

авиастроение

На «черном крыле»

Для изготовления углепластиково-го крыла и хвостового оперения российского среднемагистрального самолета МС-21 использована новейшая инфузионная технология, позволяющая серийно производить консоли крыла большого удлинения. Кроме того, использование так называемых композиционных материалов в конструкции воздушного судна позволит увеличить его ресурс, повысить безопасность и сократить расходы на изготовление и техобслуживание.

— технологии —

Материальные ценности

Каркас крыла своего первого самолета Flyer-1 братья Райт изготовили из ели, обтянув его тонким небеленым муслином. С помощью этой конструкции 17 декабря 1903 года и были совершены первые в истории задокументированные полеты аппарата, поднявшегося в воздух с помощью тяги двигателя. Скоро для большей прочности вместо ткани в ход пошли фанера или деревянный шпон. Однако уже 12 декабря 1915 года в воздух поднялся первый в мире цельнометаллический самолет — моноплан Junkers J.1. В 1920–1930-е годы в конструкции самолетов во всем мире вместо древесины стали применять алюминий. Он позволял самолетам летать с большей скоростью и полезной нагрузкой.

«70 лет назад, в конце 20-х — начале 30-х годов прошлого века, человечество перешло при постройке самолетов от дерева к металлу. Сейчас идет массовый продуманный переход от металла к композиту», — говорит директор Центрального аэрогидродинамического института им. профессора Н. Е. Жуковского (ЦАГИ) Сергей Чернышев. — Применение композитов имеет целиами: снижение веса конструкции самолета на 15–20%, повышение ресурса в полтора-два раза, повышение безопасности по прочности в несколько раз, сокращение сроков разработки и производства при одновременном снижении стоимости изготовления и расходов на техническое обслуживание и ремонт». В 80-е годы прошлого века в авиации началась «композитная революция»: в элементах конструкции сначала военных, а потом и гражданских самолетов все чаще стал использоваться углепластик. До авиастроения он уже использовался в середине 60-х годов прошлого века в военных и космических программах. Из этого материала делали сопла ракет и шлемы астронавтов.

В 1967 году углепластик появился в свободной продаже в Англии, а первым известным гражданским применением такого материала стал корпус болида команды «Формулы-1» McLaren, изготовленный в 1981 году Джоном Барнардом. А сегодня углепластик входит в наш быт: из него сделано множество вещей. Однако технологические тонкости их изготовления остаются одной из самых охраняемых тайн любого производителя.

Использование композитов в авиации началось с военных самолетов. Композиты позволили снизить массу летательного аппарата, повысить его ресурс, а значит, увеличили его тактико-технические характеристики. Сначала из углепластика делали небольшие лючки, обтекатели. Затем пришла очередь элементов конструкции крыла — закрывков, предкрылков. Сегодня доля композитов в конструкции истребителей пятого поколения составляет от 40% до 60%.

Доля композиционных материалов в конструкции пассажирских самолетов тоже постоянно росла. Например, в моделях семейства A320 компании Airbus, разработанного в середине 80-х годов прошлого века, она составляет 10–15%. У двухэтажного A380, спроектированного в конце 1990-х годов, композиты составляли 25% общей массы лайнера. Boeing 787 Dreamliner на 50% состоит из композитов, A350 — на 53%.

Пластик в авиации

Углепластик изготавливают из слоев ткани, сотканной из тончайшей углеродной нити. Классическая технология выглядит так: на специальную оснастку слой за слоем выкладывают углеродную ткань, предварительно пропитанную связующим веществом (смолой). Затем полученную заготовку помещают в автоклав — большую печь, где под воздействием высокой температуры происходит «выпекание» изделия. После охлаждения конструкция становится монолитной. По такой автоклавной технологии изготавливаются элементы конструкции европейских и американских самолетов. Причем отдельно делаются заготовки для силового набора, отдельно — обшивки, и потом они собираются в единую конструкцию.

Теоретически такая технология должна привести к сокращению массы планера самолета на 15%. На практике это преимущество пока удается реализовать не полностью. Причина — исключительно высокие требования к надежности пассажирских самолетов на фоне не очень большого опыта эксплуатации конструкций из композиционных материалов.

«При проектировании конструкции из алюминия запас прочности сейчас не превышает 1,5», — рассказывает директор технологического центра Объединенной авиастроительной корпорации (ОАК) Юрий Тарасов. — При проектировании же конструкции из углепластика сначала этот запас нередко доходил до 5 или даже 7 (это означает, что конструкция рассчитывается и испытывается на нагрузки, в пять-семь раз превосходящие максимальные эксплуатационные). По мере набора статистики поведения композитов запасы прочности постепенно снижаются, конструкции из них получаются все более легкими».

Композиты — дорогое удовольствие: килограмм дюрала для самолета стоит около \$3, а килограмм углепластика, из которого изготавливались крыло и фюзеляж Boeing B787, — пример-



Крыло МС-21 изготовлено из композиционных материалов по уникальной технологии

но \$400. Но использование более дорогого материала окупается его уникальными свойствами. «Расход топлива на Boeing 787 за счет снижения веса уменьшился практически на 20%, эксплуатационные расходы — на 10%, — говорит Борис Бычков, генеральный директор компании Airclaims CIS, специализирующейся на экспертизе и техническом аудите в области авиастроения. — Кроме того, от воздушных судов клепаано-алюминиевых конструкций Boeing 787 отличает отсутствие коррозии, что значительно облегчает обслуживание самолета».

Начало применения в авиастроении нового материала, естественно, не было простым. Во время первых испытаний элементов новых самолетов возникали неожиданные трудности. Так, в конце марта 2010 года в исследовательском центре Эверетт во время испытания углепластикового крыла Boeing 787 на излом обнаружилось отслоение композитной обшивки от стрингеров. Больше полугода инженеры Boeing занимались устранением проблемы. Дальнейшие испытания самолет прошел успешно.

В марте 2014 года на крыльях нескольких новых B787 были обнаружены микротрещины. Дефекты начали появляться после внесения подрядчиками изменений в технологический процесс. Проблема была выявлена на нескольких самолетах, которые еще не успели передать заказчикам. Техпроцесс был скорректирован, после чего микротрещины больше не появлялись.

Опыт первых композитных конструкций заставил усовершенствовать систему контроля качества. Заводы обязавелись установками неразрушающего контроля, которые позволили выявлять микротрещины на этапе производства. По оценке специалистов, контрольно-диагностические системы, которые сегодня использует российская компания «Аэрокомпозит», — одни из самых совершенных в мире. Именно она и отвечает за производство «черного крыла» МС-21.

Развитие диагностических технологий позволяет решить еще одну проблему: выявление и устранение повреждений, которые могут возникнуть при эксплуатации. Для авиакомпаний и сервисных центров это новая задача. Однако в истории авиации радикальные изменения в технологиях ремонта уже происходили. Самолеты, сделанные из дерева и полотна, ремонтировали квалифицированные столяры. Внедрение в авиацию металлов заставило освоить сварку, клепку и пайку. И тогда это не всем нравилось, однако возврат к деревянно-полотняным технологиям в качестве серьезной альтернативы не рассматривался.

«У композитов есть очень серьезные преимущества по сравнению с металлами», — считает гендиректор Инженерного центра Airbus в России Александр Кирейцев. — Металлические самолеты подвержены усталостным разрушениям, поэтому их проектируют на определенное количество циклов. Композиционные материалы гораздо более устойчивы к знакопеременным нагрузкам и не подвержены коррозии, поэтому они долговечнее металлов. В долгосрочной перспективе у меня нет сомнения в росте процента использования композитов».

Для производства крыла самолета МС-21 было принято решение использовать новую безавтоклавную технологию. «Для МС-21 мы создали композитное крыло более совершенной аэродинамической формы. Нашими специалистами был разработан метод вакуумной инфузии, который позволяет нам создавать силовые элементы консоли крыла лайнера интегральными», — говорит генеральный директор компании «Аэрокомпозит» Анатолий Гайданский. Автоматизированный комплекс выкладывает преформу набором из 24 шестимиллиметровых углеродных лент слой за слоем, затем конструкция помещается в вакуумный мешок, где пропитывается связующим (смолой). Далее в специально спроектированной печи при относительно невысоких температурах происходит процесс отверждения. Таким образом можно получать монолитные элементы длиной до 20 м, что является совершенно уникальной технологией в мире. «У нашего крыла высокое аэродинамическое качество. Аналогичную конструкцию консолей крыла самолета из алюминия сегодня изготовить нельзя», — отмечает Анатолий Гайданский. По его словам крыло большого удлинения позволит добиться для МС-21 снижения расхода топлива до 8%. За жизненный цикл самолет тратит очень много топлива, так что это станет его серьезным конкурентным преимуществом.

Только за счет «черного крыла» на каждом таком самолете можно было бы сэкономить более 11 тыс. тонн горючего! А если в парке авиакомпании больше сотни самолетов, то экономия более чем впечатляющая.

Отечественные технологии

В российском авиапроме, как и в западном, композиционные материалы применялись сначала в основном в производстве военных самолетов, а в конструкции гражданских лайнеров из углепластика изготавливались лишь элементы механизации крыла, лючки и обтекатели. Но иностранные производители существенно увеличили долю композитов в конструкциях гражданских самолетов, в России же до недавнего времени этого не делали. Например, доля композиционных материалов в самолете Sukhoi Superjet 100 составляет около 12%. Это объяснялось в том числе слабыми производственными возможностями и недостаточным технологическим развитием производителей композитов в нашей стране.

Однако конструкторы КБ им. А. С. Яковлева (подразделение корпорации «Иркут») при разработке самолета МС-21 решили использовать крыло из углепластика для обеспечения конкурентоспособности новой машины на мировом рынке. Почему только крыло? Анализ показал, что фюзеляж среднемагистрального самолета такой размерности делать из композитов невыгодно.

На начальном этапе создания композитного крыла была проделана большая подготовительная работа. Было изготовлено и испытано в ЦАГИ больше 5 тыс. элементарных и конструктивных подобных образцов. Для проведения статических и ресурсных испытаний изготовили четыре прототипа кессона крыла. Первый этап испытаний завершился в конце 2011 года. На основании его результатов было установлено, что полномасштабные силовые конструкции, получаемые методом вакуумной инфузии, не хуже, чем автоклавные, с точки зрения прочности и точности геометрии. В итоге было принято решение о принятии этой технологии изготовления элементов композитных конструкций и об использовании определенного композиционного материала.

Параллельно с работой в ЦАГИ в компании «Аэрокомпозит» была организована опытная лаборатория. Возглавил ее Алексей Слободинский (сейчас — генеральный директор производственной площадки «КАПО-Композит» в Казани).

«Создание лаборатории на начальном этапе было обусловлено необходимостью исследования композиционных материалов и отработки технологии изготовления на их основе опытных образцов. По сути, была создана лаборатория, которая помогла в запуске новой производственной площадки в Ульяновске, дала возможность моделировать применение метода вакуумной инфузии и проверить заложенные конструктивные и технологические параметры», — рассказывает Алексей Слободинский.

«Компания Boeing на самолете B787 уже сделала композитное крыло, Airbus создал такое же крыло для самолета A350», — говорит Юрий Тарасов. — Однако в них присутствуют практически те же элементы, что и в металлическом крыле. То есть радикального изменения трудоемкости сборки не произошло. Создавать новое крыло для МС-21 с оглядкой на устаревшие решения было бы нецелесообразно в принципе. В этом случае мы всегда будем догонять лидеров и вряд ли вырвемся вперед. Поэтому мы поставили задачу сделать следующий шаг — перейти на безавтоклавную технологию. Сейчас такие технологии начали применять лишь на отдельных западных предприятиях».

С целью вывода российского авиапрома на принципиально новый научно-технический и производственный уровень ОАК создала ряд специализированных центров компетенций, одним из первых стала компания «Аэрокомпозит». В команде опытные конструкторы, прочисты, технологи. Производство располагается на заводах в Ульяновске и Казани. В Москве находятся опытная и испытательная лаборатории. В Казани изготавливают панели носовой и хвостовой частей консоли крыла, законцовки, элементы механизации и управления. В Ульяновске производят силовые элементы конструкции консоли крыла: панели кессона крыла, лонжероны, дренажные короба, а также панели центроплана. Для обеспечения контроля качества элемента при его изготовлении параллельно изготавливается изделие-спутник из той же партии углеродного наполнителя и по тем же параметрам, что и основной элемент. Далее изделие-спутник делится примерно на 600 образцов, которые проходят испытания. И только после положительного заключения композитный элемент конструкции перемещается на следующий производственный участок.

Новые материалы позволяют обеспечить ресурс конструкции планера самолета более 80 тыс. летных часов, что почти в три раза больше, чем ресурс современных самолетов — 20–30 тыс. летных часов. При этом масса конструкции уменьшится примерно на 30%. Новые материалы позволяют создавать умные конструкции, адаптирующиеся под определенные условия и даже самовосстанавливающиеся.

Константин Лантратов

Самолеты на все времена

— рынки —

с13

Воздушные суда такого типа чаще применяются для бесстыковочных (point-to-point) перелетов, а эта модель характерна как раз для бюджетных авиакомпаний, поясняют в Boeing. И если в 1994 году на лоукост приходилось менее 10% перелетов на расстояние до 3 тыс. миль (4,8 тыс. км), то сейчас — уже около 30%. За последние четыре года лоукостеры закупили 1,2 тыс. самолетов — это 40% от 3 тыс. узкофюзеляжных бортов, поставленных за этот период. Лоукостерам потребуются самолеты, сочетающие в себе максимальную рентабельность и высочайший потенциал для получения прибыли», — говорит Рэнди Тинсет, вице-президент по маркетингу подразделения Boeing Commercial Airplanes.

При этом и Airbus, и Boeing отмечают тенденцию к росту пассажироемкости авиалайнеров. За последние десять лет среднее количество кресел на эксплуатируемых узкофюзеляжных самолетах выросло со 139 до 152, то есть увеличилось на 1–1,5 кресла ежегодно. И в Boeing полагают, что эта динамика в ближайшее десятилетие сохранится. Если в начале 2000 годов на многоместные модели (B737–900, A321) приходилось всего 10% закупок узкофюзеляжников, то в 2010–2013 годах их доля выросла до 14%, а в следующие несколько лет ожидается скачок до 23%. В Airbus также подтверждают желание эксплуатантов увеличивать количество кресел по сравнению с первоначально заказанным и стремление самих разработчиков комплектовать самолеты большим количеством кресел.

Воздушные связи

Что касается российского рынка, Объединенная авиастроительная корпорация прогнозирует спрос на узкофюзеляжные самолеты в России и СНГ до 2034 года в 955 штук, в том числе на самолеты вместимостью 120 и более кресел — 615 бортов. Согласно прогнозу Airbus, парк пассажирских самолетов вместимостью от 100 кресел в России и СНГ к 2034 году удвоится: сейчас эксплуатируется 922 самолета, а через 20 лет их число превысит 2 тыс. Обшая потребность авиакомпаний России и СНГ в новых самолетах превысит 1280 единиц каталожной стоимостью \$150 млрд. Среди этих самолетов подавляющее большинство составят узкофюзеляжные самолеты — около 1,1 тыс. воздушных судов. Аналитики Airbus прогнозируют, что в ближайшие 20 лет авиакомпаниям России и СНГ продолжат обновлять парк воздушных судов за счет более эффективных моделей, постепенно выводя из состава флота менее экономичные самолеты, а также самолеты, приобретенные на вторичном рынке. В своих расчетах специалисты Airbus исходят из того, что среднегодовой экономический рост в России и СНГ в ближайшие 20 лет составит примерно 2,4%.

В Airbus прогнозируют, что до 2034 года среднегодовой рост пассажирских авиаперевозок в России и СНГ составит примерно 4,8%, что превышает среднегодовой показатель по миру (4,6%). Причем наибольший рост будет наблюдаться на направлениях в страны Ближнего Востока (+6,6%), Азиатско-Тихоокеанского региона (+5,9%) и Латинской Америки (+5,3%). «Россия и СНГ всегда являлись регионом стратегического значения для компании Airbus. Мы верим, что рынок восстановится и продолжит рост, даже несмотря на текущие сложности. Мировой опыт показывает, что авиаперевозки имеют обыкновение быстро оправляться от последствий кризиса. Мы ожидаем новых поставок самолетов Airbus в ближайшие годы авиакомпаниям России и СНГ и намерены достичь 50-процентной доли рынка», — говорит Кристофер Бакли, исполнительный вице-президент Airbus по продажам.

В Boeing констатируют, что рецессия в России существенно влияет на динамику авиарынка СНГ и пройдет несколько лет, прежде чем темпы роста вернутся к докризисным. Тем не менее к 2034 году, полагают в американской компании, флот самолетов в России вырастет в полтора раза, до 1,72 тыс. штук, включая 1,14 тыс. узкофюзеляжных. С учетом выбытия старых воздушных судов это потребует закупки 1,15 тыс. самолетов на сумму \$140 млрд, из ко-

торых 66% (760 штук) составят узкофюзеляжные. Драйвером российского рынка в краткосрочной перспективе станет рост перевозок внутри страны и между государствами СНГ, что вместе с развитием лоукост-перевозок обеспечит спрос на узкофюзеляжные самолеты. «Рынок СНГ является одним из пяти основных рынков и занимает четвертое-пятое место после рынков Юго-Восточной Азии, Европы и США. Он очень большой — от 4% до 5% мирового рынка — и постоянно растущий, несмотря на временные трудности с российской экономикой», — считает президент Boeing в РФ и СНГ Сергей Кравченко (цитата по «Интерфаксу»).

Самый обширный в России парк узкофюзеляжных самолетов, разумеется, у «Аэрофлота». По состоянию на апрель в «Аэрофлоте» эксплуатируется 168 самолетов, в том числе 132 машины с узким фюзеляжем. Это 17 самолетов Boeing 737, 88 самолетов семейства A320 (включая A320, а также A319 и A321) и 27 российских Sukhoi Superjet 100. Флот «Победы» — низкобюджетной «дочки» «Аэрофлота» — вообще полностью состоит из Boeing 737–800. Сейчас у перевозчика 12 самолетов, и ожидается, что к 2018 году их будет около 40.

С момента поставки первого самолета A310 авиакомпания «Аэрофлот» в 1992 году парк самолетов Airbus в регионе постепенно увеличивался. Сейчас 28 авиакомпаний России и СНГ эксплуатируют больше 340 самолетов Airbus, как узкофюзеляжных, так и широкофюзеляжных. Таким образом, за последние пять лет количество самолетов Airbus в парке авиакомпаний этого региона удвоилось», — рассказали в авиаконцерне.

В парке группы S7 (с учетом поступления шести новых лайнеров в марте—апреле текущего года) 65 самолетов, большинство из них узкофюзеляжные: 19 Boeing 737–800 и 44 лайнера семейства Airbus A320. У авиакомпаний UTAir 47 Boeing 737, а также 15 турбовинтовых ATR 72 и несколько «Ан». «Уральские авиалинии» эксплуатируют 35 Airbus (19 самолетов A320, 10 лайнеров A321 и 6 A319).

В ближайшие годы, следует из данных Boeing, в Россию должно быть поставлено 40 лайнеров B737. В частности, у «Сбербанк Лизинга» есть заказ на десять машин. Планировалось, что они будут поставлены в 2016–2017 годах и их будет эксплуатировать авиакомпания «Трансаэро». Однако авиакомпания в прошлом году лишилась сертификата эксплуатанта, и судьба заказа до конца не ясна (хотя взять лайнеры в свой парк согласился «Аэрофлот»). Еще на 30 машин (25 737–800 и 5 737–900ER) контракт у UTAir.

В портфеле заказов Airbus — 23 A320 для S7, 7 — для «Уральских авиалиний» и 8 A321 — для UTAir. В начале апреля также стало известно, что S7 берет в лизинг у Air Lease Corporation пять лайнеров семейства A320neo (подписан контракт на поставку трех воздушных судов A321neo и договор о намерениях относительно двух A320neo). «S7 Airlines первой из российских компаний разместила заказ на самолеты новейшей модификации производства Airbus семейства A320 — самолеты neo», — отметил генеральный директор S7 Airlines Владимир Обьедков. — В планах авиакомпании замена всех самолетов семейства A320 в парке лайнерами neo. Первые воздушные суда neo поступят в S7 Airlines уже весной 2017 года.

Однако несмотря на то что сегодня авиакомпаниям строят свою бизнес-стратегию на основе самолетов этих двух производителей, в ближайшее десятилетие ландшафт узкофюзеляжных среднемагистральных самолетов может измениться. Так как спрос на самолеты данного сегмента значительно превышает возможности нынешних их производителей, складывается благоприятная конъюнктура для выхода на рынок новых игроков. На долю рынка рассчитывают производители ряда стран. Недавно начались поставки самолетов CSeries канадского производителя Bombardier, еще два дебюта ожидаются в ближайшие годы — это китайский Comac C919 и российский MC-21. В совокупности эти три производителя смогут претендовать на треть мирового рынка узкофюзеляжных среднемагистральных.

Илья Максимов

Динамика роста мирового рынка авиаперевозок (пассажиро-километры, трлн)

