий 3D-печати.

### 3D-печать для гидравлики. Почему?

Так чем же могут помочь аддитивные технологии гидравлическим системам? Давайте разбираться:

- ▶ В целях снижения риска для окружающей среды лучше сократить количество используемых жидкостей, а это можно сделать за счёт более компактных корпусов устройств.
- ▶ Агрегация деталей позволит создавать сложные и необслуживаемые системы, сокращающие сроки ремонта (замена узла целиком) и не

требующие периодического технического обслуживания.

- ▶ Возможность снизить уровень шума и повысить эффективность за счёт меньшего объёма проходимых жидкостей. Здесь, опять же, оптимизация гидросистем позволит изготовить сложные корпуса посредством 3D-печати.
- ▶ Использование встроенных датчиков с новейшим стандартом связи 5G и ИИ позволит быстрее взаимодействовать с приводами, предоставляя информацию для мониторинга состояния и даже данные для профилактического обслуживания. При условии применения продвинутых аддитивных систем можно добиться автоматизированной встройки датчиков в тело корпуса. На данный момент эта идея ещё не получила сколько-нибудь широкого внедрения, но её перспективы очевидны, и наверняка комплексы, обладающие такими свойствами, скоро будут предложены рынку (рис. 2).

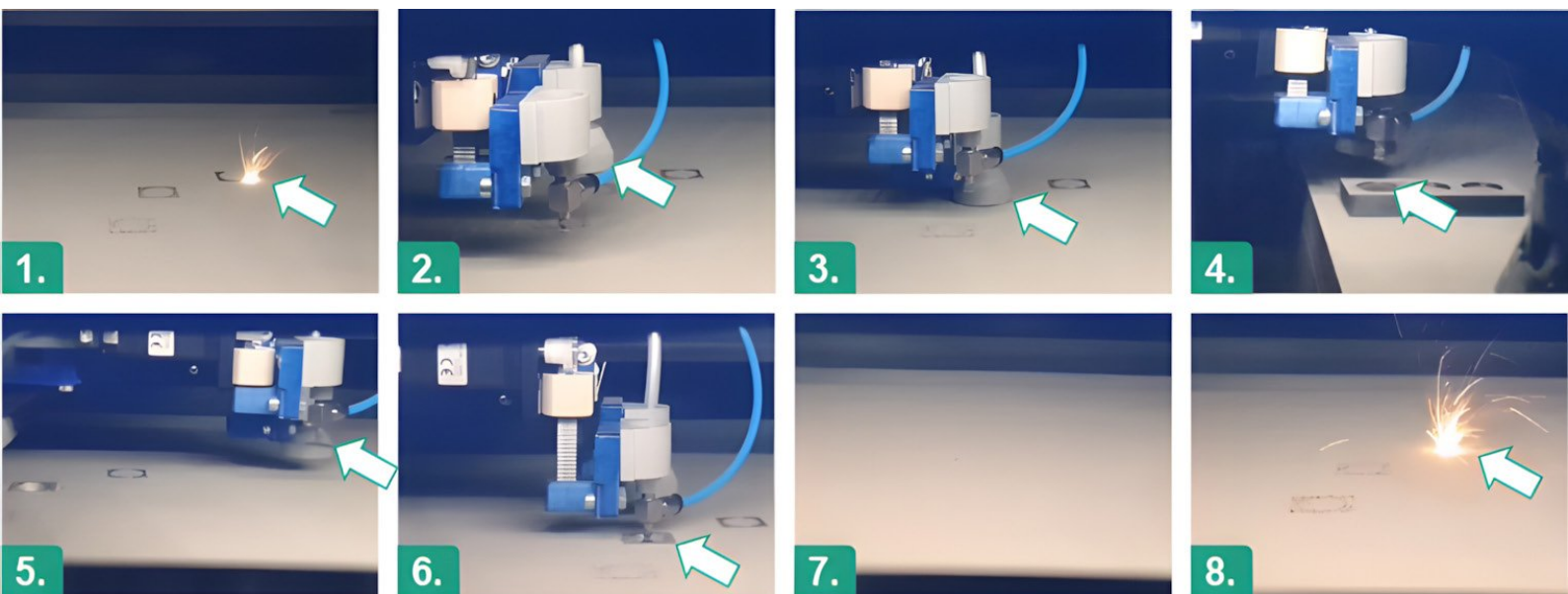


Рис. 2. Автоматическая интеграция датчиков с использованием вакуумного захвата:

1: 3D-печать геометрии полости построения,

2 и 3: очистка полости вакуумом,

4: автоматизированное/роботизированное извлечение датчика из магазина внутри камеры 3D-принтера,

5 и 6: установка датчика в полость детали,

7: нанесение нового слоя порошка, заполняющего полость с датчиком,

8: продолжение построения (Binder et al., Procedure and Validation of the Implementation of Automated Sensor Integration Kinematics in an LPBF System)



Рис. 3. Пример встраивания датчиков для измерения нагрузки и состояния твердосплавных режущих пластин (Fraunhofer ILT / Фолькер Ланнерт)

С помощью датчиков можно измерять температуру, уровень вибрации или звука, давление различных газов и жидкостей (рис.3).

- ▶ Очевидно, что благодаря независимости от оснастки 3D-печать успешно справляется с задачей получения индивидуальных изделий, в нашем случае — специализированных гидравлических компонентов единичных или малых серий. Традиционные же технологии нацелены прежде всего на эффективные решения для серийного производства, предлагая компромиссный вариант для средней выборки потребителей.
- ▶ Время выполнения рентабельного заказа для классической механообработки может составлять от 30 до 60 и более дней для изготовления компонента из прутка или от шести до 12 месяцев, если требуется литьё. 3D-печать позволяет получать детали по запросу в течение нескольких дней.
- ▶ Создание прототипов — ещё одна сильная сторона 3D-печати, часто помогающая рассмотреть разные варианты конструкции и выбрать лучшую

из них благодаря испытаниям и визуальному контролю.

- ▶ Выбор материалов для производства гидравлических компонентов сегодня хоть и недостаточно широк, но даёт возможность решить принципиальную задачу для инженера-гидравлика – создание долговечных корпусов с требуемой прочностью и коррозионной стойкостью, чтобы безопасно выдерживать высокое давление: нержавеющей сталь, титан, алюминиевые сплавы.
- ▶ Рассверливание или фрезерование каналов по традиционной технологии требует впоследствии установки заглушек выходных отверстий для предотвращения утечки масла. Однако эти заглушки создают потенциальные пути утечки, что может привести к отказу системы. 3D-печать устраняет эту проблему, в первую очередь избавляя от необходимости создания проходов для поперечного сверления.

Читайте другие части:



[clck.ru/3DfXyD](https://clck.ru/3DfXyD)



[clck.ru/3DFYBT](https://clck.ru/3DFYBT)



# Китайский технодракон наступает

[clck.ru/3DcwPu](https://clck.ru/3DcwPu)

Погружаясь в проблематику отечественного рынка аддитивных технологий, редакция Industry3D до последнего времени не могла и предположить, что американским аддитивщикам так же, как их российским коллегам, понадобится взывать о помощи к своему правительству. Казалось бы, США – сосредоточие самых именитых брендов в сфере АП, рай для стартапов, там высокая инвестиционная активность компаний... Что могло вызвать столь сильную тревогу и чуть ли не вогнать в панику мировых лидеров аддитивного рынка? Как выяснилось, вполне реальные перспективы уже в скором времени лишиться этого самого лидерства, и более того – технологического суверенитета в этой сфере.

Впрочем, обо всём по порядку.

В нашем [июльском](#) дайджесте был представлен материал «Процветающая индустрия АП по металлам в Китае: взгляд со стороны». Источником вдохновения для него послужила статья американского эксперта Джозефа Коуэна,



опубликованная в издании Metal Additive Manufacturing. Основываясь на впечатлениях от посещения выставки TCT Asia 2024, автор делает вывод о том, что в Китае индустрия аддитивного производства растёт с необычайной скоростью, чему способствует острая внутренняя конкуренция и возрастающая роль технологий АП в национальной промышленной стратегии страны.

Статья не осталась незамеченной профессиональным сообществом, особенно в США – там она многих заставила напрячься. Соотечественник Джозефа Коуэна, генеральный директор, соучредитель и совладелец занимающейся 3D-печатью металлом компании Seurat Джеймс Демут отреагировал на нее, разместив на [Medium](#) статью под красноречивым заголовком «Великая стена аддитивного производства: как китайские субсидии угрожают конкурентоспособности США» (The Great Wall of Additive Manufacturing: How China's Subsidies Threaten U.S. Competitiveness).



Судя по всему, наиболее сильно его впечатлил вывод Дж. Коузена о том, что «во многих отношениях, по самым скромным оценкам, китайское производство оборудования для 3D-печати в целом практически сравнялось с зарубежными производителями таких машин. Более обоснованная оценка позволяет говорить, что разрыв заметно сократился, и что, по крайней мере, в некоторых отношениях китайская промышленность опередила своих коллег на Западе». Пугающе для американских аддитивщиков звучит и утверждение издания «AM Research» о том, что китайский рынок АП является «одним из, если не самым быстрорастущим [рынком АП] в мире... во многом благодаря государственному стимулированию». Это дает китайским компаниям конкурентное преимущество в исследованиях, разработках и производстве. Издание отмечает, что агрессивная стратегия Китая в сочетании с многочисленными общенациональными и региональными мерами поддержки, направленными на модернизацию промышленной инфраструктуры и методов аддитивного производства, неизбежно приведет к повышению роли Китая на рынке АП.

Процитировав оба источника, автор резюмирует: «Соединенные Штаты

*находятся на грани повторения дорогостоящей ошибки, которая может поставить под угрозу их положение мирового лидера в обрабатывающей промышленности. Так же, как они уступили доминирование в производстве солнечных панелей Китаю после разработки этой технологии у себя, США теперь рискуют потерять свое конкурентное преимущество в важнейшей области аддитивного производства из-за отсутствия стратегических действий».*

Для США на кону – не просто престижный статус мирового лидера в этой инновационной сфере. Там давно оценили уникальные преимущества технологий печати металлами, позволяющих производить изделия с практически любой геометрией слой за слоем, добавляя материал только там, где это необходимо. А также бесспорную экономическую выгоду АП, которое, в отличие от традиционных литья иковки, не требует множества дорогостоящих пресс-форм и инструментов, и не переводит в стружку, как при механообработке, значительную часть заготовок. Правительство страны исходит того, что АП имеет решающее значение для следующего поколения коммерческих и оборонных технологий, предлагая инновационные разработки, а также более прочные, легкие и быстро выходящие на рынок детали.

Весной 2022 года президент США Джозеф Байден поддержал инициативу AM Forward, направленную на повышение конкурентоспособности предприятий, использующих при локализации продукции 3D-печать. Инициаторами программы выступили пять крупных производителей: GE Aviation (ныне Colibrium Additive), Honeywell, Lockheed Martin, Raytheon и Siemens Energy.



**tct**  
ASIA

ASIA'S LEADING SHOW FOR THE ADDITIVE  
MANUFACTURING INDUSTRY  
**TCT ASIA**

**May 2024 7 8 9**  
NECC(Shanghai) 7.1H & 8.1H

**REGISTER NOW** **EXHIBIT**

Куратором стала некоммерческая организация прикладных научных и технологических исследований Америки ([ASTRO America](#)). Цель программы состоит в импортозамещении и привлечении малого и среднего бизнеса к производству напечатанных изделий. Кстати, уже тогда было понятно, что эта инициатива в том числе была направлена и для проектов Министерства обороны США, которые собирались возмещать затраты на техническую помощь малым и средним предприятиями и оказать помощь с пилотным проектом по стандартизации. Поддержка на федеральном уровне, стажировка новых специалистов для малого и среднего бизнеса, участие крупных производителей при условии оказания помощи с внедрением аддитивных технологий собственным поставщикам, сотрудничество ASTRO с Pratt & Whitney, Honeywell и GE для облегчения доступа малых производителей 3D-печати к аэрокосмической технике...

Также упомянем достаточно известную организацию [America Makes](#), ставящей своей целью ускорение внедрения

технологий аддитивного производства в производственном секторе США и повышение конкурентоспособности производства. Они активно развивают инфраструктуру сотрудничества для открытого обмена информацией и исследованиями в области АП, налаживают взаимосвязи между образовательными учреждениями, стартапами, государственными, частными или некоммерческими компаниями промышленного и экономического развития.

И всего этого, как выясняется, оказалось недостаточно: по мнению ряда ведущих игроков рынка АП в США, сегодня американские инновации, конкурентоспособность и готовность находятся под угрозой из-за беспрецедентно крупных субсидий китайского правительства местным компаниям АП. И если США не смогут быстро отреагировать посредством инвестиций, стимулов и стратегической политики, они непременно уже вскоре уступят Китаю лидерство в этой жизненно важной отрасли, которая преобразует производство для национальной безопасности, инфраструктуры, энергетики, связи и секторов потребительских товаров.

Джеймс Демут в своей статье не сдерживает эмоций. *«Последствия того, что Китаю позволят контролировать рынок АП, будут самыми серьезными, – предупреждает он. – Агрессивная ценовая конкуренция и инновационные субсидии со стороны Китая могут разрушить мировую (и, в первую очередь, американскую) индустрию АП. Это не только задушит инновации и инвестиции в США и во всем мире, но и подорвет наши интересы национальной безопасности, сделав нас зависимыми от китайских цепочек поставок АП (и передачи интеллектуальной собственности, которую они требуют). Почти безграничные возможности АП США являются ключевым компонентом гибкой стратегии закупок Министерства обороны, позволяющей военному ведомству оптимизировать динамическое производство, укреплять цепочки поставок в сфере обороны и поддерживать современную промышленную экосистему. Следовательно, если позволить Китаю доминировать в сфере АП, это не только приведет к утечке более высокооплачиваемых рабочих мест на производстве из США, но и поставит под угрозу наш экономический и технологический суверенитет».*

Даже если исходить из того, что мистер Демут в своей статье намеренно сгущает краски с целью, используя подходящий повод, попытаться заполучить от родного государства больше преференций для своей отрасли, нельзя не оценить степень его погруженности в тему, владение самой актуальной информацией и умение ее анализировать, а также его дальновидность и здоровый прагматизм. И особенно – очевидный патриотизм и государственный подход к проблеме у этого, в общем-то, рядового штатовского предпринимателя, одного из многих.

Да, все-таки нашим бизнесменам и управленцам новых поколений определенно есть чему поучиться у американских коллег, и не только в области технологий!

При этом Джеймс Демут не просит от правительства ничего экстраординарного. *«Чтобы история не повторилась, – пишет он, – мы должны принять упреждающие меры для сохранения позиции Америки как лидера в сфере аддитивного производства. Это подразумевает протекционистскую политику, которая поощряет инновации, стимулирует инвестиции и обеспечивает равные условия для американских компаний. Конкретные действия могут включать:*

- налоговые льготы для компаний, которые инвестируют в разработку технологий АП или используют детали, изготовленные аддитивным способом;
- гранты на НИОКР для проектов, направленных на продвижение технологий АП, материалов и развитие производств;
- оптимизацию процессов закупок и квалификации деталей АП.

*Кроме того, укрепление партнерских отношений между промышленностью, академическими кругами и местными органами власти имеет решающее значение для развития квалифицированной рабочей силы, необходимой для продвижения инноваций в области АП. Это сотрудничество должно не только подчеркивать значимость инженеров, но и включать комплексные программы переподготовки, которые снабжают сегодняшних рабочих навыками, необходимыми для карьерного роста в передовых производственных технологиях будущего.*

*Поддержка лидеров отрасли, заинтересованных сторон и политиков необходима для обеспечения позиции Америки как лидера в этой преобразующей технологии. Вместе мы можем гарантировать, что аддитивное производство не станет очередным примером того, как Китай ворвался и доминировал на рынке, в то время как США бездействовали».*

Возможно, у определенной части наших читателей может возникнуть вопрос, мол, а нам-то что с того, что две высокотехнологичные сверхдержавы делят лидерство на мировом рынке АП, на которое мы сейчас нисколько не претендуем? А в самом деле, чем для отечественного аддитивщика интересна и поучительна эта история?

Начнем с единственной хорошей новости: серьезные опасения американцев уступить Китаю лидерство и высокие оценки китайского оборудования для АП из их уст подтверждают: если вы купили для своих производственных нужд 3D-принтер от известного [китайского бренда](#), особенно последнего поколения, это, почти наверняка, удачное приобретение. А те, кто, создавая у себя участок АП, раздумывает, ввязываться ли в непростую и рискованную историю с параллельным импортом, чтобы купить машины от штатовских или европейских поставщиков, или же взять уже зарекомендовавших себя на российском рынке «китайцев», могут смело склоняться к второму варианту.

Но вот если мы хотим, чтобы у отечественных (и не только!) покупателей оборудования для аддитивного производства имелся также вполне рабочий третий вариант – приобрести высокопроизводительную и надежную российскую машину, нам очень даже стоит

прислушаться к доводам американских коллег и примерить их ситуацию на себя. Нет, не в плане мирового лидерства, а на предмет удержания и укрепления позиций на внутреннем российском рынке, где китайские поставщики сейчас чувствуют себя заметно вольготнее отечественных. Это – к вопросу уже о нашем технологическом суверенитете и об импортозамещении заодно!

Согласитесь, многие российские участники рынка охотно подписались бы под каждым пунктом предложений о мерах поддержки, перечисленных в статье Дж. Демута. А лидеры отрасли наверняка бы еще и дополнили этот список, что, кстати, они и делают, выступая на специализированных круглых столах, конференциях и прочих воркшопах и публикуя статьи в профильных изданиях. *«Необходимо актуализировать Стратегию развития АТ, которая с 2018 года сильно устарела, определить новые цели развития, выделить под это средства из госбюджета, – [говорил](#)* в интервью Industry3D генеральный директор ООО «НПО «3Д-Интеграция»



Михаил Родин. – *Очень важным считаю активное вовлечение в процессы развития АТ коммерческих компаний-производителей АТ, услуг и программных решений. А еще аддитивное сообщество очень ждет снятия существующих барьеров в сфере сертификации материалов и паспортизации самих изделий, а также написание межотраслевых ГОСТов, взаимных зачётов протоколов испытаний всех сертифицированных лабораторий. Требуется решения и кадровая проблема в нашей сфере – нужно готовить для неё больше специалистов как со средним специальным, так и с высшим инженерным образованием, повысить качество их подготовки, её практикоориентированность. Мы также считаем целесообразным учреждение специальных фондов, способных финансировать различные направления АТ, создание технопарка АТ и/или Аддитивной Долины, где на одной площадке создавались бы новые технологии, материалы и производства».*

А генеральный директор ООО «НПК АНТЕЙ» (бренд Redfab) Александр Михайленко, [отвечая](#) на вопросы нашего издания, сделал акцент на роли сообщества производителей оборудования для 3D-печати: *«Я бы охарактеризовал текущую ситуацию на рынке как второе дыхание для отечественных производителей 3D-принтеров, материалов: конкуренция сократилась, спрос в разы превышает предложение. В таких условиях отечественным производителям разумно объединять свои усилия и делать ставку на попадание в реестр отечественной продукции МПТ, что должно защитить компании от постепенно возвращающихся на рынок азиатских и европейских производителей».*

Впрочем, некоторые пункты «списка Демута» уже работают в отечественных аддитивных реалиях. Речь идет о финансовой господдержке НИОКР для проектов, направленных на продвижение технологий АП, материалов и развитие производств. Известный пример – полученная ООО «НПО «3D-Интеграция» субсидия Минпромторга РФ на разработку линейки промышленных однолазерных и многолазерных аддитивных комплексов для послойного лазерного синтеза металлических порошковых материалов. Как известно, первая машина из этой линейки, [AMT-16](#), уже выведена на рынок, на подходе – двухлазерный 3D-принтер [AMT-32](#). Пример, конечно, вдохновляющий, но всё же явно недостаточный для того, чтобы можно было говорить об эффективно работающей, системной финансовой господдержке отечественного АП.

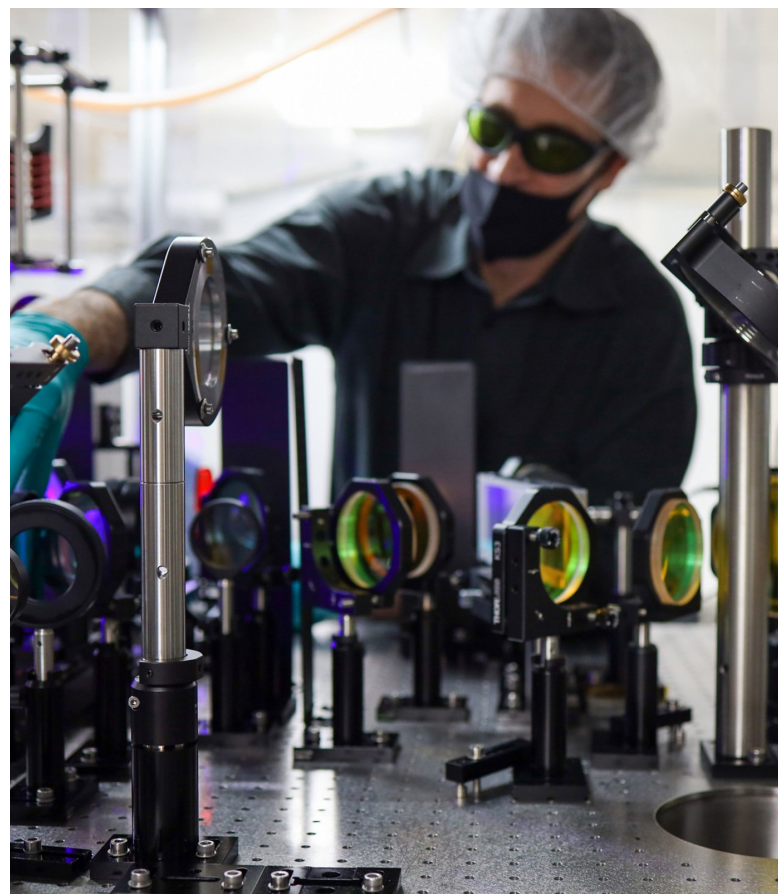
Как отечественное аддитивное сообщество может приблизить то время, когда и эта, и другие меры господдержки этой стратегической сферы заработают в полной мере? В данном случае руководство к действию – известная русская поговорка про лежащий камень, под который, как известно, не течёт ни вода, ни, тем более, финансовые потоки. Американские коллеги, судя по всему, эту истину вполне освоили и, со своей стороны, готовы консолидировать усилия во имя общей цели, обозначенной в статье Дж. Демута. *«В компании Seurat мы стремимся сделать продаваемую, доступную по цене и гибкую продукцию АП краеугольным камнем Индустрии 4.0 и четвертой стратегией в оборонных операциях, – пишет он. – Наша запатентованная технология Area Printing – это нечто большее, чем просто очередное усовершенствование,*

*это революционный сдвиг, который позволяет нам обогнать зарубежных поставщиков АП. Однако в одиночку этого сделать невозможно. Поддержка лидеров отрасли, заинтересованных сторон и политиков необходима для закрепления позиций Америки как лидера в области этой преобразующей технологии». Российской аддитивке для укрепления её позиций на внутреннем рынке не менее нужна такая поддержка всех заинтересованных сторон.*

Но вот как сделать их действительно заинтересованными? В том числе – собственной активностью в плане объединения усилий для решения общепромышленных задач, совместных НИ-ОКР, производственной кооперации. Серьезный шаг в этом направлении был сделан именно благодаря консолидации усилий лидеров отечественного рынка АП, когда они, объединившись в Клуб аддитивных технологий (КАТ) инициировали проведение масштабного комплексного [исследования](#) российского рынка технологий аддитивного производства и оказывали организационную, интеллектуальную и финансовую поддержку этого проекта. Результаты исследования были представлены в Минпромторг РФ, выводы его авторов цитируются рядом ведущих деловых зданий. А совсем недавно редакция Industry3D запустила еще один проект, призванный консолидировать отечественное аддитивное сообщество вокруг актуальной, достойной лидеров внутреннего рынка идеи формирования трендов и потребительских предпочтений путем повышения уровня продвинутой покупки оборудования для 3D-печати.

*«Аддитивное производство: как бы ничего не забыть?» – такую интригующую*

*инициативу запустил наш популярный медиаресурс в сфере аддитивного производства с собственным экспертным мнением Industry3D», – говорит главный редактор Дмитрий Трубашевский. – Уже многие эксперты нашей страны приняли участие в опросе, за что мы им очень благодарны. Мы все ещё полны надежд принять в свои ряды новых экспертов, которые, без сомнения, придадут большую ценность и объективность нашему проекту. Мы всё ещё принимаем заполненные анкеты, поэтому просим поторопиться тех, кто хочет стать частью амбициозной и очень необходимой для нашей страны базы знаний, способной повысить профессиональный уровень покупателей, а также интеграторов, минимизировать поставки и внедрение с недоказанной эффективностью. Став частью нашего совместного труда, эксперты и их компании будут обязательно упомянуты как соавторы. [Ссылка на участие](#)».*



# Генеративное проектирование или армия инженеров с ИИ в вашем компьютере

[clck.ru/3DdDgw](https://clck.ru/3DdDgw)

Искусственный интеллект, казалось бы, внезапно появился повсюду. И, если верить экспертам, это только начало. В широком смысле, искусственный интеллект относится к компьютерным системам, которые способны выполнять сложные задачи, которые традиционно могли выполнять только люди, например, распознавание речи и рассуждений, принятие решений или выявление закономерностей и решение проблем. В современном понимании искусственный интеллект включает в себя широкий спектр технологий, включая машинное обучение, глубокое обучение и обработку естественного языка (НЛП).

В производстве эти технологии могут поддерживать и оптимизировать производственные процессы, среди прочего, за счет улучшения анализа данных и принятия решений. И хотя может показаться, что производство несколько отстает от других секторов в использовании искусственного интеллекта, и это связано с переменами.

По данным Национального института стандартов и технологий США (U.S. National Institute of Standards), существует пять областей, в которых искусственный интеллект может обеспечить повышение производительности в производстве: профилактическое обслуживание, прогнозирование качества, сокращение отходов, увеличение доходов и производительности, и прогнозирование спроса и запасов. Одной из производственных технологий, которые в настоящее время получают выгоду от технологии искусственного интеллекта, является аддитивное производство.

Искусственный интеллект может принести пользу аддитивному производству по-разному. В прошлом одной из проблем был высокий уровень брака, который препятствовал широкому внедрению процессов 3D-печати в промышленности, а также тот факт, что сложные формы, получаемые с помощью 3D-принтеров, могут быть достаточно дорогими и сложно контролируемые в плане качества.

Искусственный интеллект может улучшить контроль качества и обнаружение дефектов за счет использования систем технического зрения для мониторинга производственного процесса в режиме реального времени. Потенциальные дефекты можно обнаружить по мере их возникновения, даже если они не видны невооруженным глазом, что позволяет сократить количество производимой потенциально дефектной продукции.





Более того, применение искусственного интеллекта на этапе проектирования и выработки идей может помочь оптимизировать проектирование и снизить сложность процесса. Его можно использовать не только для определения того, предлагает ли аддитивное производство лучший выбор для производства конкретной детали, но также способствует более быстрому и эффективному процессу проектирования, создавая проект на основе набора параметров или требований. А поскольку оптимальные параметры печати определяются до изготовления, на тестирование и проектирование тратится гораздо меньше времени, усилий и материалов. Если проектировщикам больше не придется вносить коррективы методом проб и ошибок, это дает значительные преимущества во времени, эффективности и затратах, одновременно оптимизируя использование ресурсов и способствуя более простому процессу обеспечения качества.

В конце концов, успех напечатанной детали во многом зависит от выбора

правильного материала, отвечающего конкретным функциональным требованиям. Использование баз данных материалов на базе искусственного интеллекта может значительно облегчить этот процесс выбора. Инженеры могут вносить свои требования в эти базы данных, которые затем, используя алгоритмы машинного обучения, предлагают материал, наиболее подходящий для этой цели. Модели машинного обучения также позволяют делать прогнозы относительно поведения и производительности материала в различных условиях. В результате инженеры могут принимать обоснованные решения и с большей уверенностью выбирать материалы и проектировать детали.

Достижения такого рода могут также помочь уменьшить потребность в обширной последующей обработке, тем самым значительно сокращая необходимое время производства. Кроме того, разрабатываются автоматизированные решения для постобработки для оптимизации и улучшения процесса постобработки.



Рис. Биомимикрия из самого лона природы

Искусственный интеллект также может играть роль в профилактическом обслуживании самого принтера, отслеживая жизненный цикл и прогнозируя потребности в обслуживании на основе исторических данных.

Генеративный дизайн и 3D-печать уже сегодня совершают революцию в проектировании и производстве, используя искусственный интеллект в создании инновационных проектов. Авиастроение, космонавтика, автомобилестроение, медицина, производство различных спортивных товаров, предметов декора и элементов архитектуры — во всех этих и многих других сферах ощущают применение в своей практике чрезвычайно высокопроизводительных компьютерных вычислений, способствующих ускорению разработки продукции и улучшению её потребительских свойств, снижению расхода материалов, повышению производительности при изготовлении компонентов.

Генеративное проектирование находится сегодня на переднем крае производственной революции. В нём используются вычислительные алгоритмы

для создания оптимизированных по определённым критериям моделей, которые почти всегда превосходят возможности человеческой инженерии. Генеративный дизайн в сочетании с технологиями 3D-печати переворачивает концептуальное мышление, проектирование и производство продуктов, открывая новую эпоху эффективности, творчества и инноваций.

В этом цикле статей мы исследуем основные принципы генеративного дизайна, его применение в 3D-печати, глубокое и часто революционное влияние на различные отрасли промышленности, жаждущие инноваций. Пришло время быть на шаг впереди. Вы готовы?

## Что такое генеративный дизайн?

**Генеративное проектирование или порождающее моделирование** — это метод использования компьютерных алгоритмов ИИ, машинного обучения и автоматизированного проектирования для быстрого создания множества (сотен и тысяч) вариантов видения продукта на основе описания инженером параметров и ограничений.

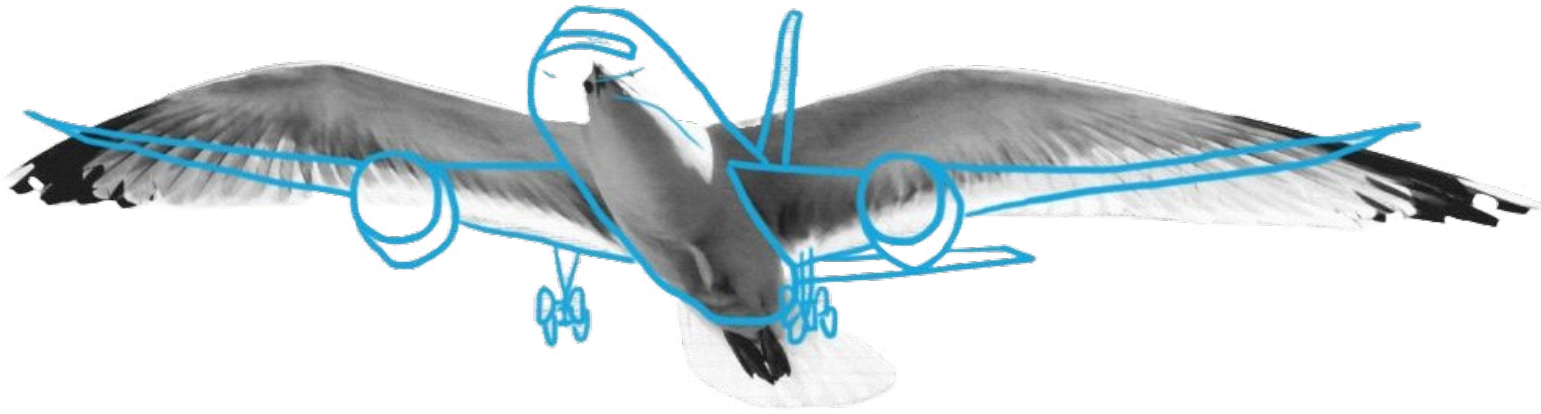


Рис. Форма самолета, подсказанная птицей

Делегирование человеком части процесса компьютерным технологиям приводит к созданию оптимизированной модели с уменьшением объёма материала, количества деталей, и, как следствие, массы и стоимости производства, а форма изделий начинает походить на природные бионические структуры (биомимикрия). Генеративное проектирование формирует новые требования к современным и будущим САПР для инженеров и дизайнеров в различных отраслях промышленности.

В отличие от традиционных методов проектирования, которые полагаются на опыт, интуицию разработчика, а также бесконечную ручную оптимизацию параметров после натурных экспериментов, генеративное проектирование использует возможности быстрых и сложных вычислений для аналитики компонентных взаимосвязей и поиска инновационных решений, результатом которых становится появление нетрадиционных, воодушевлённых природой высокоэффективных форм. Поэтому несмотря на свою сложную природу, генеративное проектирование приобретает всё большую практическую значимость и всё более активно применяется в различных областях техники и дизайна.

## Разница между топологической оптимизацией и генеративным проектированием

Возможности генеративного проектирования и топологической оптимизации в последнее время привлекают пристальное внимание учёных из вузов и исследовательских институтов, а также инженеров из предприятий и КБ. Однако очень важно различать эти два понятия, поскольку их часто ошибочно отождествляют.

**Топологическая оптимизация** не является новой концепцией, она используется более двух десятилетий в САПР и полностью зависит от опыта инженера-расчётчика, задающего нагрузки и ограничения на деталь в соответствии с условиями эксплуатации изделия. Топологическая оптимизация входит в состав CAE (англ. Computer-aided engineering) – программ и программных пакетов, предназначенных для решения различных инженерных задач: расчётов, анализа и симуляции физических процессов. По требованию инженера CAE «разбивает» модель на конечные элементы (КЭ) методом триангуляции и применяет численный метод решения дифференциальных уравнений с частными

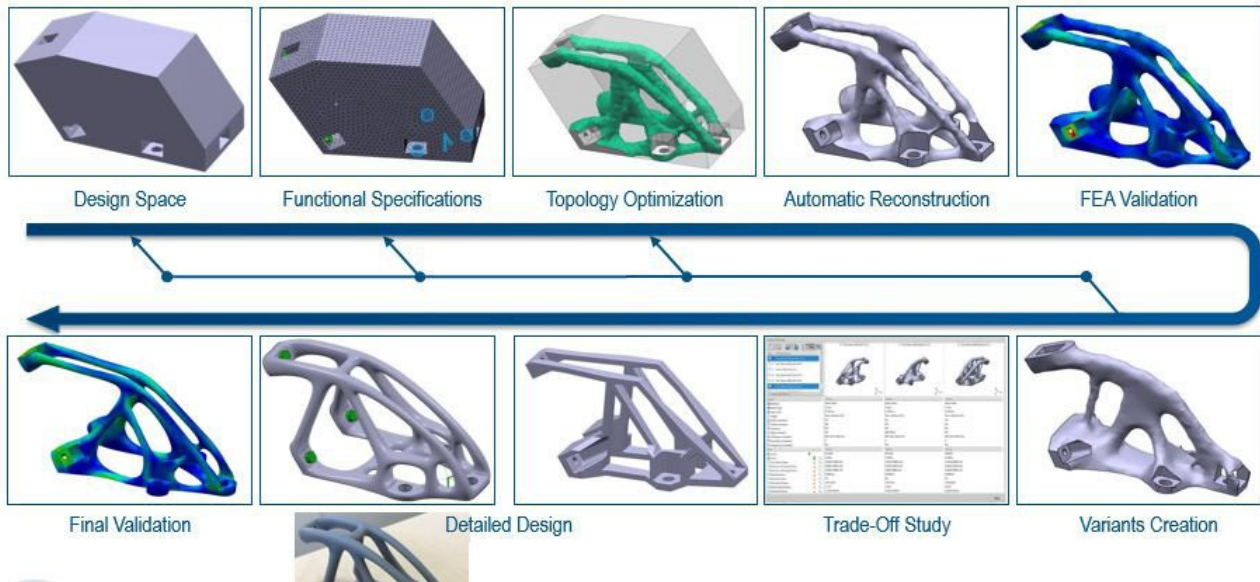


Рис. Рабочий процесс проектирования детали с помощью генеративного дизайна в 3DEXPERIENCE (Dassault Systemes)

производными, а также интегральных уравнений, возникающих при решении задач прикладной физики. В результате упрощённая сетчатая модель гораздо легче поддаётся вычислениям, особенно если для расчётов используется вычислительный кластер (суперкомпьютер).

**Генеративное проектирование** — это более объёмное понятие, включающее в себя ряд инновационных подходов к проектированию, а топологическая оптимизация является его частью. Для генеративного проектирования не требуется модель, разработанная человеком, ведь оно само берёт на себя роль инженера или дизайнера, ставя себе задачу разработки ряда вариантов в соответствии с техническим заданием, полученным от человека.

## Понимание этапов генеративного проектирования

Когда инженеры и дизайнеры работают над проектом, им обычно приходится создавать изделие с самого начала, учитывая различные требования. Однако этот процесс отличается от процесса

генеративного проектирования. Вот подробное пошаговое описание того, как работает генеративный дизайн:

**1. Задание параметров проектирования.** Вместо традиционного подхода с проектированием в CAD с нуля вы задаёте цель и параметры проектирования в ПО для генеративного проектирования, например, вводите ограничения, такие как вес, размер и габариты пространства для функционирования деталей.

**2. Силы, давление и нагрузки.** Необходимо задать подробную информацию о силах, давлении и нагрузках, которые должна выдержать деталь. Эта информация помогает компьютерным алгоритмам рассчитывать форму детали, усиливая слабые места с высоким напряжением и удаляя излишки материала там, где его количество избыточно.

**3. Материал.** Выбирается материал для создания модели. Этот ответственный шаг позволяет программе оперировать ограничениями, не выходя за возможности материала и оптимизируя его количество с учётом областей напряжений.



Рис. Совершенствование оптимизации кронштейна (PTC)

**4. Производственный процесс.** На этом этапе требуется описать производственный процесс, например, аддитивное производство или обработку на станках с ЧПУ, поскольку каждый метод имеет свои особенности, которые ПО для генеративного проектирования должно учитывать для обеспечения технологичности производства.

**5. Вариативность конструкций.** ПО для генеративного проектирования использует алгоритмы искусственного интеллекта для поиска лучшего дизайна на основе предоставленных на предыдущих шагах ограничений.

**6. Анализ и выбор.** После произведённого расчёта предлагается множество вариантов геометрии, каждый из которых удовлетворяет требованиям, заданным ранее. Затем инженеры или дизайнеры анализируют предложенное ПО и выбирают конструкцию, которая лучше всего соответствует их конкретным критериям, опыту и текущим производственным возможностям.

ПО для генеративного проектирования обычно использует облачные вычисления и машинное обучение для поиска новых решений, анализа и обучения на многочисленных итерациях и оптимизированных вариантах. Таким образом имитируется эволюционный подход природы к дизайну, но с использованием возможностей ИИ и машинного обучения.

## Эволюция генеративного проектирования

Чтобы лучше понимать инновационность генеративного проектирования и его перспективы, давайте коротко рассмотрим его эволюцию.

► **1960—1970-е годы:** зарождение генеративного проектирования приписывают новаторскому вкладу таких математиков, как Джон Конвей и Бенуа Мандельброт. Их реализация передовых математических моделей и алгоритмов проложила путь к созданию сложных проектов, в первую очередь в архитектуре и искусстве.

► **1980-е годы:** появление САПР изменило правила игры в сфере проектирования. Это позволило инженерам создавать цифровые модели и манипулировать ими с беспрецедентной лёгкостью. Несмотря на первоначальные ограничения по сложности, эти ранние САПР заложили основу для будущих разработок.

► **1990-е годы:** появление параметрического проектирования, в котором инженеры могли работать с проектами на основе параметров и правил. Этот новый подход обеспечил повышенную гибкость и вариативность, а изменения в параметрах тут же отражались на всей модели.

► **Начало 2000-х:** исследователи углубились в область генетических алгоритмов для решения проблем

оптимизации и автоматизации процесса проектирования.

► **2010-е годы:** появление ПО для генеративного проектирования — многообещающего сочетания передовых алгоритмов и ИИ. Используя вычислительные возможности облачных вычислений, эти инструменты могут охватывать обширные пространства проектирования и извлекать информацию из предыдущих проектов, предлагая заглянуть в будущее эффективности и результативности проектирования.

► **2020-е годы:** современные инструменты генеративного проектирования

развились и стали включать в себя сложные возможности моделирования. Теперь проектировщики могут оценивать и уточнять проекты по множеству критериев, включая структурную целостность, тепловую динамику и движение жидкости. Сегодня — это вершина эволюции генеративного дизайна.

Читайте другие части:



[clck.ru/3DfW2H](https://clck.ru/3DfW2H)



[clck.ru/3DfWaH](https://clck.ru/3DfWaH)



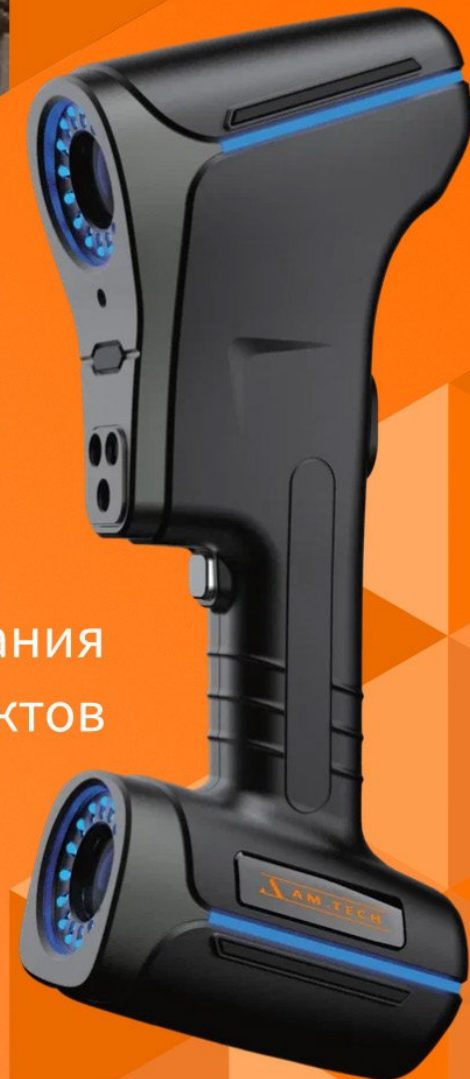
[clck.ru/3DfXDC](https://clck.ru/3DfXDC)



**АХЕ В-11 | В-17**

Оптimalен для сканирования  
больших объектов

 **AM.TECH**  
Additive Manufacturing Technologies





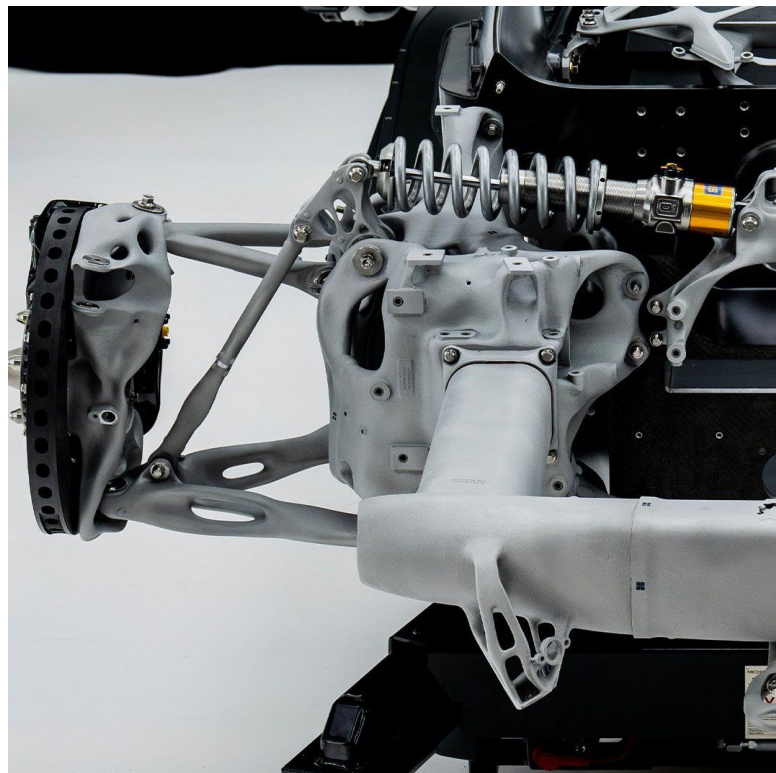
# Кронштейны: аддитивные гроссмейстеры

Бьёмся об заклад, что при упоминании аддитивных технологий опытные интеграторы, потребители и аналитики в первые ряды преимуществ ставят именно печать кронштейнов. Что же в них такого выдающегося, почему именно на них часто обращают внимание? Давайте разбираться с их металлическими версиями.

## Что ты такое, кронштейн?

Не вдаваясь в занудство, скажем, что кронштейном называют крепежные приспособления, предназначенные для соединения двух и более деталей. Соединения могут быть как подвижными, так и нет. Неподвижные соединения должны жёстко фиксировать детали. Если соединение подвижно, то подвижность может обеспечивать один или несколько кронштейнов, скрепленных между собой (подшипниками, втулками), особенно, если их геометрия не очень сложна. В исключительных случаях высокая подвижность также может быть обеспечена одним сложным кронштейном. В первом и во втором случаях реализовать задуманное вам помогут старые, давно применяемые технологии, а также относительно новые, аддитивные.

Классические методы обычно ограничены возможностями оборудования,



поэтому кронштейны, изготовленные с их помощью, часто выглядят... стандартно – технологично, и при этом громоздко. Другое дело, когда у вас в распоряжении есть 3D-принтер: тогда об ограничениях можно забыть. В этом случае послойный синтез позволяет печатать изделия любой сложности и использовать при этом новые принципы проектирования, называемые топологической оптимизацией, генеративным проектированием, вычислительной инженерией, неявным моделированием...

Практически все отрасли промышленности: приборостроение, автопром, тяжелое машиностроение, строительство, производство товаров широкого потребления так или иначе используют кронштейны. От качества соединения зависит работоспособность, надёжность и безопасность конструкций, поэтому

наша тема крайне важна для всех категорий производителей и потребителей.

## Зачем использовать 3D-печать для кронштейнов?

Казалось бы, зачем наделять кронштейн более высокими свойствами, чем это привыкла успешно делать традиционная обработка? Можно же остановиться на простой конструкции ответственного изделия. Приведём основные преимущества применения для их изготовления аддитивного производства:

1. Облегчение веса путем применения методов оптимизации.
2. Облегчение веса за счёт использования сложных ячеистых структур.
3. Агрегация компонентов в одно изделие, дающее возможность сокращения сборочных операций и упрощения технического обслуживания как всего узла, так и крепежных элементов. Также при агрегации может проявиться эффект повышения общей прочности кронштейна по причине сокращения количества болтовых, сварочных, клеевых или прочих соединений.
4. Применение сложных в обработке сплавов, тугоплавких материалов для получения высокоэксплуатационных качеств.
5. Благодаря участию в подобных проектах инженеры учатся проектировать изделия с новыми эксплуатационными качествами, переводить промышленность и потребителя на новый этап развития, что не всегда удаётся сделать классическими методами.
6. Сокращение времени и себестоимости работ, в том числе за счёт сокращения количества рабочего персонала и отсутствия необходимости в оснастке.

7. Увеличение срока службы компонента.

8. Все чаще 3D-печать наделяется возможностью контроля качества, что гарантирует принятие изделия ОТК завода.

Многие из приведенных выше теоретических основ справедливы не только для металлических материалов, но и для термопластов. Последние, в частности, получают широкий простор для экспериментов, поскольку могут использоваться в связке с различными модификаторами и добавками (стеклянные шарики, углеродные рубленые или непрерывные волокна, кевлар, и прочие).

## Кейсы

Рассмотрим примеры использования аддитивных технологий при проектировании и производстве кронштейнов.

### Кронштейн держателя газоразрядных ламп высокого давления Philips

Первый пример, который мы рассмотрим, способен сразу возвести кронштейны в ранг эталонов, потому как в нем вы увидите воплощение очень многих преимуществ 3D-печати.

Компания Philips совместно с Materialise использовала 3D-печать для изготовления [кронштейна](#) держателя газоразрядных ламп высокого давления при их герметизации. Использование кронштейна старой конструкции, состоящего из четырех частей, часто приводило к остановке производственной линии минимум на 2 часа один или два раза в неделю. Это происходило по причине многократного воздействия высоких температур, из-за чего сварочные швы деформировались и лопались. Кроме того, чтобы на кронштейнах не образовывались канавки от проволоки,





Рис. Эволюция дизайна кронштейна: а) старая конструкция детали, б) прототип, в) оптимизированная и технологически выверенная форма кронштейна под серийное аддитивное производство (Materialise)

их нужно было часто снимать с линии и чистить. Проанализировав множество замечаний к старой конструкции, инженеры Philips нашли выход из положения, агрегировав детали в единый корпус, а Materialise помогла с 3D-печатью по технологии L-PBF.

За счет переосмысления проектирования кронштейна держателя лампы и всасывающего захвата удалось достичь экономии средств примерно на 89 000 евро в год, ведь детали в принципе перестали выходить из строя. Забавно, но инженеры Philips, не имея опыта эксплуатации напечатанных деталей, мечтали просто о сокращении количества ремонтов, но в итоге получили их полное отсутствие, а также более редкую процедуру очистки с возможностью проводить техническое обслуживание на месте, не снимая узел. На предприятии стали активнее использовать цифровой склад, обращаясь к нему по мере надобности, тем самым соблюдая принципы бережливого производства.

Таким образом, оставаясь долгое время в заложниках традиционной геометрии деталей, они открыли для себя новые инструменты проектирования и производства, что практически перевернуло их представление о производственной гармонии в разных сферах.

[Смотреть видео.](#)

## Кронштейн волноводного разветвителя АО «НИИ ТП»

Очень интересным нам показался кейс от отечественной компании Остек-СМТ, выполненный в интересах АО «НИИ ТП». Оригинальный алюминиевый кронштейн волноводного разветвителя, разработанный АО «НИИ ТП», изготавливался пайкой из 16 деталей, что весьма трудоёмко и требует специальной оснастки для обеспечения требуемых допусков. В первой части проекта было решено агрегировать все детали в одну и напечатать. В результате сразу два кронштейна были напечатаны целиком из сплава AlSi10Mg (РУСАЛ) за 49 часов на однолазерной системе L-PBF.

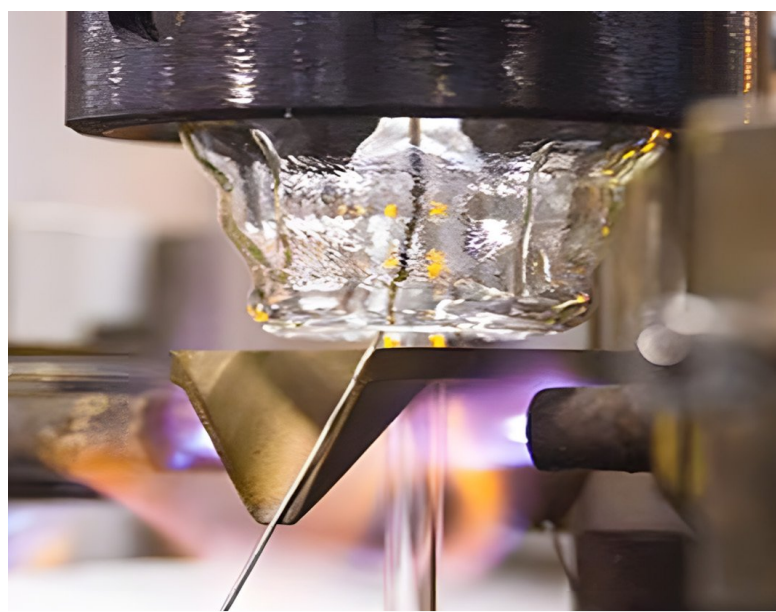


Рис. Новый кронштейн Philips в работе на сборочной линии

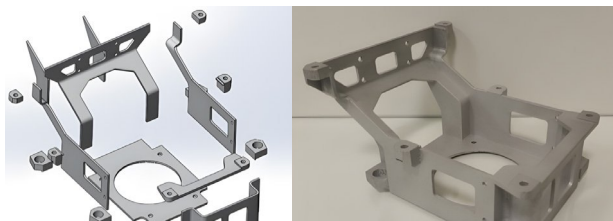


Рис. Кронштейн волнового разветвителя: а) разнесенный вид, б) фотография напечатанного изделия, объем без поддержек 58,8 см<sup>3</sup> (Остек-СМТ)

Остановит ли это пытливого инженера? Несмотря на явное преимущество в скорости производства, яркие преимущества от 3D-печати перед классическими технологиями раскроются только после оптимизации конструкции, её перепроектирования. Генеративное проектирование Autodesk Fusion 360 было выбрано для поиска удовлетворяющих решений. После расчета инженер выбрал наиболее подходящий вариант (по массе, прочности, допустимым деформациям, технологичности и другим критериям) и доработал модель.

**Важные особенности проекта:**

- ▶ снижение массы кронштейна на 56%: с 214 до 94 г;
- ▶ объединение 19 деталей в одну (кронштейн + держатели кабеля);
- ▶ уменьшение объёма поддержек при печати в 1,5 раза;
- ▶ сокращение времени печати на 28%;
- ▶ снижение стоимости напечатанного изделия в 1,9 раза;
- ▶ возможность печати кронштейна вместе с волноводом – объединение



Рис. Кронштейн, разработанный с применением генеративного проектирования во Fusion 360 (Остек-СМТ)

32 деталей в одну;

- ▶ расчётный коэффициент запаса прочности > 2 при заданных схемах нагружения.

**Кронштейн оптического станда Fraunhofer EMI для ERNST**



Рис. Оптический станд для наноспутника ERNST (Fraunhofer EMI)

Для космических программ также начинает широко использоваться 3D-печать. Настоящий оптический станд, [созданный](#) Fraunhofer EMI, работает на орбите в наноспутнике ERNST. Он был оптимизирован с помощью CATIA и Hyperworks Optistruct для сокращения веса, ведь это крайне важно для полётов. Станд имеет целый ряд объединённых компонентов, включая радиатор для рассеивания тепла. В качестве материала был выбран прогрессивный материал Scalmalloy, представляющий собой сплав алюминия, магния и скандия, коррозионно-стойкий материал, по прочности не уступающий титану. Разработан специально для аддитивного производства по технологии L-PBF, сочетает в себе высокую прочность и пластичность, что делает его идеальным для использования в авиастроении, космических разработках, ВПК, машиностроении.

Читайте другие части:



[clck.ru/3DfZ7B](https://clck.ru/3DfZ7B)



[clck.ru/3DfZFg](https://clck.ru/3DfZFg)

# Подшипники умнеют



clck.ru/3De66V

Подшипниковую отрасль недаром называют лакмусовой бумажкой, показывающей уровень развития всей промышленности. Подшипники – это важнейшие компоненты, используемые для уменьшения трения между движущимися деталями, улучшающими эксплуатационные качества и увеличивающие срок службы компонентов.

Тела качения или скольжения с минимальной шероховатостью как раз и служат для этого. Часто созданные круглыми, напоминающими колеса, эти завораживающие механизмы играют решающую роль в динамике активных компонентов многих отраслей промышленности – от оборонки до станкостроения, от металлургии до энергетики. Например, подшипники используют в автомобилях, особенно приводимых с помощью ДВС, в механизмах рулевого управления, колесном валу, ступицах колес. Подшипники также выполняют свои задачи в

авиационных турбинах, на сборочных линиях и в медицинском оборудовании.

Один из наиболее распространенных типов этих изделий – шариковые или роликовые (цилиндрические) подшипники. Обычно они состоят из трех ключевых элементов: гладких внутренней и внешней поверхностей, известных как внутреннее и наружное кольцо, элементов качения, таких как шарики или цилиндры, и сепаратора, выполняющего функции разделителя для элементов качения. Цилиндры или шарики служат опорой для устройства, позволяя ему свободно вращаться.

Что и говорить, подшипники – продукт стратегический, и создать у себя полноценную подшипниковую индустрию смогли только технически развитые страны – США, Швеция, Германия, Япония, Франция, Китай, Россия. По данным издания «Коммерсант», в высокотехнологичном и, соответственно, наиболее маргинальном сегменте законодателями моды являются такие компании, как SKF (Швеция), Schaeffler (ФРГ), Timken (США), NSK (Япония). Средний и низкий технологические сегменты в основном занимают около 200 китайских заводов.

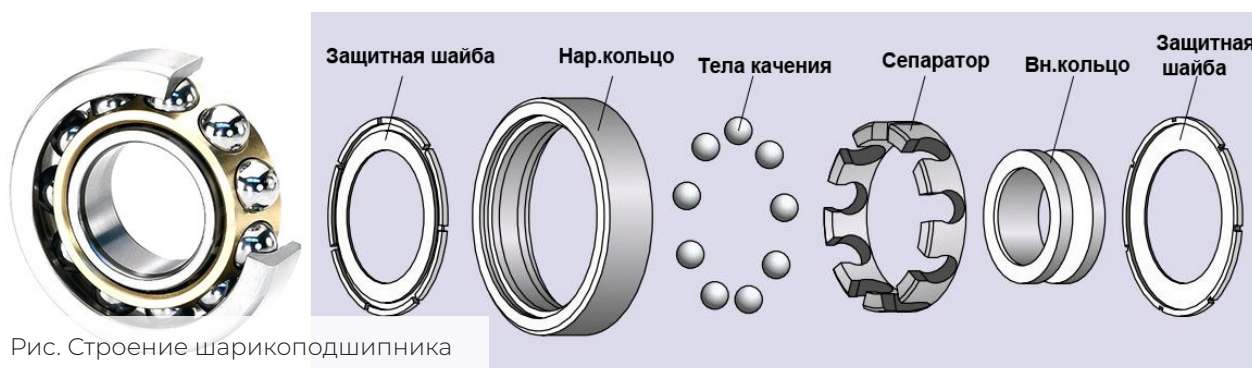


Рис. Строение шарикоподшипника

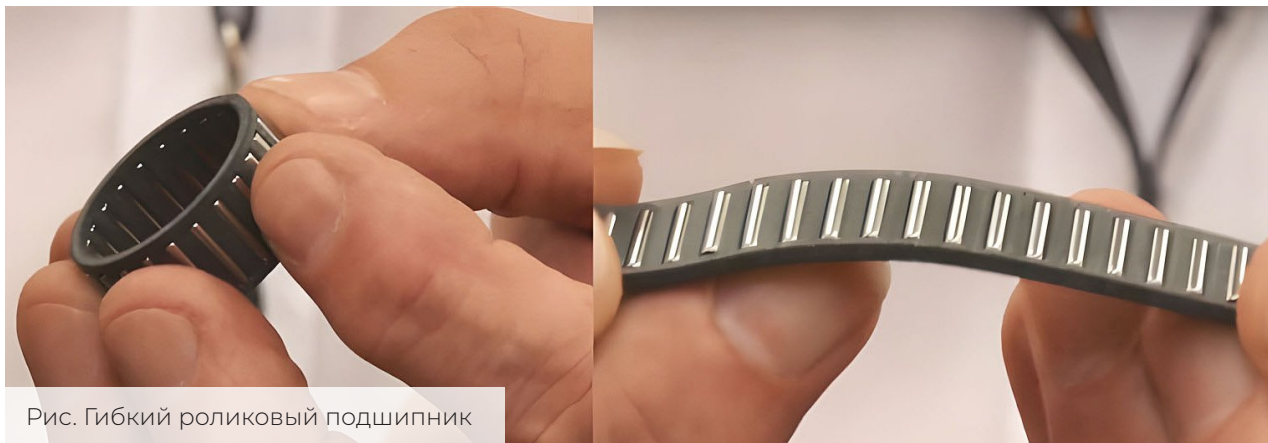


Рис. Гибкий роликовый подшипник

А вот их российские коллеги пока только мечтают о том, чтобы хотя бы частично восстановить былое величие. Только представьте себе, что в советское время 34 отечественных завода ежегодно выпускали 1 млрд подшипников всех типов! Надо сказать, жизнь сейчас предоставляет для этого шанс. И речь здесь не столько о количественных показателях, сколько о возможности сделать мощный качественный рывок. Ведь сейчас во всех технологических сегментах прослеживаются общие тенденции – агрегация компонентов, использование компьютерного моделирования и искусственного интеллекта, кастомизация продуктов под конкретные задачи. Производители подшипников в этом смысле находятся в тренде – они всегда ищут способы предложить своим клиентам индивидуальные решения и разработать более совершенные конструкции подшипников. Одной из технологий, помогающих достичь этих целей, является 3D-печать.

Какие преимущества обеспечивают АТ для производства подшипников? Начнем с очевидного достоинства, которое проявляется при аддитивном производстве практически всех металлоизделий, – уменьшение веса изготовленных с помощью 3D-печати деталей. С помощью 3D-печати также можно создать более легкую деталь, используя

ячеистые структуры или топологическую оптимизацию. Станки с ЧПУ или многооперационные технологии и последующая многокомпонентная сборка далеко не всегда готовы предложить изделия с такими актуальными свойствами. Отдушина для многих энтузиастов – доступная технология экструзии полимерной нити FFF, позволит в некоторых случаях даже заменить металл на полимер, например, полиамид/нейлон с армирующими добавками композиционного материала. Или же можно использовать технологию SLS для работы с универсальным полиамидом, или гибким термополиуретаном. Использование полимеров вместо металлов, таким образом, помогает снизить стоимость, вес подшипника, а также выйти за рамки ограничений проектирования под возможности традиционных производств. Кроме того, полимерный каркас, напечатанный на 3D-принтере, значительно снижает износ тел качения по сравнению с обычными стальными кольцами.

Еще один несомненный плюс – сокращение затрат на оснастку. При изготовлении подшипников с использованием традиционных технологий стоимость оснастки может достигать 4 – 6 млн руб. за комплект. Для производителей, которым требуется выпустить небольшие или средние партии подшипников,



Рис. 3D-печать по технологии FFF (igus)

традиционные методы часто оказываются непомерно затратными. В свою очередь, 3D-печать открывает возможность создания подшипниковых элементов, таких как сепараторы, непосредственно без использования оснастки. Прямое их изготовление с помощью 3D-печати является высококонкурентным вариантом для изготовления подшипников малого и среднего тиража.


Наконец, аддитивные технологии способны обеспечить непревзойденную ранее сложность конструкции, тем самым повышая ее эксплуатационные характеристики. Например, британский производитель подшипников Bowman

International переработал конструкцию сепаратора, добавив в него больше элементов качения, что увеличило срок службы подшипника. С помощью 3D-печати производители также могут изготавливать сепараторы подшипников из гибких материалов, что позволяет им легко обходить сепаратор вокруг вдоль поверхности колец.


Читайте вторую часть:



[clck.ru/3DfZeD](http://clck.ru/3DfZeD)




**AM.TECH**  
Additive Manufacturing Technologies




**Сделано в России – Российское ПО!**  
**AMT-16 - подключил и работай!**

Аддитивный комплекс для 3D-печати металлических изделий сложной формы в короткие сроки



am.tech

+7 (495) 108 60 68  
office@am.tech



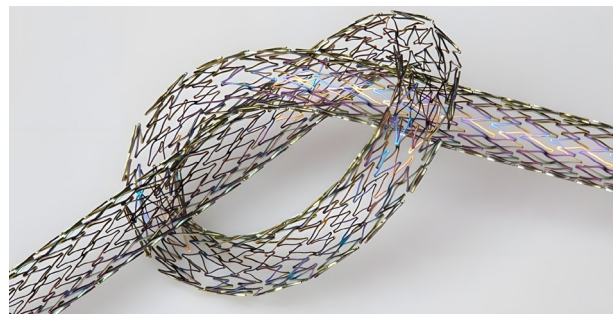
# Что-то с памятью стало...



clck.ru/3Dedr2

В развивающемся мире аддитивного производства металлов (АП) сплавы с «эффектом памяти» формы ЭПФ (англ. Shape Memory Alloys, SMA) вызывают значительный предметный интерес благодаря своим нестандартным качествам. Самым ярким примером на поле АП можно назвать успешно применяемый никель-титановый сплав нитинол, который способен после деформации восстанавливать свою первоначальную форму при нагреве. Эта суперспособность открывает беспрецедентные возможности для таких отраслей, как авиастроение, космонавтика, медицина, автомобилестроение и робототехника, где решающее значение имеют высокая точность и адаптация.

Сплавы с ЭПФ — это класс «умных» материалов, способных восстанавливать свою первоначальную форму после деформации, вызванной изменением температуры (эффект памяти формы — Shape Memory Effect, SME) или механическим напряжением (сверхэластичность). Эта уникальная способность обусловлена обратимым фазовым превращением



между двумя твёрдыми фазами — аустенитом и мартенситом. Сплав с ЭПФ фиксируют в исходной форме, которую он и «запоминает», затем подвергают отжигу при  $500^{\circ}\text{C}$ . В процессе отжига образуется неупругая твёрдая высокотемпературная фаза сплава — аустенит. При последующем охлаждении образца формируется упругая, легко деформируемая низкотемпературная фаза — мартенсит. При последующей деформации и нагреве сплава атомы образуют аустенитную решётку, и форма образца восстанавливается.

Сплавы с «эффектом памяти» нашли множество применений – в медицине, в устройствах автоматического включения/выключения, регуляторах. Например, пружинная шайба из такого сплава для болтовых соединений не даёт увеличиваться переходному сопротивлению при эксплуатации электрического контакта.

## Распространённые ЭПФ в аддитивном производстве:

1. Нитинол — никель-титановый сплав (NiTi). Материал известен своей высокой биосовместимостью, коррозионной стойкостью и сверхэластичными свойствами. Нитинол широко используется в биомедицинских имплантатах и аэрокосмических приводах.

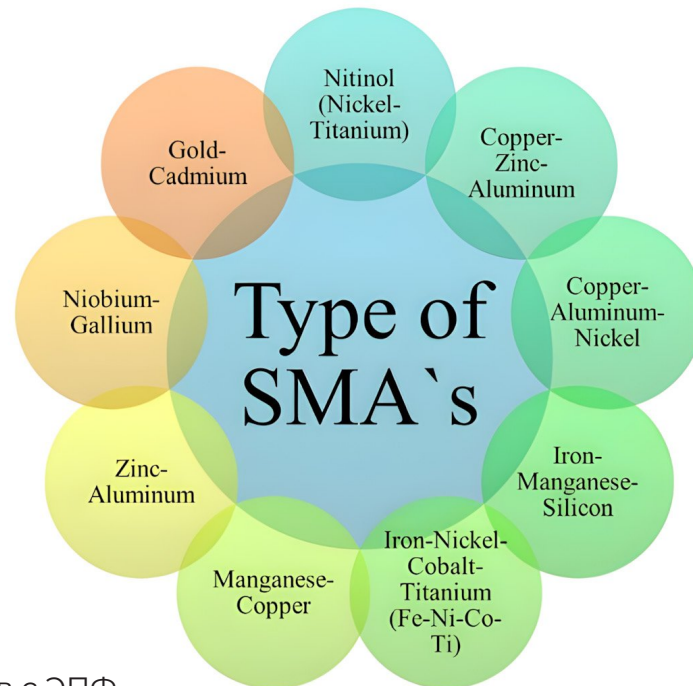


Рис. Виды сплавов с ЭПФ

2. Сплавы на основе меди (Cu-Al-Ni, Cu-Zn-Al). Это достаточно экономичные альтернативы NiTi, обладающие хорошими свойствами памяти формы и используемые в тех областях, где приоритетна низкая стоимость.

3. Сплавы на основе железа (Fe-Mn-Si). Отмеченные высокой прочностью и усталостной прочностью, эти сплавы подходят для конструкционных применений.

4. Сплавы Ni-Ti-Hf-Zr SMA обеспечивают работу в более широком диапазоне температур (от -100°C до 300°C) и большую стабильность размеров, прочность, чем любой другой сплав с ЭПФ, представленный на рынке. Применяется в аэрокосмической, автомобильной, биомедицинской и прочих отраслях.

#### Рассмотрим преимущества использования ЭПФ в АП металлов:

1. Гибкость проектирования. Программное обеспечение под возможности АП позволяет создавать сложные геометрические формы, которые трудно изготовить с помощью традиционных методов производства. Это особенно полезно при работе с ЭПФ, поскольку

их свойства можно оптимизировать путём управления микроструктурой с помощью известных методов АП – селективного лазерного плавления (СЛП/LB-PBF) или электронно-лучевого плавления (ЭЛП/EB-PBF).

2. Кастомизация и прототипирование: благодаря сплавам с ЭПФ можно быстро создавать прототипы и изготавливать изделия на заказ, что очень важно для таких отраслей, как авиастроение, космонавтика, медицина.

3. Экономия материалов. Процессы АП зачастую минимизируют отходы материала за счёт его послойного добавления, что очень важно при работе с дорогими материалами ЭПФ, в том числе с нитинолом.

4. Расширенные функциональные возможности. Благодаря использованию «эффекта памяти» формы и сверхэластичности изделия могут иметь встроенные возможности срабатывания и демпфирования при определённых условиях, что делает их идеальными для применения в робототехнике и адаптивных аэрокосмических конструкциях.

## Когда стоит применять сплавы с ЭПФ в аддитивном производстве:

### 1. Аэрокосмические компоненты:

► приводы/актуаторы и адаптивные конструкции. ЭПФ-материалы могут применяться для производства лёгких и отзывчивых приводов для самолётов, которые адаптируют свою форму в ответ на внешние раздражители, повышая аэродинамическую эффективность и экономию топлива. Например, ЭПФ-актуаторы на основе NiTi можно использовать в трансформирующихся крыльях, которые меняют свою форму во время полёта для оптимизации характеристик.

► системы терморегулирования: ЭПФ могут служить в качестве чувствительных к температуре компонентов в системах терморегулирования для спутников, изменяя свою форму для эффективного управления теплоотдачей.

### 2. Биомедицинские имплантаты:

► стенты и ортодонтические устройства. Биосовместимость и сверхэластичность нитинола делают его идеальным материалом для производства саморасширяющихся стентов, которые могут сжиматься при установке, а затем расширяться для поддержки кровеносных сосудов. Аналогичным образом, ортодонтическая проволока для зубных дуг на основе ЭПФ оказывает постоянное давление в течение долгого времени, снижая необходимость в частой настройке.

► устройства для фиксации костей. Печатаемые винты из ЭПФ-материалов и пластины могут соответствовать сложным костным структурам, обеспечивая более эффективные и персонализированные варианты лечения.

### 3. Роботизированные актуаторы:

► мягкая робототехника. ЭПФ совершают революцию в области мягкой робототехники, предлагая материалы, способные обеспечивать сходное с мышцами управление. Например, проволока из нитинола может быть напечатана на 3D-принтере для использования в роботизированных захватах, которые регулируют силу и форму захвата в зависимости от объектов, с которыми они работают.

► медицинская робототехника. В малоинвазивных хирургических роботах компоненты ЭПФ обеспечивают точные, контролируемые движения, снижая агрессивность хирургических процедур.

### 4. Автомобильные компоненты:

► компоненты, реагирующие на температуру. Приводы на основе ЭПФ могут быть интегрированы в автомобильные системы климат-контроля, регулируя поток воздуха в зависимости от изменения температуры. Кроме того, пружины из ЭПФ материалов могут использоваться в системах безопасности автомобилей, таких как раскладывающиеся бамперы, которые активируются при ударе.

### 5. Энергетические и экологические применения:

► интеллектуальные сети и датчики. Сплавы с ЭПФ могут использоваться в интеллектуальных сетях для динамического управления нагрузками, оптимизируя распределение энергии. Они также играют роль в создании чувствительных датчиков, которые могут подстраиваться под изменения окружающей среды, предоставляя данные в режиме реального времени для принятия более эффективных решений.



В качестве подробного примера рентгенобельного производства изделий из нитинола с помощью АП можно привести печать артериальных стентов. Они представляет собой трубку из проволочной сетки, которая действует как каркас, удерживая артерию открытой и восстанавливая нормальный кровоток в области, где образовались бляшки. Такие стенты должны решить две ключевые проблемы: введение во время операции и способность сохранять первоначальную форму в течение длительного времени.

Раньше нитиноловые стенты изготавливались из спиральной, плетеной или трикотажной проволоки, но в местах, где проволока пересекалась, толщина стенок увеличивалась. Сегодня большинство из них изготавливаются из бесшовных нитиноловых микротрубок, из которых лазером вырезают сетчатые конструкции. Стенты, вырезанные лазером, требуют обработки поверхности посредством кислотного травления или электрополировки для удаления зоны термического воздействия, оставшейся в результате лазерной резки, и создания слоя оксида титана, который противостоит коррозии и делает устройства более биосовместимыми.

Используя аддитивную технологию L-PBF/SLM можно создавать индивидуальные конструкции артериальных стентов, лучше подходящих для каждого пациента.

Сплав нитинола на 55% состоит из никеля, и такое содержание никеля способствует температуре трансформации материала, температуре, которая вызывает возврат материала в первоначальное состояние. Для этих саморасширяющихся стентов трансформация должна происходить при температуре около 37°C. Никель имеет



Рис. Графическое представление установки стента в артерию

низкое давление паров по сравнению с титаном, и он может испаряться под действием лазера. Если какая-то часть никеля будет утеряна при печати, то это изменит соотношение никель-титан, и температура трансформации полностью изменится. Поэтому очень важно правильно подбирать параметры для работы принтера, а также термическую постобработку. Также стенты обычно строятся вертикально, поэтому каждый угол геометрии составляет не менее 45 градусов, и это помогает обходиться без использования поддержек.

Однако при несомненной перспективности применения сплавов с ЭПФ, существует и ряд проблем, требующих решения:

1. Высокая стоимость материалов: сплавы с ЭПФ, особенно нитинол, являются дорогостоящими. По этой причине для минимизации потерь материала требуется оптимизировать производственный процесс.
2. Сложность обработки: нежелательные фазовые превращения могут происходить в материалах при работе с такими технологиями, как ЭЛП и ЭЛП, что часто будет приводить к внутренним напряжениям и снижению характеристик материала. Контроль этих параметров крайне важен для поддержания желаемых свойств памяти формы и сверхэластичности.



Рис. Артериальные стенты из нитинола, построенные вертикально практически без поддерживающих структур (CSIRO)

3. Финишная обработка поверхности и необходимость в постобработке: результатом АП часто являются поверхности с высоким уровнем шероховатости. Для улучшения качества поверхности и лучшей биосовместимости требуется проведение постобработки. Для решения этой проблемы можно использовать такие методы, как электрохимическая полировка или лазерная обработка поверхности.

4. Проблемы масштабируемости: несмотря на то что АП отлично подходит для создания прототипов и для мелкосерийного производства, масштабирование для массового производства может быть дорогостоящим и технически сложным из-за специфических требований ЭПФ-материалов.

### Практические рекомендации

1. Оптимизация: используйте передовые инструменты моделирования для оптимизации параметров АП для работы со сплавами с ЭПФ, например, мощность лазера, скорость сканирования и ориентация деталей в камере построения. Это позволяет уменьшить количество дефектов и улучшить свойства материала.

2. Сотрудничество с материаловедами: взаимодействуйте с ними для разработки индивидуальных составов сплавов с ЭПФ, отвечающих конкретным требованиям. Изменение микроструктуры сплава с помощью АП может значительно улучшить его свойства.

3. Постобработка: используйте важную и ответственную постобработку, такую как термообработка и финишная обработка поверхности.

4. Используйте гибридные подходы к производству: сочетание АП с традиционными субтрактивными методами может помочь преодолеть некоторые ограничения АП, такие как качество обработки поверхности и масштабируемость.

5. Контроль качества: разработайте строгие протоколы контроля качества для мониторинга и управления микроструктурными характеристиками и механическими свойствами деталей.

6. Нормативные требования: для таких отраслей, как медицина и аэрокосмическая промышленность, соблюдение отраслевых стандартов и норм имеет решающее значение. Регулярно консультируйтесь с регулирующими органами и обновляйте свои процессы в соответствии с меняющимися требованиями.

### Выводы

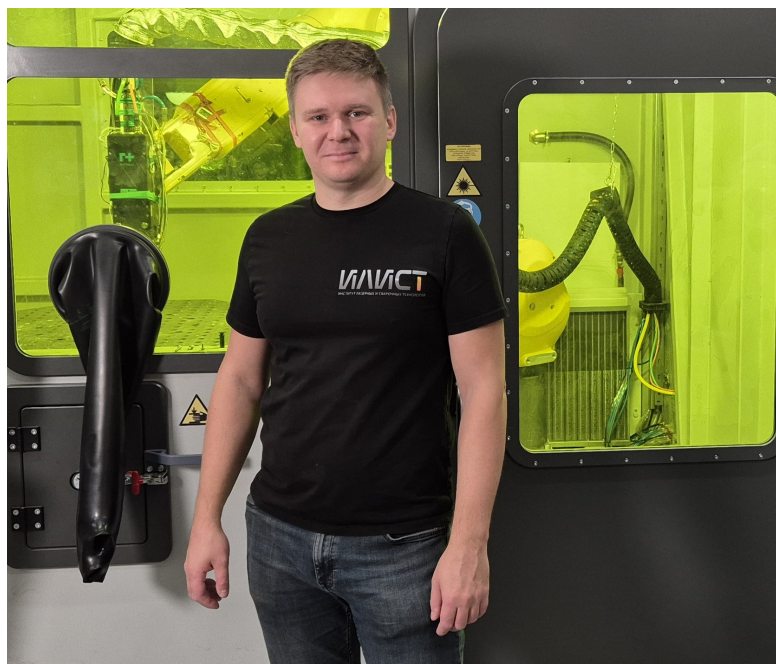
Сплавы с памятью формы представляют собой важную часть развития технологий АП, и имеют большой потенциал роста, позволяя производить сложные и ответственные компоненты для многих отраслей промышленности. Понимание практического применения, преимуществ и проблем, связанных с использованием сплавов с ЭПФ в АП, позволит стимулировать инновации, оптимизировать производство и сохранить конкурентное преимущество в этой быстроразвивающейся области. При стратегическом планировании и постоянной оптимизации сплавы с ЭПФ могут помочь раскрыть новые возможности в разработке, функциональности и адаптивности в АП металлов.

# Когда размер имеет значение, но основная ценность – знания



[clck.ru/3DegFc](https://clck.ru/3DegFc)

Аддитивная технология прямого лазерного выращивания (ПЛВ), по которой заготовки деталей изготавливаются путем лазерной наплавки металлических порошков, сегодня широко востребована во многих сегментах машиностроения, в том числе при производстве высокотехнологичной продукции. ПЛВ – отечественный термин, за рубежом, где лидеры АП стали применять эту технологию намного раньше нас, в ходу несколько различных аббревиатур для ее обозначения, самые распространенные – DED-P, LENS и DMD. В России работа над установками прямого лазерного выращивания началась достаточно поздно – в 2014 году. Лидером здесь был и остается Институт лазерных и сварочных технологий при Санкт-Петербургском Государственном Морском Техническом Университете (ИЛИСТ при «Корабелке»). Установки ИЛИСТ стали первыми отечественными образцами технологического оборудования для прямого лазерного выращивания крупногабаритных высокоточных заготовок из металлопорошковых композиций. Это обеспечило серьезный научно-технический задел для развития технологий аддитивного производства в России.



## ЧАСТЬ 1

Собеседник нашей редакции – руководитель отделения аддитивных технологий ИЛИСТ СПбГМТУ Константин Бабкин.

**– В публикациях о ваших продуктах упоминается, что в процессе создания линейки установок ИЛИСТ разработчики столкнулись с многочисленными проблемами, связанными с революционностью самой технологии. Пожалуйста, расскажите подробнее об основных проблемах и о том, какие их решения заложены в разработках серии ИЛИСТ?**

В этом году мы отмечаем юбилей. Ровно десять лет назад были начаты работы над технологией прямого лазерного выращивания. Команда разработчиков состояла тогда из двух человек. Сейчас в отделении аддитивных технологий ИЛИСТ занято 36 инженеров и технологов. Оглядываясь назад, можно сказать, что это был тяжелый, напряженный, но в то же время интересный и увлекательный путь. Было много проектов, ошибок, кру-

тых решений, стресса и работы на износ. Но все эти годы важным стимулом было стремление к красоте. Бытует мнение, что эффективные инженерные решения не могут быть не красивыми. Например, такие сугубо функциональные вещи, как ракеты, самолеты или парусные корабли удивительно красивы именно за счет своего технического совершенства. А что может быть красивее, чем наблюдать, как на твоих глазах из пыли и света создается новая деталь?

За прошедшие десять лет нам пришлось решить бесчисленное множество проблем, и всякий раз поставленные амбициозные задачи заставляли нас копать все глубже. Многие подсистемы, например, технологический инструмент, герметичная кабина или система автоматического управления, переделывались по десять раз. Каждый раз предыдущая итерация отправлялась на выброс и мы, с учетом полученного опыта, начинали всё сначала. Мы доводили оборудование до предела, чтобы выяснить все слабые места и их исправить. В результате каждый компонент установки ПЛВ выверен и отработан.

Если добавить немного технических подробностей, то начнем с того, что основополагающий принцип построения наших машин – надежность. С самого начала нашей целью были большие, тяжелые изделия. Когда выращиваемая заготовка весит 200 кг., тебе нужна высокая производительность и уверенность, что процесс будет доведен до конца. Если же по прошествии 200 часов работы что-то выйдет из строя и заготовку не удастся спасти, то придется начинать с начала. Возьмем, например, систему подачи металлического порошка. Мы используем ротационные питатели, в которых порошок транспор-

тируется по пневматическому шлангу в струе аргона. За пару тысяч часов работы металлический порошок проедает полиуретановые шланги насквозь, стираются скребки и диски колбы питателя, выходят из строя сопла и фитинги. Какое решение? Менять все расходные компоненты каждую тысячу часов? Это не наш путь. Мы годами экспериментировали, заменяли полиуретановые шланги полиамидными, меняли режим закалки дисков колб питателя и подбирали абразивоустойчивый пластик для скребков. И в итоге добились надежной работы в течении 10 000 часов.

**– Чем уникально оборудование от ИЛИСТ? Какие идеи от мировых лидеров получили в нем свое развитие, а что является эксклюзивом от разработчика?**

Первоначально отличительной особенностью наших машин было использование усовершенствованных промышленных роботов в качестве манипуляторов. Почти все компании, работающие над этой технологией, выбирали манипуляторы на базе линейных осей - Optomec, BeAM Machines, DMG Mori, Okuma, Insstek. У каждого из них есть своя история становления: кто-то производит фрезерные станки и берет его за основу, кто-то собирает манипулятор из подручных компонентов, кто то заказывает разработку в серьезной инжиниринговой компании. Но предпосылки одни – мы хотим получить точное изделие, поэтому нам нужен точный манипулятор, и стандартный промышленный робот с точностью позиционирования до 0.5 мм нам не подходит. При всех плюсах у манипулятора на линейных осях есть одна проблема – его стоимость растет в геометрической прогрессии с ростом размера изделия.

Использование современных промышленных роботов позволяет решить эту проблему и получить экономически целесообразное решение для изделий размером до 2 м.

С самого начала мы фокусировались на больших изделиях, размером до метра и более. А на таких размерах, к сожалению, точность изделия определяется не точностью позиционирования манипулятора, а сварочными напряжениями и умением технолога компенсировать деформации, который могут достигать сантиметра и даже более. Как показала наша практика, робот – практически идеальное решение для установок ПЛВ. Он гибок, неприхотлив, легко интегрируется в герметичные кабины, почти не требует технического обслуживания, прощает небольшие столкновения. При необходимости робот дооснащается дополнительными осями, например, наклонно-поворотными столами или линейными осями, что увеличивает технологические возможности и размер выращиваемых изделий.

Что касается остальных составляющих наших установок: мы начинали с копирования лучших подходов мировых лидеров, а затем на протяжении пяти лет шлифовали решения, доводя их до идеала. Мы обоснованно можем сказать, что наши технологические инструменты лучше немецких решений. Порошковый питатель обогнал по точности и стабильности подачи оригинал из Швейцарии. Даже система фильтрации инертного газа прошла через восемь итераций разработки, прежде чем принять финальный вид. Техническое совершенство всех подсистем всегда было нашей целью.

Но если говорить про эксклюзивные решения, то главное кроется не в технике.

Самое ценное, что мы предлагаем нашим клиентам, – наши знания в области создания сложных изделий. И я сейчас говорю не только про обучение работе на оборудовании и созданию управляющих программ. Мы с удовольствием делимся нашими процессами, чек-листами, процедурами. За последние пять лет у нас сформировалась система, включающая не только сам процесс выращивания, но полный комплекс действий, направленных на получение результата: входной контроль порошка, отработка режимов, перепроектирование изделий под возможности нашей технологии, компенсация деформаций, создание техмоделей и управляющих программ, контроль геометрии, термическая обработка и испытание образцов-свидетелей. В нашем видении все эти составляющие взаимосвязаны и перемежаются контрольными операциями. Именно эта система и является тем эксклюзивным решением, которое мы предлагаем нашим клиентам. Да, освоение нашего подхода требует ресурсов, но результат того стоит.

**– Пожалуйста, расскажите подробнее о созданной для установок ИЛИСТ системе автоматического управления. Легко ли ее освоить инженерам компаний-покупателей вашего оборудования?**

Наша система управления состоит из двух частей. Для управления самим манипулятором мы оставили оригинальный контроллер робота. Это проверенное годами решение, которое разрабатывали высококлассные инженеры. Даже с учетом нашего опыта сложно предложить что-то более удобное и надежное. Плюс это максимально упрощает обучение – если оператор знаком с любым промышленным роботом, он очень быстро освоит работу на нашей машине. Что и говорить,

если сегодня даже в колледжах учат управляться с подобными системами. Вторая часть – консоль управления, тут, наоборот, максимальным образом вложено наше понимание работы на машине. Консоль построена на базе большого сенсорного экрана, на который выводится видео с коаксиальной камеры, и вся необходимая информация о технологических параметрах процесса и состоянии оборудования. Качество интерфейса обеспечено участием операторов и технологов в разработке программного обеспечения. Более того, в нашей практике – и включение программистов в смены для работы на оборудовании, чтобы отлавливать не только ошибки, но и случаи, когда ПО используется не так, как задумывал разработчик.

**– Как вы относитесь к гибридному производству на основе АТ? Каковы на сегодня его основные преимущества и уязвимости? Над устранением каких уязвимостей вы сейчас работаете?**

Под гибридным производством обычно понимают сочетание аддитивного технологического процесса и какого-либо вида механической обработки в рамках одной установки. В качестве примера приведем установку DMG Mori Lasertec 65 Hybrid, которая сочетает функционал пятиосевого фрезерного обрабатывающего центра и установки прямого лазерного выращивания. По замыслу разработчиков, это позволяет в рамках одного станка получать из металлического порошка полностью готовое изделие. Однако наш опыт показывает, что этот подход не всегда работает. Если производится большой объем наплавки, то внутри изделия формируется напряженно-деформиро-

ванное состояние во время кристаллизации наплавленного металла. При последующей механической обработке часть напряжения снимается вместе с удаляемым материалом, а оставшееся перераспределяется, вызывая коробление обрабатываемой детали. Поэтому практически все заготовки после выращивания обязательно проходят через термическую обработку для снятия напряжений, и уже потом механически обрабатываются. Ну а если мы сняли выращенную заготовку со станка для отправки в печь, то нам уже без разницы, ставить ли ее обратно в гибридную машину, или же использовать специализированное оборудование. На практике мы выяснили, что гибридная машина стоит дороже и работает хуже, чем две специализированные единицы – обрабатывающий центр и установка ПЛВ.

Когда же гибридное производство имеет смысл? В первую очередь, в ремонтных операциях, когда за один установ нужно снять некоторый объем металла, потом наплавить новый и провести черновую обработку. Объем наплавки относительно небольшой и проблем с короблением меньше. Ну и финишную обработку можно провести после термической. Вторым развивающимся направлением является дооснащение существующего фрезерного станка (часто трехосевого) аддитивной функцией. В качестве примера можно привести компанию Meltio, которая в том числе производит и продает такое оборудование.

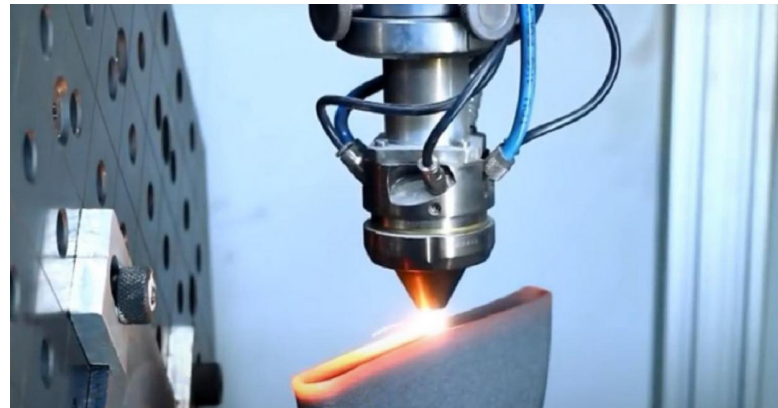
## ЧАСТЬ 2

### Заказчик дает карт-бланш

Как помочь клиенту реализовать все возможности ПЛВ? Какую часть мирового и внутреннего рынка АП будут в ближайшей перспективе занимать технологии наплавки DED? «Самый-самый» продукт – это какой? На вопросы Industry3D отвечает руководитель отделения аддитивных технологий ИЛИСТ СПбГМТУ Константин Бабкин.

**– Почему, на ваш взгляд, при всех известных преимуществах технологии наплавки DED-P до сих пор в РФ она не получила активного применения и почти никто не производит оборудование для этой технологии (но используют «конструкторы» на базе станков с ЧПУ и РТК, а также наплавочных головок чаще импортного производства)? Что в данном случае сдерживает отечественные компании, многие из которых стремятся освоить L-PBF?**

Установка ПЛВ – это нечто большее, чем наплавочная головка, повешенная на промышленный робот или на порталный манипулятор. Для того, чтобы получить годное изделие, требуется решить комплекс проблем, причем не только технических, но и организационных. Это не простая технология с точки зрения создания оборудования и поддержки клиентов. В качестве примера могу привести оборудование фирмы Insstek. Одно время оно было довольно популярно. Такие машины стоят в РУДН, Сколтехе, ЦАТе и некоторых других организациях. Корейцы сделали довольно своеобразное, узкозаточенное, но все же не бесполезное оборудование. Так почему же практически нигде оно сейчас не используется? Все потому, что недостаточно



сделать хорошую машину, недостаточно даже ее продать. Нужно сделать так, чтобы, работая на ней, клиент получал стабильную, хорошую, прогнозируемую прибыль. Как я уже говорил, ПЛВ – это не простая технология и мало кто, кроме нас, может помочь клиенту реализовать все ее возможности.

**– Часто ли ваш заказчик соглашается на использование отработанных в АП материалов, а не просит разработать технологию на материал, заложенный в КД на изделие?**

Наших заказчиков можно условно разделить на две группы. К первой относятся крупные, известные организации из госкорпораций. Они, как правило, находятся в жестких рамках КД и замена материала почти невозможна. Для нас как для разработчиков каждый новый материал – это, с одной стороны, интересно, а с другой, – несет дополнительные риски. Бывает, что взяв проект под какой-нибудь неизвестный никелевый сплав, (например, Haynes 230), мы обрекаем себя на месяцы технологических экспериментов, подбора режимов термической обработки и механических испытаний. Хотя решение именно таких технологических задач позволяет раздвинуть границы возможного и развить свою компетенцию.

Вторая группа – это коммерческие компании, для которых экономическая

составляющая играет определяющую роль. И тут нужно подсветить важную тенденцию. Не секрет, что количество установок для селективного лазерного сплавления в стране быстро растет. Вместе с этим от года к году увеличивается количество производимых в стране металлопорошковых композиций. При этом любая технология производства МПК дает широкую фракцию – от пылевой до 300 мкм. И если мелкая фракция идет на SLM, то на крупную фракцию такого спроса нет. Наши установки потребляют МПК любой фракции от 20 до 250 мкм, таким образом мы можем использовать отсев, который стоит значительно дешевле. Так, например, сейчас цена порошка нержавеющей стали в рублях меньше, чем 10 лет назад. Да, это касается только узкой номенклатуры популярных сплавов, а какую-нибудь экзотическую черную сталь будут продавать по цене в четыре раза дороже нержавеющей. Но если заказчик согласен на предложенный вариант, то стоимость изделий его приятно удивит.

**– Каким вы видите развитие рынка АП по металлам? Какую часть в нем будут занимать технологии наплавки DED (порошок, проволока)? Какие факторы сейчас на него влияют?**

Если проанализировать запросы наших клиентов, то можно выделить несколько трендов.

За аддитивкой приходят компании, далекие от производственной сферы. Чаще всего это различные производства, эксплуатирующие иностранное оборудование. Для них аддитивные технологии – это палочка-выручалочка, которая должна решить проблему недоступных запчастей. Как правило, у них нет своей механической и термической обработки, они не сильны в ре-

верс-инжиниринге и проектировании. Такие заказчики ищут скорее не оборудование, а надежного партнера, который быстро и качественно будет снабжать их требуемыми деталями. Для нас это вызов, так как требуется нарастить компетенции в области механической и термической обработки, коррозионной стойкости, износостойкости и проектирования различных узлов. И если раньше у заказчика обязательно был конструктор, который мог провести необходимые расчеты, подобрать материал и адаптировать конструкцию под АП, то сейчас эти функции приходится выполнять нам. При этом именно к изделиям, получаемым по технологии ПЛВ, предъявляются жесткие требования. У нас средний размер изделия больше, чем в технологии SLM, следовательно, механическая обработка сложнее. Мы также используем более сложные материалы, чем у WAAM, что обуславливает повышенные требования к работе металлургов, подбору режимов термической обработки различным испытаниям образцов.

Еще один тренд – к нам приходят новые производственные отрасли, например, заказчики из транспортного машиностроения. С ними легче работать, чем с аэрокосмосом, но они более требовательны к срокам получения результата. Они готовы к более высоким рискам, если высока вероятность быстрого получения качественного результата. Там, где ранее мы месяцами совместно с заказчиком перепроектировали изделия и проводили механические испытания на сотнях образцов с целью доказать качество и повторяемость технологии, сейчас нам дают карт-бланш на реализацию наших идей, требуя в ответ скорость и экономичность.



**– Поговорим о более общих тенденциях в АП. Гигантомания и миниатюризация в печати – это тренд? Как долго, на ваш взгляд, он будет сохраняться? Какие еще тренды в АТ сейчас зарождаются?**

Ни для кого не секрет, что русскому человеку не достаточно просто сделать хороший продукт, важно, чтобы он был «самым-самым». Отсюда тяга к крайностям. Так, наш первый проект, стартовавший 10 лет назад, был заточен под изделие размером 1,5 метра. Потом была вежа в 2 метра, потом 3 метра, потом вес изделия в 800 кг. Сейчас у нас в проработке машина под изделия 3,5 метра и 10 тонн весом. Но это все-таки уникальные, единичные решения. Они позволяют двигать технологию вперед, но нельзя излишне на них фокусироваться. Пример 3DLAM показывает, что если не гнаться за гигантизмом, а просто делать отличные небольшие машины, то можно производить их сотнями. Мировые тренды металлической 3D-печати довольно однозначны: больше, быстрее, дешевле. Отсюда и двухметровые послойные принтеры от BLT и Eplus-3D с 36 и более лазерами, и бесконечное количество маленьких машин. 3D-принтеры сегодня выпускаются крупными партиями, и стоимость машин постоянно снижается. С увеличением производства порошка падает его себестоимость, и все больше задач становится целесообразно решать с помощью аддитивных технологий. Сейчас мы находимся внутри этого процесса и, скорее всего, пропустим момент, когда мир вокруг изменится. И только спустя десятки лет историки и аналитики отметят ту точку во времени, когда удешевление технологии запустило волну повсеместного использования АП.

Если посмотреть на тренды с нашей точки зрения, то для нас очевидна важная тенденция – кардинальное снижение стоимости мощных лазеров. Меньше, чем за пять лет, стоимость, например, 12 кВт лазера упала в 10 раз. Для нашей технологии производительность напрямую связана с мощностью лазерного излучения, и потенциально ее можно увеличить до 5, а то и 10 кг/ч. Да, не на всяком изделии можно утилизировать такое количество тепла, но потенциально, с учетом дешевого порошка, ПЛВ может решать задачи изготовления деталей больше 500 кг весом с производительностью, недостижимой и для WAAM.

Еще одна глобальная тенденция АП – появление качественно новых продуктов с точки зрения пользовательского опыта. Тут хотелось бы вспомнить компанию Bambu Lab, которая, собрав воедино лучшие наработки в области FDM, предложила качественно новое решение. Лично на меня произвели неизгладимое впечатление легкость и интуитивность работы с их 3D-принтером. Уникальный опыт, когда ты берешь 3D-модель, делаешь буквально пару кликов в слайсере и спокойно идешь по своим делам, зная, что спустя пару часов тебя будет ждать готовая деталь. Работать с таким принтером может даже первоклассник, который, даже не разбираясь в технологии, полимерах и программировании, может нарисовать и распечатать себе складной меч. Понятно, что, как и у любой технологии, у этого оборудования есть свои ограничения, и профессионал может легко их нащупать, но появление Bambu Lab – это сообщение всем разработчикам – мир изменился! Меняйте, адаптируйтесь, думайте о пользовательском опыте, или будете забыты.

# Есть идея – есть...



clck.ru/3DeibF

Нет, не Икея – та, как известно, тихо покинула Россию. А есть у нас теперь отечественный сервис AIPRINTGEN, позволяющий значительно сократить время и расходы, связанные с созданием прототипов. Там действительно требуется только идея создания новой детали или конечного продукта, ее описание, и совсем хорошо, если будет еще и чертеж или хотя бы рисунок. А если речь идет о реверс-инжиниринге, то понадобится фотография воспроизводимого изделия. Всё это обрабатывается программой с помощью искусственного интеллекта и на выходе создается готовая 3D-модель... Да вы сказочники и идея ваша фантастична, – так могут сказать профессионалы, давно и глубоко вовлеченные в разработку и производство. И будут правы, но недолго.

AIPRINTGEN – это стартап, реализуемый с начала этого года группой московских инженеров во главе с Вячеславом Губзанским. Минувшим летом команда запустила бесплатный сайт с базовым функционалом для сбора отзывов, за-



мечаний и предложений для развития проекта. Устройство сайта максимально упрощено для того, чтобы получить результат мог даже не специалист. Все, что вам нужно, – это оставить текстовый запрос (промт) или загрузить в формате png, jpg/jpeg изображение того, что в итоге вы хотите получить, и менее, чем за минуту программа создает объемную модель (представлены форматы на выбор: stl, fbx, glb с текстурами), которую сразу же можно, поворачивая, рассмотреть со всех сторон.

Наступление эры ИИ во многом перевернет наше представление о рутине и творчестве, что уже произошло с генерацией изображений, видео, а даже программного кода. В среде дизайнеров, режиссеров и программистов это уже прочувствовали. Теперь очередь за триангулированной геометрией и даже CAD – на повестке ближайших лет мэйкеры, малые предприниматели. И даже средние и крупные предприятия так или иначе, охотно или под давлением кардинально меняющейся индустриальной среды, переосмыслят свое представление о созидании, передав машинному обучению часть человеческих

полномочий, обязательных до сегодняшнего дня. Человек переходит в статус супервайзера и наблюдателя, от которого потребуется в конечном итоге сделать выбор из тысяч предлагаемых ИИ вариантов. Подобные проекты, об одном из которых пойдет речь в нашем интервью, станут частью интеллектуальных облачных платформ, а владельцы систем для 3D-печати будут гораздо чаще принимать заказы, во многом благодаря стремительно развивающимся сервисам image2cad или prompt2cad.

Подробно об этом проекте рассказал в интервью Industry3D его основатель Вячеслав Губзанский.

**– Расскажите, пожалуйста, об истории возникновения вашего стартапа. Что вас подтолкнуло к нему: заметное развитие алгоритмов генеративного ИИ и машинного обучения, успехи зарубежных компаний, стремление реализоваться в чем-то новом и интересном?**

Еще на заре становления отечественного аддитивного рынка в далеком 2014 году я занимался развитием собственной торговой марки пластика для печати (филамента) 3D Rocket. Это направление и привело к первому знакомству с 3D-принтерами и их возможностями. Я провел много времени в поисках идеального филамента, прежде чем остановить свой выбор на конкретном производителе/мануфактуре. В ходе печати использовал готовые 3D-модели и ловил себя на мысли, что все это, конечно, достаточно интересная история, но вход в нее человеку с улицы ограничен. Не имея навыков 3D-моделирования, обычный пользователь практически не способен в полной мере использовать возможности 3D-печати. Тогда невольно воображение рисовало картины будущего, в котором пользователь смог бы

просто сфотографировать интересный объект, обработать какой-то неведомой программой у себя в смартфоне, получить 3D-модель и затем отправить ее на печать. На тот момент это казалось несбыточной мечтой, но спустя 10 лет технология ИИ стала способна решить эту проблему.

**– У вас большая команда? Есть ли привлеченные эксперты, и если да, то из каких областей? Сколько времени в день посвящаете проекту?**

Сейчас команда состоит из трех человек. Я – идеолог и руководитель проекта, занимаюсь общими вопросами, опираясь на свой 15-летний опыт управления командой и продуктовой разработки. С его техническим директором Виталием Капрановым мы накопили немалый опыт успешного взаимодействия, работая вместе над другим стартапом. Виталий – айтишник с 10-летним стажем, сильный специалист в области программирования, у него есть практические наработки, связанные с распознаванием изображений и другими нужными нам опциями. Третий член нашей команды разрабатывает всю оболочку сервиса.

Работу над проектом мы совмещаем с текущей: я работаю в компании по производству кабельной арматуры, мои партнеры по стартапу тоже заняты в других бизнесах. При этом, конечно, стараемся по возможности уделять нашему проекту как можно больше времени. У нас также сформировался пул из шести экспертов из сферы АП, с которыми мы наиболее активно советуемся, обсуждаем развитие проекта, и еще создали наше сообщество в Телеграм. В общем, мы идем по классическому пути развития стартапа, ориентируясь на современные технологии и запросы целевой аудитории.

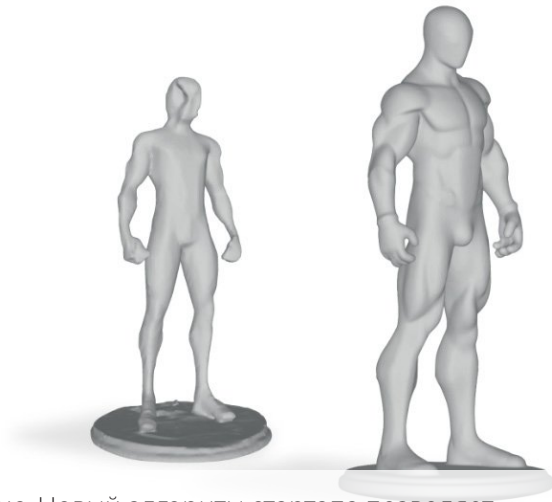


Рис. Новый алгоритм стартапа позволяет в 10 раз улучшить качество 3D-модели, на равных конкурируя по этому критерию с зарубежными сервисами (слева — старый, справа — новый)

**– Какими компаниями и идеями из схожей ниши вы вдохновлялись? И в чём пошли своим путем?**

Во многом стимулом послужил запуск ChatGPT. После чего уже в январе текущего года стало совершенно очевидно, что мир безвозвратно изменился, и что просто не позволительно оставаться в стороне, не воспользовавшись этим новым окном возможностей. Пазл сложился моментально, это было достаточно органично: берем за основу генерацию 3D-моделей на базе ИИ и адаптируем под 3D-печать. Целью стало создание сервиса именно для мастеров 3D-печати, идея – сделать на базе ИИ максимально полезный и удобный для них инструмент.

**– Пока что при знакомстве с публикациями о вашем проекте в Интернете, а также с материалами вашего сайта, не складывается впечатления о революции в машинном создании моделей для 3D-печати. Ведь сегодня удивить использованием ИИ в IT становится все сложнее: компании борются не за наличие таких инструментов «на борту» своих облачных сервисов, а за премиальные их качества: если уж**

**заменять специалистов, то высококлассных. К тому же ещё далеко не всегда получается с помощью вашего сервиса создать модель приемлемого качества. Однако лояльные подписчики в вашей группе готовы терпеливо ждать и даже платить за тестирование. Значит, подобные инструменты действительно востребованы?**

Мы на данный момент и не заявляем о революционности сервиса. Скорее, можно говорить об уникальности для России. Сейчас, по сути, сервис предоставляет возможность работы с художественными 3D-моделями, позволяя осуществить генерацию по промпту или по изображению, обеспечивая при этом определенный уровень качества.

**– Кстати, сколько уже было обращений за такой услугой?**

Количество обращений, если честно, пока не большое – всего 20 – 30 в день. И в основном из сферы малого и среднего бизнеса – на предмет изготовления брендового мерча, каких-то штучных художественных изделий и т.д. На первом этапе развития проекта – это для нас основная целевая аудитория. Наш сервис дает свободу поиска креативных решений, и да, это привлекает энтузиастов, владельцев 3D-студий и 3D-моделеров.

В целом же аудитория аддитивщиков восприняла очень тепло появление нашего сервиса. За что им огромное спасибо! Основной посыл их первых отзывов: 3D-модели, которые генерирует наш сервис, в достаточно высокой степени соответствуют пользовательскому запросу по содержанию, по качеству же – максимум на 50% от того, что ожидается от завершённой работы над моделью, еще 50% надо доработать ручками 3D-моделеру.

Качество модели – это текущий ключевой вопрос. Уже в октябре мы планируем запустить новый алгоритм, который позволит практически 10-кратно увеличить уровень качества генерируемых моделей. Безусловно, процесс улучшения качества должен быть непрерывным и на достигнутом мы не планируем останавливаться.

Кроме того, будет реализован долгожданный для наших пользователей функционал для генерации модели по нескольким фото. Когда у нас доступны изображения объекта с разных сторон, нейросети уже нет необходимости много додумывать от себя. Это позволяет генерировать более точные модели.

Забегая вперед, кратко анонсирую, что уже в сентябре участникам нашей группы в Телеграм будет сделано уникальное предложение. Мы ценим их лояльность и рассчитываем на дальнейшее плодотворное сотрудничество и позитивное общение. Так что присоединяйтесь.

Относительно востребованности аналогичных сервисов. На текущий момент все продукты-аналоги обеспечивают примерно одинаковый уровень качества генерируемых 3D-моделей, что, по сути, и является сдерживающим фактором для увеличения их числа и активного их применения конечным пользователем. Как только рынок генераторов изображений ИИ в 3D перешагнет это ограничение, мы увидим прогнозируемый годовой рост глобального рынка в 22%. И безусловно, это не сводится к генерации 3D-моделей только для АП. Геймдев (сокр. англ. games development, GameDev — «разработка игр» — Прим. ред.) с дополненной реальностью здесь займут лидирующие позиции.

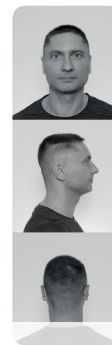


Рис. Генерация 3D-моделей по нескольким фото

**– Расскажите подробнее, как работает ваш сервис с технической точки зрения.**

Наш сервис использует ИИ-модель, которая способна создавать 3D-модель по одному изображению. Если пользователь вводит текстовое описание, мы сначала генерируем изображение с помощью технологии «текст-в-изображение», а затем создаём 3D-модель на основе этого изображения. С текстовыми запросами работать несколько проще, так как пользователи ещё не всегда точно представляют, чего хотят. При работе же с изображениями требуется полная идентичность, что может быть сложной задачей.

**– Вы сегодня полагаетесь в большей степени на искусственный интеллект, на успешное взаимодействие с ним, или все-таки на собственные знания, навыки программирования и т.д.?**

В нашем понимании это, скорее, гибридный подход. Потому как искусственный интеллект в чистом виде, как художник, волен, как говорится, делать что угодно, нам же нужна точность.

**– Планируете ли вы осваивать корпоративный сектор, например, сотрудничать с предприятиями, для которых жизненно важно оцифровывать чертежи или ремонтировать и восстанавливать детали, на которые отсутствуют конструкторская документация?**

**Для предприятий важна не художественная ценность и текстуры, а высокая точность модели. С другой стороны, генеративное проектирование по ТЗ инженера предлагает вариации дизайна изделия, подталкивая инженера к созданию новых, более совершенных форм. Насколько глубоко и активно вы смотрите в это направление?**

Безусловно, мы ставим перед собой задачу по расширению функционала, в части работы сервиса с «высокоточным/инженерным» моделированием. Дальше, конечно, будем развиваться, осваивать создание точных моделей со сложной геометрией, тогда сможем расширить охват целевой аудитории, тогда придем и в промышленность. В планах – преобразование 3D-скана (stl) в step формат, редактируемый в CAD программах, а также преобразование конструкторской документации в CAD.

Реализация этого функционала как раз-таки позволит нам открыть дверь к корпоративному клиенту. Мы сможем рассчитывать на большую долю целевого рынка.

**– Насколько известно, в ваших планах на будущее – также автоматическая настройка параметров 3D-печати, подбор расходных материалов и оптимизация 3D-моделей для конкретных принтеров. Именно это наиболее востребовано потенциальными клиентами из промышленности. А также, по возможности, вариативность предлагаемых моделей. Каким образом планируете решать эти задачи, и какие шаги для этого уже предпринимаете?**

Как и любой живой организм, наш стартап с течением времени обновляет, корректирует свой взгляд и отношение к тем или иным принятым ранее решениям. Летом мы провели

достаточно хороший кастдев (сокр. англ. customer development, CustDev — это процесс исследования потребностей и пожеланий целевой аудитории для создания продукта или услуги, которые максимально удовлетворяют ее запросам — Прим. ред.), который показал, что эти опции не являются критичными для представителей отрасли, коллеги нам указали на более приоритетные пути развития функционала, что, разумеется, мы и стремимся реализовать как можно скорее.

Поэтому мы отошли от этой концепции, но не исключено, что на дальнем горизонте планирования мы снова вернемся к этому вопросу, возможно, уже под другим углом.

**– Давайте с вами пофантазируем. Готовы ли вы стать в будущем площадкой по подобию производственной биржи полного цикла, с выставлением счетов на генерацию моделей, с печатью и логистикой готовых изделий?**

Полет фантазии, конечно, ничто не сдерживает. Но давайте будем последовательны! Уже сейчас мы начинаем активно искать партнерства с различного рода площадками хабами/агрегаторами заказов на 3D-печать. Обсуждаем возможности совместной интеграции наших сервисов с целью вовлечения конечного заказчика в процесс и популяризации технологии AIPRINTGEN.

Безусловно, в перспективе видятся дальнейшие этапы развития как трансформация в самостоятельный агрегатор, где действительно может быть реализована и биржа моделей/биржа заказов/логистика/и, может быть, даже защита авторских прав на базе технологии блокчейна, почему нет?

– На какие технологии аддитивного производства вы сегодня нацеливаетесь? Очевидно, что это могут быть FFF и LCD/DLP. Готовы ли вы работать с множеством других? Вот вы генерируете цветные модели, а для них как раз актуальными могут быть гипсовые и фотополимерные полноцветные модели. В этом случае таким угасающим технологиям в России может быть дана вторая жизнь, ведь селфи-фигурки уже утратили былой хайп.

Поскольку на данный момент мы отошли от концепции адаптации модели под печать на конкретной модели принтера с выборкой максимально подходящих параметров, то и принадлежность к той или иной технологии печати для нас не является принципиальной. Все проще, мы берем на себя сервис по максимально качественной генерации 3D-модели, а конечный пользователь уже волен решать, как и на чём он её будет печатать.

– Рассматриваете ли вы свой сервис как глобальный проект с основанием офиса, скажем, в ОАЭ или Китае?

Безусловно, если бы наш проект не имел потенциала для глобального масштабирования, то, возможно, мы и не стали бы тратить на него свое время.

Но если отталкиваться от текущих реалий международного инвестиционного ландшафта, то, очевидно, что проект с юридической локацией, отличной от РФ, имеет больше шансов на успех. Вопрос не стоит – ОАЭ или Китай. Можно иметь локацию в ОАЭ и при этом наиболее активно вести работу именно с АТРом.

Однако мы ощущаем текущий мировой излом на экономические блоки и будем вынуждены относиться к выбору международной локации максимально осмотрительно.



Рис. Итерации работы 3D-моделлера будущего:  
1) фотографирование, эскизирование или текстовое описание объекта/субъекта,  
2) использование сервисов prompt2cad/image2cad,  
3) 3D-печать и постобработка

– Как вы смотрите на развитие сферы АП в России? Ознакомились ли с исследованием КАТ (<https://k-at.ru>)? Разделяете ли с авторами их оценку динамики развития отечественного рынка?

Новая реальность, в которой находится Россия, безусловно, послужила существенным толчком для развития внутреннего роста рынка АП. Исследование КАТ наглядно это демонстрирует и с ним сложно не согласиться. Общение и знакомство с докладами участников июньской выставки 3D-TECH подтверждает основной спрос в таких отраслях, как авиация, ракетно-космическая и машиностроение. На фоне этого эксперты отмечают значительное увеличение спроса на услугу реверс-инжиниринга, что также нашло подтверждение в исследовании. Приятно наблюдать положительную динамику и энтузиазм представителей АП.

Наиболее релевантная для нас диаграмма – это инновации, оказывающие наибольшее влияние на бизнес, она демонстрирует долю ИИ с машинным обучением в 22,2%. Здесь я позволю себе не согласиться с прогнозом. На мой взгляд, трансформация ИИ в части

взаимодействия/работы с инженерным 3D-моделированием может быть выше, чем сейчас видится. Что в перспективе может обеспечить долю влияния не менее 30%.

**– АТ в РФ безвозвратно отстали от мировых трендов, нас ждет замещение китайскими технологиями, или же есть шанс успешно развивать своё? В каких направлениях?**

Я знаком не понаслышке с отечественным производством и достаточно хорошо представляю, что в нем происходит. К тому же я отдаю себе отчет в том, насколько сложно продвигать хардверные проекты в принципе. Поэтому, конечно, иллюзий, как таковых, нет. Мы для себя уже давно приняли решение полностью уйти в код. Программный продукт легче масштабировать/изменять/развивать. Поэтому, возможно, в разработке прикладных программных сервисов отечественные представители отрасли смогут найти для себя больше точек роста.

**– Насколько глубоко вы погружены в создание и использование возможностей ИИ в России? На ваш взгляд, мы плетемся в хвосте глобального рынка, или нам есть что показать?**

Локомотив под названием ИИ активно набирает темпы и здесь скорее вопрос не о том, есть ли что продемонстрировать, а о том, чтобы успеть. Успеть вскочить на подножку.

Использование ИИ на данном этапе – это инновационный путь развития, а любые инновации требуют первичной финансовой подпитки. И если ее своевременно не получить, мы можем найти немалое количество перспективных проектов в долине смерти стартапов.

**– Знакомы ли вы с проектом LEAP71, основатели которого ввели термин вычислительной (алгоритмической) инженерии и очень активно используют возможности ИИ?**

Действительно интересный проект. Но мы с ним не сталкивались. В наш фокус внимания попал другой проект из Франции – Thea по генерации 3D-моделей из чертежей на основе ИИ.

**– Собираетесь ли примкнуть к команде Сколково, или ограничитесь грантами фонда Бортника?**

Изначально на данном этапе развития для нас актуален именно фонд Бортника. Затем – привлечение ангельских инвестиций или средств от инвестфонда. Резидентство в Сколково оцениваем для себя более интересным на последующую перспективу в части поддержки участия в международных выставках и дополнительных налоговых преференций.

**– Есть ли у вас свои 3D-принтеры? Какие?**

Китайские аналоги Up. Конечно, с последующим привлечением инвестиций планируем обзавестись высококлассным экземпляром для тестирования наших идей.

**– Какие пожелания, предложения у вас есть для наших читателей?**

Как и прежде, мы всегда открыты для диалога, ваших пожеланий, вопросов, возражений. Только в таком формате взаимодействия можно создать идеальный продукт, объективно полезный и качественный.



# ЛУЧик света на карбид кремния



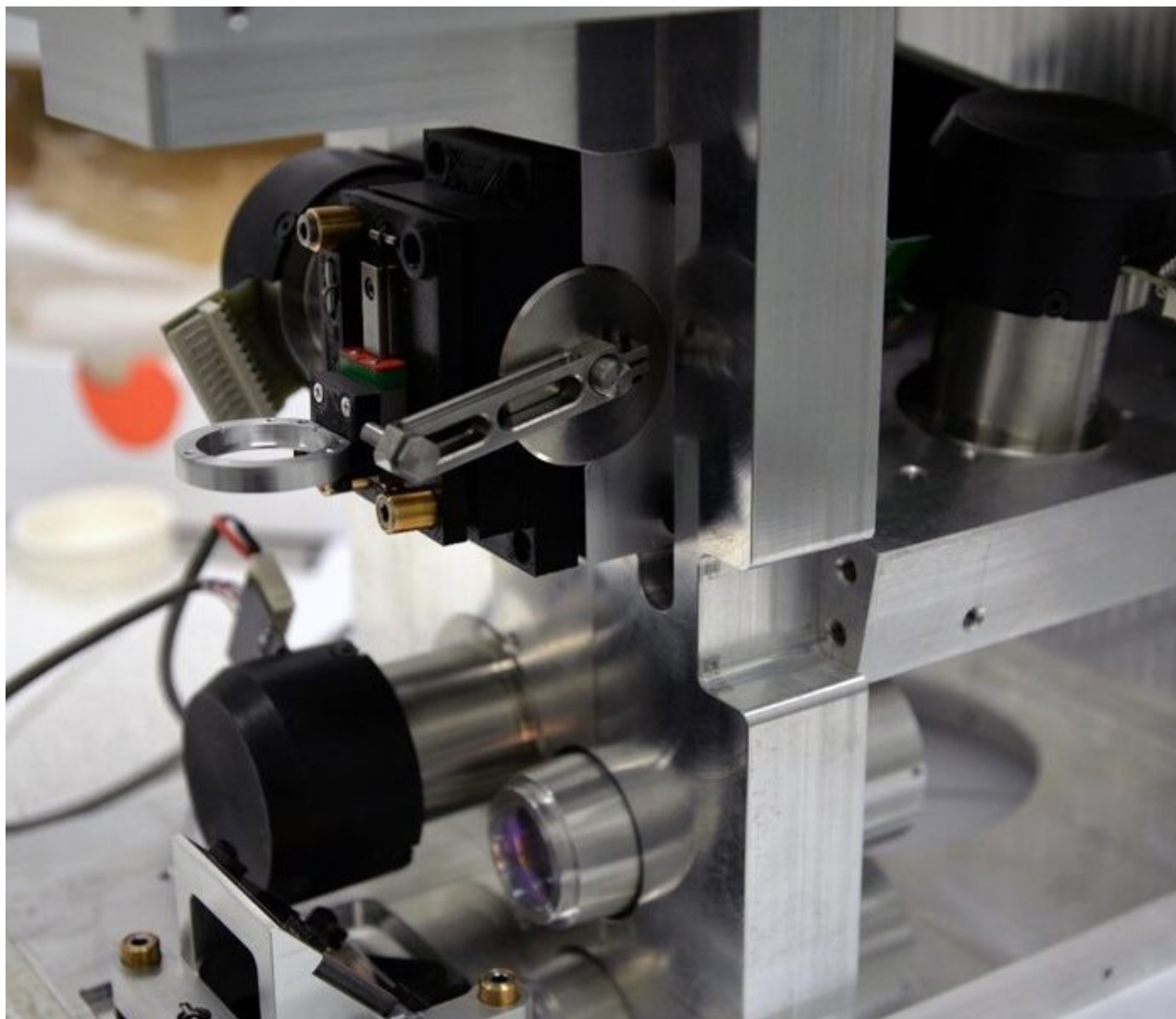
clck.ru/3DegFc

Ученые Росатома создали прототип кластерной системы сканирования для отечественных 3D-принтеров

Сотрудники подольского Научно-исследовательского института Научно-производственного объединения «ЛУЧ» (АО «НИИ НПО «ЛУЧ» входит в научный дивизион ГК «Росатом») разработали прототип установки селективного лазерного спекания (СЛС) с новой кластерной лазерно-оптической системой сканирования. В ней

может быть задействовано от четырёх до девяти сканирующих устройств, что расширяет возможности по производству крупногабаритных изделий из карбида кремния, который может стать заменой тяжелых и менее стойких металлических сплавов в энергетической и других отраслях промышленности.

НИОКР проводились в рамках комплексной программы развития техники, технологий и научных исследований в области атомной энергии (КП РТТН).



Уникальные по своим свойствам изделия из карбида кремния востребованы во многих областях современной промышленности, от атомной до автомобилестроения. По сравнению с традиционной сталью или алюминием этот керамический материал обеспечивает изделию высокую твердость (лишь немного уступает алмазу), конструкционную прочность, теплопроводность, низкий уровень теплового расширения и отличные трибологические свойства. Преимущество технологии СЛС – возможность изготавливать сложные по конструкции изделия с высокой точностью, сокращая при этом технологический цикл.

Продукцию из карбида кремния «НИИ НПО «ЛУЧ» выпускает не первое десятилетие. Сама технология изготовления изделий из реакционно-спеченного карбида кремния была разработана еще в 1980-90-х годах. Карбид кремния давно привлекал внимание производителей своей повышенной износостойкостью в окислительной атмосфере и химической инертностью ко всем щелочам и кислотам. Эти свойства делают карбид кремния превосходным абразивным и керамическим материалом для использования в экстремальных условиях эксплуатации. Мелкозернистая, беспористая структура реакционно-спеченных карбидокремниевых материалов позволяет обеспечить минимальную шероховатость рабочих поверхностей. Изделия, изготовленные по карбидокремниевой технологии, служат значительно дольше аналогов, произведенных из силицированного графита. Однако классическим способам

изготовления продукции из карбида кремния недоступно создание сложных по геометрии изделий. В институте оценили открываемые аддитивными технологиями возможности экспериментировать с материалами, размерами и формой и решили создать собственную технологию 3D-печати из порошка карбида кремния. Начали с разработки конструкторской документации кластерной лазерно-оптической системы, затем совместно с коллегами из машиностроительного дивизиона приступили к созданию прототипа аддитивной установки. Особенность разработки – компоновка сканаторов вертикальным способом, что позволяет увеличить их количество на одном аддитивном устройстве. Благодаря этому увеличивается и рабочее поле, что в свою очередь дает возможность выпускать крупногабаритные детали, а также наращивать производительность процесса в 3 – 4 раза.

Сейчас установка СЛС имеет рабочую зону 1000×1000 мм, при этом предусмотрена возможность ограничения рабочего поля до размеров 300×300 мм, что позволяет минимизировать расход сырья при изготовлении компактных изделий. Проведенные испытания прототипа кластерной системы сканирования СЛС подтвердили полное соответствие характеристик требованиям технического задания.

В дальнейшем планируется применить эту систему для разработки и изготовления сложных изделий из облегченного карбида кремния, полученного методом СЛС, например, для производства оболочек твэлов нового поколения или дисковых тормозов в автомобильной промышленности.

Друзья!

# МЫ ИЩЕМ ТАЛАНТЫ И ФОРМИРУЕМ КРУГ СОРАТНИКОВ!

Станьте блогером-профи на INDUSTRY3D, делитесь открытиями и размышлениями, расскажите миру о своих успехах в сфере аддитивного производства, 3D-сканирования, разработки оборудования, ПО, новых материалов.

Если не знаете, *— обращайтесь к нам, мы всегда рады помочь.* с чего начать

- ! Наиболее активные авторы получают от нас особое внимание и помощь в продвижении их проектов.

---

главный редактор: Дмитрий Трубашевский,  
моб.: +7 (916) 950-21-89,  
e-mail: [chief\\_editor@industry3d.ru](mailto:chief_editor@industry3d.ru);