

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ на предприятиях ОАК

В мировой авиации пока по пальцам можно пересчитать успешные примеры, когда созданные по новым технологиям и напечатанные на 3D-принтере детали начинают внедряться в авиационное производство. Предприятия ОАК идут в ногу со временем и начинают выпускать детали с бионическим дизайном. Чисто внешне напечатанные на 3D-принтере детали выглядят непохожими на большинство элементов конструкций, спроектированных за последние десятилетия. Со временем благодаря меньшей массе и удобству производства они могут заметно потеснить детали, созданные по традиционным технологиям.

Свою первую деталь на основе бионического дизайна разработала компания “Сухой”. Это – алюминиевый силовой кронштейн для нового истребителя. Деталь была спроектирована на суперкомпьютере конструкторами компании “Сухой” и напечатана на 3D-принтере специалистами Всероссийского научно-исследовательского института авиационных материалов (ВИАМ) из созданной на его базе отечественной металлопорошковой компо-

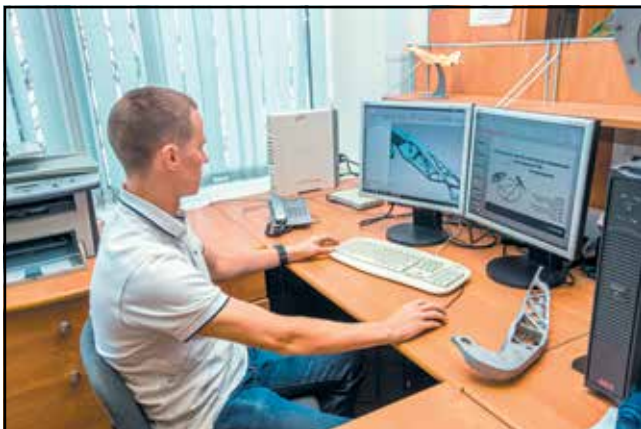
зиции алюминиевого сплава. Дизайн детали больше напоминает кость какого-нибудь доисторического животного, чем деталь истребителя пятого поколения.

Ряд технологических особенностей новой детали указывает на то, что разработке вряд ли придется долго пылиться где-нибудь на музейной полке. Новый кронштейн на четверть легче своих предшественников, которые летают на нынешних машинах и выполнены по традиционным технологиям. “Весь процесс – от проектирования детали с нуля до адаптации технологии и запуска в производство занял чуть больше года”, – отмечает преимущества нового способа изготовления деталей Андрей Филатов, начальник научно-исследовательского отдела материалов и технологий ОКБ Сухого.

Есть еще немаловажный нюанс. Деталь почти полуметровой длины изготовлена методом лазерного спекания всего за одну ночь. Традиционная механическая обработка алюминиевой заготовки заняла бы не меньше недели. Благодаря же применению 3D-печати в детали удалось создать полости, к которым на обычном станке



Ведущий технолог отдела материаловедения Антон Леонов демонстрирует алюминиевый силовой кронштейн для нового истребителя



Создание электронных моделей

с программным управлением при обработке детали “не прогрызешься”.

В поисках идеальной формы

В “Сухом” имеется уже обширная коллекция деталей, разработанных с помощью так называемого “гибридного проектирования”, когда при создании новой конструкции оптимальное расположение многочисленных силовых элементов определяется на основе математической модели методами топологической оптимизации и в дальнейшем инкорпорируется в конструктив с учетом возможностей технологий и даже дизайна.

Первая деталь – кронштейн ветрогенератора для пассажирского лайнера Sukhoi Superjet 100 – была создана еще в 2008 году. Применение численного синтеза конструктивно-силовых схем позволило спроектировать деталь таким образом, что при том же весе ее жесткость стала в пять раз выше по сравнению с традиционными методами проектирования. Метод гибридного проектирования распространили на многие новые и существующие изделия. Конструкторы создали несколько чертежей деталей, например элементов хвостового оперения, силовых конструкций. “Традиционные формулы сопротивления материалов и строительной механики могли позволить рассчитать более упрощенные конструкции аналитическими методами даже на калькуляторе. Используя мы классические методы расчета прочности, пришлось бы выполнить объем работы, сопоставимый по объему с добротной диссертацией. Без численных методов вкупе с суперкомпьютером и применения новых программ разработка таких деталей была бы просто невозможной”, – объясняет эффективность новых математических методов создания топологии деталей инженер-конструктор отделения материалов и технологий Александр Рожкин.

Гибридный, он же генеративный, он же бионический

Генеративный дизайн представляет собой способ проектирования различных объектов, при котором для



Сотрудники отделения материалов и технологий ОКБ Сухого Валентин Мартынов (слева) и Александр Рожкин

снижения веса и увеличения прочности применяются отличные от традиционных решения. Внешне объекты, произведенные подобным образом, отличаются от обычных техногенных изделий. Они имеют выраженные черты, присущие, например, растениям, имитируют строение конечностей или костей животных и насекомых. Именно поэтому такой способ проектирования часто называют бионическим дизайном.

Термин же “генеративный дизайн” используется в связи с тем, что геометрия подобных конструкций автоматически рассчитывается, то есть как бы генерируется, в специальном программном обеспечении. Главная задача бионического дизайна – снижение веса объекта при сохранении или даже увеличении его исходной прочности. Именно поэтому такие решения чаще используют в сферах, где важно сэкономить каждый грамм, в том числе и в авиационной промышленности.

Другая смежная задача в генеративном дизайне – экономия дорогих материалов, таких как сложные сплавы или редкие металлы. Бионический подход в проектировании позволяет при некоторых технологических процессах тратить на 30% или даже 50% меньше материала. Естественно, это положительно влияет и на цену таких изделий.

Создание конструкций на основе генеративного проектирования в большинстве случаев возможно только с помощью аддитивных технологий, которые используют метод послойного создания физического объекта по цифровой 3D-модели. Традиционные методы производства не в состоянии реализовать проекты со сложной структурой нестандартных элементов, которую предлагает бионический дизайн. С помощью же 3D-печати можно изготовить элементы с любыми толщинами, искривлениями, полостями и сетчатой и ячеистой структурами. К тому же послойное построение придает бионическим объектам еще большую прочность и устойчивость к нагрузкам.

“Первопечатники”

Первую пробную 3D-печать удалось осуществить на оборудовании ВИАМ с использованием специального отечественного алюминиевого порошка для печати. В самом ОКБ Сухого существует



Детали топливной системы, изготовленные с помощью технологии стереолитографии

собственная 3D-лаборатория, где методом стереолитографии изготавливаются десятки различных деталей для самолетов.

Изготовленные таким методом детали хорошо знакомы летчикам истребителей пятого поколения Су-57 на самых разных этапах создания и ввода в эксплуатацию техники. Как вспоминает начальник научно-исследовательского отдела модельного комплекса (НИО МК) Алексей Яременко, в ОКБ Сухого очень быстро смогли подобрать оптимальный дизайн ручки управления самолетом. На джойстике расположено несколько кнопок управления. После замечаний, сделанных пилотами относительно удобства расположения кнопок, удалось достаточно быстро доработать первоначальный проект (там пальцы летчика не всегда дотягивались до кнопок) и предложить более удобный вариант.

Сегодня в ОКБ каждый год “с нуля” запускаются около пяти новых деталей, создаваемых методом гибридного проектирования, еще около десяти изготавливаются опытными партиями.

Послойным синтезом напечатана, а затем отлита в металле, например, педаль управления самолетом. Использование методов гибридного проектирования позволяет быстро доработать конструкцию какого-либо отдельного агрегата, например кронштейна, и запустить его в производство.

Множество деталей производится для продувочных моделей новой авиационной техники. Недавно в ОКБ Сухого была изготовлена модель создаваемого российско-китайского широкофюзеляжного самолета, которую глава государства подарил китайскому визави. Часть деталей этой модели были изготовлены методом аддитивных технологий.

Выход есть

Использование цифровых технологий на всех этапах проектирования позволяет сегодня в авиации делать то, что еще вчера казалось невозможным, – создать за один рабочий день прочную изящную деталь с минимальной массой, применяя самые продвинутые методы расчета и оптимизации, на следующий день

напечатать ее, в последующий – испытать, спустя неделю – установить на самолет. За реализацию этой фантастической идеи взялись инженеры корпорации “Иркут”. Здесь чуть больше года назад начали внедрять процедуры топологической оптимизации в процесс проектирования.

Работы пока носят характер НИОКР. Основной вопрос, который сегодня решают конструкторы, – определение номенклатуры деталей, изготовление которых с привлечением аддитивного производства целесообразно. Задача сложная, особенно когда речь идет о гражданской технике. Приоритетом для разработчиков нового лайнера МС-21-300 является расширение конструктивно-технологических возможностей при проектировании и изготовлении деталей. Галина Гвоздева, ведущий инженер-конструктор отделения прочности, комментирует ожидания в корпорации в связи с внедрением метода аддитивной печати: “За словами “внедрение аддитивных технологий” мы в первую очередь видим перспективы повышения массовой эффективности деталей за счет оптимизации формы под действующие нагрузки, разумеется, при обеспечении требуемого уровня надежности”.

К выбору опытного образца для исследований – кронштейна навески двери для МС-21-300 – в корпорации “Иркут” отнеслись серьезно – с привлечением директора конструкторского бюро, главного технолога и заместителя главного конструктора по прочности. Остановились на сборочной единице, не относящейся к основным силовым элементам и имеющей сложную конфигурацию из более чем 28 деталей. Деталь не работает в полете, при эксплуатации не подвергается внешним полетным нагрузкам и нагрузкам от избыточного давления. Проектирование и изготовление первого образца заняло около двух недель, что по меркам аддитивной философии долго. “Мы стремились сделать не быстро, но качественно. Показали результаты топологической оптимизации конструкторам, проработали силовые потоки в конструкции и только после этого выработали компромиссный дизайн, объединяющий традиционные конструктивные решения с элементами бионического дизайна. В результате



Галина Гвоздева демонстрирует экспериментальный прототип кронштейна навески двери для МС-21

Сегодня практически все конструкторские бюро ОАК начинают проектирование агрегатов по методу топологической оптимизации. С нашей наукой – ВИАМ, ЦАГИ, “СТАНКИН”, МАИ, лабораторией “ИНУМиТ” МГУ – мы создали несколько “боевых” образцов деталей для пассажирских и военных самолетов, которые проходят тщательные испытания.

По ключевым показателям – вес и прочность – новые детали превосходят сделанные традиционным способом. 3D-печать становится все более доступной, но для массового и безопасного внедрения в производство потребуются годы. При создании новых самолетов детали с бионическим дизайном и методы 3D-печати будут так же популярны, как, например, сегодня композитные технологии.

Юрий Тарасов, технический директор ОАК

28 деталей заменили одной!” – рассказывает о процессе создания пробного образца Галина Гвоздева.

Когда 3D-модель готова, ее следует адаптировать к печати. Без специальных знаний аддитивных технологий здесь не обойтись. Конструктора “Иркут” имеют давнее сотрудничество с Московским государственным технологическим университетом “СТАНКИН”. В рамках этого сотрудничества Галина Гвоздева даже защитила диссертацию (под руководством ведущего ученого по направлению Татьяны Тарасовой), которая стала одной из первых диссертаций по аддитивному производству в России. Получился эффективный научно-промышленный союз разработчика реальной конструкции и образовательного учреждения с исследовательской лабораторией. Работа вызвала интерес среди производителей оборудования. В кооперации с компаниями SLM Solution (Rusky Group) и Concept Laser было изготовлено несколько прототипов в масштабе 40% от реального размера в различных конфигурациях из сплавов алюминия, титана и из

стали. Работой заинтересовались в центре авиационной науки – Центральном аэрогидродинамическом институте им. профессора Н. Е. Жуковского (ЦАГИ), где были проведены натурные прочностные испытания. Их результаты позволили смело говорить о перспективности разработок этого инновационного направления. На сегодняшний день в “Иркуте” сформирована рабочая группа по внедрению аддитивных технологий из прочнистов, конструкторов и технологов и налажены устойчивые связи с партнерскими организациями.

Инновации для воздушного тормоза

Еще одним ярким примером применения методов математического моделирования к разработке эффективных композитных конструкций является работа, ведущаяся компанией “Ильюшин” совместно с учеными химического факультета из компании “ИНУМиТ” в МГУ им. М. В. Ломоносова. При проектировании воздушного тормоза самолета Ил-114-300 использование метода топологической оптимизации позволило создать уникальную интегральную конструкцию. Планируется, что она будет на 10% легче и на 20% менее трудоемкой при производстве по сравнению с традиционными композитными и металлическими решениями. Разработка ученых будет воплощена в жизнь на Воронежском авиационном заводе в виде “боевых” агрегатов самолета Ил-114-300.

**По материалам, предоставленным пресс-службой
ПАО “Объединенная авиастроительная корпорация”
и редакцией журнала “Горизонты”
Фотографии: Марина Лысцева,
пресс-служба корпорации “Иркут”**

НОВОСТИ

GE Aviation развивает инновации

Компания Dassault Systèmes способствует развитию инноваций и повышению эффективности работы GE Aviation в рамках всего цикла разработки корпусных деталей для летательных аппаратов благодаря внедрению компанией платформы 3DEXPERIENCE, которая помогает GE Aviation создать единый цифровой поток для обеспечения преемственности данных и информационного взаимодействия в масштабах всего бизнеса, в том числе при определении требований, проектировании, анализе, моделировании, производстве и сертификации.

“Для предприятия GE Aviation в Хэмбл внедрение платформы 3DEXPERIENCE дает возможность сосредоточиться на разработке инновационных корпусных деталей для аэрокосмической отрасли, – говорит Пауло Манчила (Paulo Mancilla), главный инженер на предприятии GE Aviation в Хэмбл, Великобритания. – Это позволяет нам использовать такие методы как цифровое 3D-моделирование, начиная с этапа проектирования до производства и сертификации, благодаря чему мы можем создавать высокоэффективные корпусные детали для авиационной промышленности”.

П л а т ф о р м а 3DEXPERIENCE предлагает

интуитивно понятные 3D-приложения для проектирования продукта, анализа, производства и управления данными в цифровой среде. Она представляет собой единую платформу для взаимодействия, которая позволяет выработать технические требования, обмениваться идеями, изучать документацию, осуществлять интеграцию и валидацию, выполнять задачи и создавать отчетность, а также позволяет добиваться оптимизации бизнеса за счет обеспечения цифровой преемственности данных на протяжении всех этапов проекта, начиная с создания концепции и заканчивая реализацией.

“Вес, производительность и стоимость продукции

по-прежнему остаются решающими факторами для сохранения конкурентоспособности при разработке и изготовлении сложных корпусных деталей для самолетов новейшего поколения, – говорит Дэвид Циглер (David Ziegler), вице-президент по аэрокосмической отрасли и оборонной промышленности, Dassault Systèmes. – Являясь глобальным лидером в этой области, компания GE Aviation постоянно внедряет инновации и высоко ценит то, каким образом платформа 3DEXPERIENCE обеспечивает необходимые технологии для реализации этого подхода. Мы гордимся тем, что выступаем их партнерами в этой трансформации”.