

КТО ПОДНИМЕТ КОМПОЗИТЫ В НЕБО?



Вопрос в заголовке статьи может показаться парадоксальным, поскольку история авиации теснейшим образом связана с композиционными материалами с самого её возникновения: ведь аэропланы братьев Райт строились из фанеры – настоящего органического слоистого композита! А сегодня корпуса некоторых самолётов целиком делаются из лёгких и прочных углепластиков. Однако по порядку...

От фанеры к углепластикам

Появившиеся в тридцатых годах прошлого века стеклопластики сразу привлекли внимание самолётостроителей, причём вначале они применялись для изготовления формообразующей оснастки. Компания Douglas Aircraft первой использовала стеклопластики на фенольном связующем для производства штампов, на которых быстро и дешево получало опытные образцы металлических деталей методом гидропрессования. Стеклопластик успешно применялся для ступеней, пространственных кондукторов и других технологических приспособлений, необходимых для точной сборки сложных

крупногабаритных деталей самолётов. Вскоре начали широко внедряться ненасыщенные полиэфирсы, а перед Второй мировой войной появились и первые эпоксидные смолы, проторившие композитам дорогу в облака.

Начало войны подтолкнуло разработки по применению композитов в самолётостроении. Например, стеклопластиковые обтекатели позволили снизить вес лёгкого бомбардировщика Douglas A-20, а бумажно-слоистый композит значительно упростил изготовление коробчатого шпангоута крыла тренировочного моноплана PT-19. В 1942 году по решению правительства США на авиабазе Wright Patterson началось широкое изучение композиционных материалов для приме-

Рисунок 1



нения в авиации. В 1944 г. там прошел аэродинамические испытания стеклопластиковый фюзеляж, а позже были изготовлены шесть пар композитных крыльев для тренировочных самолётов AT-6 и BT-15, которые показали отличные лётные качества.

Именно в годы войны были разработаны такие прогрессивные технологии формования, как намотка и напыление, появились препреги и сотовые наполнители. Спрос на эти работы формировался государственным заказом, который стимулировал частные компании к проведению инновационных разработок в области новейших технологий и материалов, что оказалось весьма эффективным для становления отрасли композитов и самолётостроения. С начала пятидесятых стеклопластики всё шире применяются для изготовления рулей, закрылков и различных обтекателей. Но композиты пригодились не только для деталей планера: оказалось, что из стеклопластиков получают превосходные каналы и трубопроводы самой сложной конфигурации.

После войны тысячи небольших фирм стали активно заниматься конверсией авиационных технологий в гражданском секторе: в 1947 году появился первый стеклопластиковый автомобиль, а к 1948 году количество композитных катеров и яхт исчислялось многими тысячами. Энтузиасты композитов порой создавали настоящие технические шедевры. Компания Convaig Aircraft построила первый летающий автомобиль (рис. 1), корпус и съёмное оперение которого были изготовлены из стеклопластика. Опытный образец поднялся в воздух 1 ноября 1947 года, но смелым планам дать тысячам отставных военных пилотов возможность летать на собственной машине не суждено оказалось сбыться.

В конце сороковых были разработаны новые технологии формования – вакуумный мешок, пултрузия, а также отлажена намотка крупногабаритных изделий, сыгравшая значительную роль в гонке ракетных вооружений. В 1961 году было получено первое углеродное волокно, и спустя десятилетие стоимость килограмма волокна снизилась в десятки раз. В 1967 году взлетел первый самолёт с целиком изготовленным из композитов планером – четырехместный Windecker Eagle (рис. 2), который сразу превзошёл в скорости машины своего класса – Cessna 210 и Bonanza V-35. Через двадцать лет беспосадочный кругосветный перелёт совершил построенный энтузиастами в единственном экземпляре Voyager, углепластиковый планер которого весил всего 450 кг.

Who will carry composites to the sky?

Enthusiasts created great technical masterpieces sometimes. The Convaig Aircraft Company built the first flying machine, its' hull and empennage were made of fiber-glass.

Certainly, Russia has got very powerful potential for aviation development on the basis of modern composite technologies.



Рисунок 2

В семидесятых начался промышленный выпуск кевлара и появились авиационные органопластики, а перехватчик Grumman F-14A положил начало применению боропластиков в самолётостроении. Так и росло композитное древо – могучие корпорации выпускали новые материалы, государство поддерживало развитие инновационных технологий, а тысячи энергичных частных компаний быстро находили возможности применения и того, и другого.

Переход количества в качество

В восьмидесятых годах конструкторы нередко использовали углепластики как «чёрный алюминий», заменяя металлические детали на такие же из композита. Вначале удавалось всего несколько процентов массы самолёта «переложить» на композиционные материалы, позже эта величина поднялась до 15-20%, но до настоящего прорыва было далеко. В технологии изготовления структурных композитов доминировал препреги-автоклавный процесс, обеспечивающий высокие механические характеристики материала, но сложный и трудоёмкий. Необходимость дорогостоящего автоклавирования долго сдерживала композиты в их технико-экономическом соревновании с лёгкими сплавами.

Чтобы количество композитов перешло в качество, потребовалось развитие численного моделирования, методов совместного формования агрегатов планера, технологий укладки материалов под управлением компьютеров и трансферных методов получения композитов. Сотни инновационных компаний за счет правительственных грантов, корпоративных субсидий на НИОКР, венчурного капитала годами развивали научно-технологическую базу самолёта будущего. Правительство США развернуло обширную программу

развития транспорта, в результате которой, в частности, появился предкрылок самолёта C-5A из эпоксидно-борволокнистого пластика. NASA десятилетиями финансировало программы по внедрению композитов такими фирмами, как Boeing, McDonnell Douglas и Lockheed. Именно благодаря поддержке NASA были изготовлены из композитов горизонтальный стабилизатор бомбардировщика B-1 и хвостовое оперение гражданских летательных аппаратов. Практика показала, что применение композиционных материалов позволяет существенно сократить не только массу, но и стоимость крылатых машин. Это объясняется более экономичным расходом материалов, резким сокращением числа деталей и сборочных операций, меньшими эксплуатационными затратами и т.д. В семидесятые годы было выполнено множество технико-экономических исследований и найдена оптимальная доля композитов в массе самолёта: оказалось, что если она составляет около половины, то цена пассажира-километра оказывается минимальной, а прибыль на вложенный капитал достигает максимума. Экономический фактор сыграл решающую роль: строить самолёты из композитов оказалось выгодней, чем из алюминия! Однако потре-

бовалась четверть столетия, чтобы приблизиться к оптимальному содержанию композитов в конструкции пассажирских лайнеров. Наконец критическая масса знаний была накоплена, и 15 декабря 2009 года впервые поднялся в небо Boeing 787 Dreamliner, наполовину состоящий из композитов, имеющий, сравнительно с металлическими самолётами своего класса, существенно увеличенную дальность полёта, на 20% более экономичный, на 60% более грузоподъёмный – словом, настоящий самолёт нового поколения. А ведь продолжительность поколений самолётов – примерно такая же, как у людей! Поэтому появление Dreamliner определило дальнейший путь самолётостроения – путь, который ведёт к самолётам из информкомпозитов и самоадаптирующихся механокомпозитов. Компоненты Boeing 787 поставляют сотни фирм с четырёх континентов (рис. 3). Российские учёные и инженеры не остались в стороне от создания углепластикового лайнера. ЦАГИ в течение нескольких лет проводил испытания и участвовал в сертификации композитных панелей, российские программисты разработали целый ряд уникальных программных про-

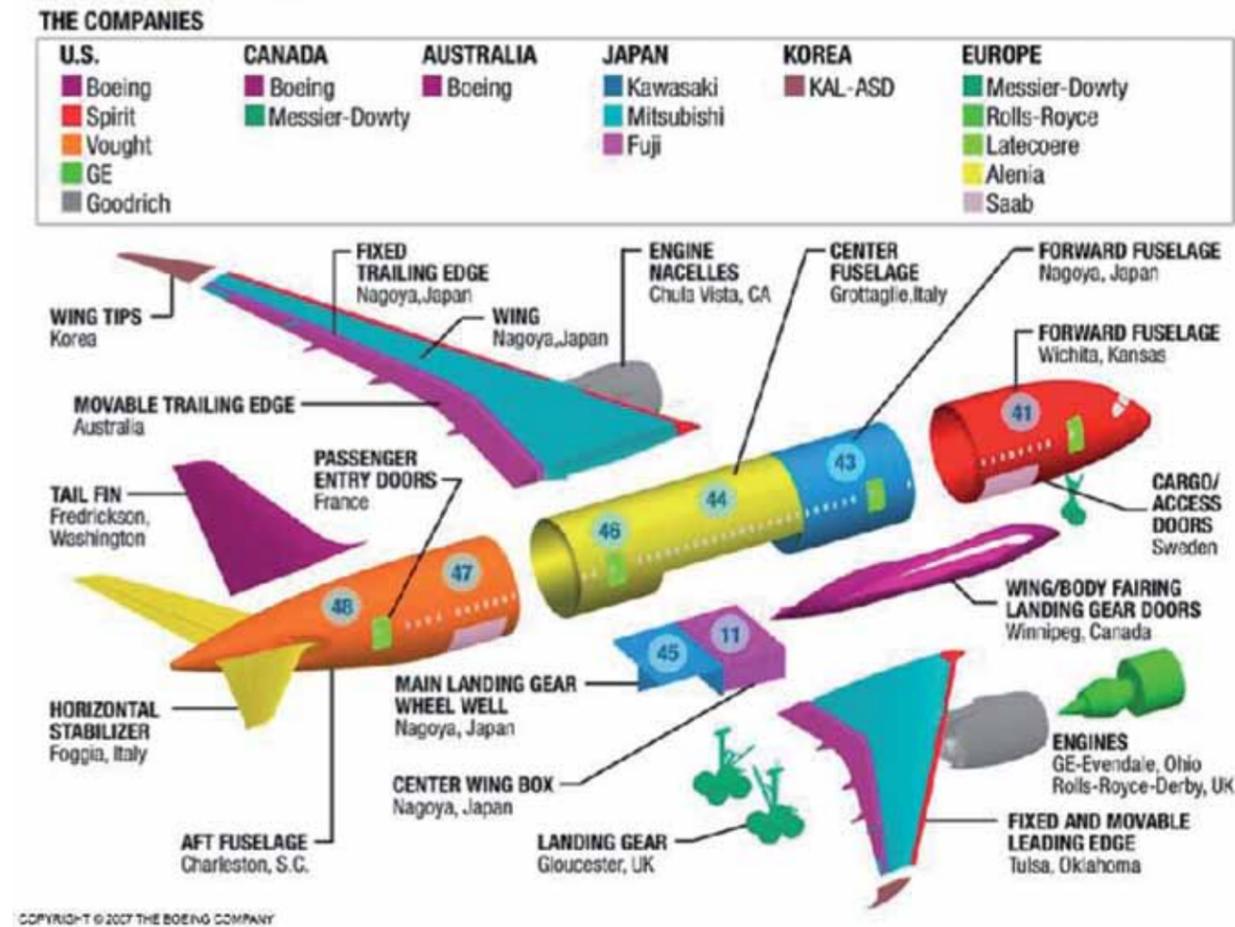


Рисунок 3

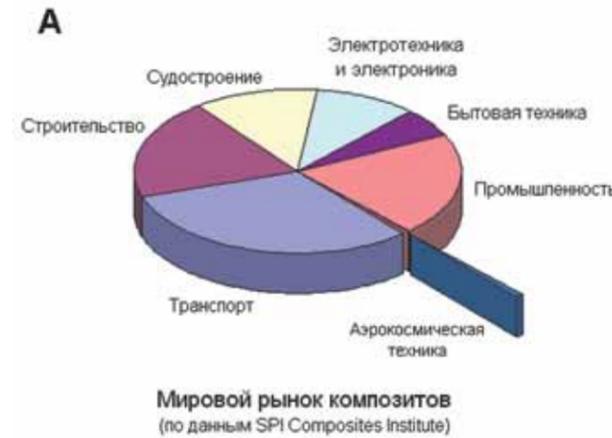


Рисунок 4

дуктов для проектирования и эксплуатации самолёта. Российские конструкторы спроектировали композитную носовую секцию фюзеляжа, пилоны двигателей и элементы механизации крыла, создали почти половину чертежей специально-



Рисунок 5

го грузового самолёта для транспортировки компонентов Boeing 787, производимых в разных странах мира. Россия расширяет поставки компонентов для аэробуса A320, занимается переделкой пассажирских европейских аэробусов в грузовую версию. Отечественные самолётостроители наращивают сотрудничество с Италией, с Индией, с Китаем... Россия, несомненно, обладает мощным потенциалом для развития авиации на базе новейших технологий композитов. А ведь появление новых композиционных материалов служит не только авиации, но способствует развитию многих областей техники!

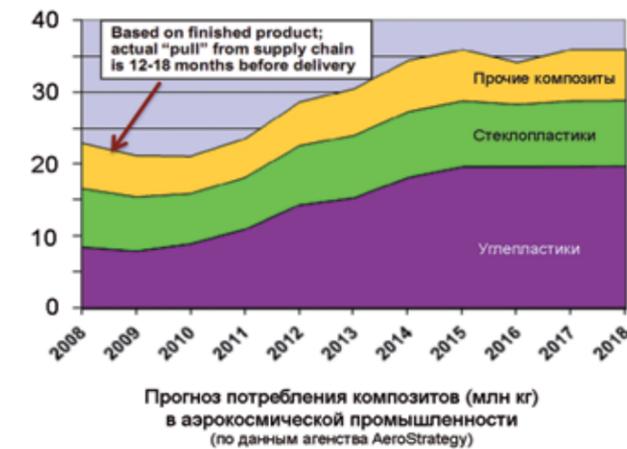
Катализаторы прогресса

Хотя доля аэрокосмических материалов в общем объёме производства композитов составляет менее 1% (рис. 4а), их значение неопределимо, поскольку именно эти наиболее науко-



Рисунок 6

ёмкие конструкционные материалы являются концентраторами знания и катализаторами прогресса в других отраслях промышленности. Статистические данные по мировому потреблению углепластиков показывают, что именно авиацион-



ение, будучи их крупнейшим мировым переработчиком, обеспечивает появление прорывных технологий на благо всего общества (рис. 4б). Сегодня в глобальном мире авиационных композитов сформировались различные области деятельности. Одни фирмы участвуют в крупных международных или национальных проектах – таких, как упомянутый Dreamliner или европейский Airbus A380. Другие – строят новые региональные и местные самолёты. Третьи специализируются на производстве отдельных композиционных компонентов и узлов и являются поставщиками авиационных компаний, разбросанных по всему миру. Наконец, некоторые отважно берутся за воплощение невероятных идей, создавая углепластиковые самолёты бизнес-класса и даже суборбитальные космические корабли (рис. 5). Не менее важную роль играют компании, разрабатывающие перспективные материалы и технологии – такие, например, как фирма Rocky Mountain Composites,

предложившая экономичный метод намотки углепластиковых изделий, именуемый *fiBeX™*. Высокоточная дозировка эпоксидного связующего вкупе с компьютерным управлением намоткой позволяют совместить операции изготовления и выкладки препрега, а также избежать дорогостоящего автоклавирования. Именно безавтоклавные технологии изготовления структурных компонентов самолётов сулят следующий прорыв в мире авиационных углепластиков.

А ведь в ближайшие годы объёмы переработки углеродных материалов должны возрасти более чем на 50% (рис. 6)! Обеспечить необходимый прирост производства авиационных композитов можно, лишь осваивая новые, более произ-

водительные и экономичные технологии формования. Имеются ли эти технологии в России и как они развиваются?

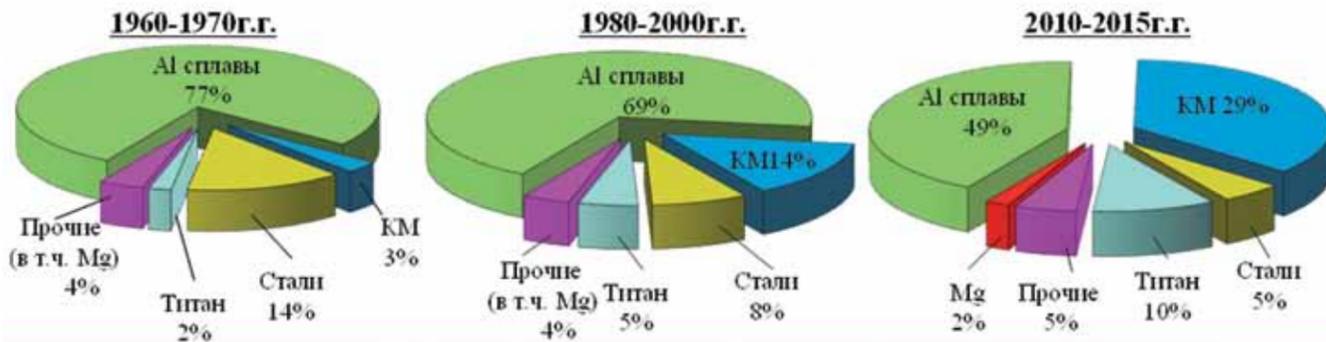
Композитные крылья России

Разумеется, российские самолётостроители не только участвуют в международных проектах, но прежде всего развивают отечественную авиацию. Разработана и реализуется Федеральная целевая программа «Развитие гражданской авиационной техники России на 2002-2010 годы и на период до 2015 года», заключаются крупные контракты на МАКСах, выдаются долгосрочные кредиты на технико-технологическое

Ту-134, Ту-154, Ту-154М

Ту-204, Ту-214, Ту-334

Ту-204СМ, Ту-204СМ2



перевооружение предприятий, финансируются государственные инвестиционные программы. Ещё будучи президентом, В.В.Путин поставил цель вернуть Россию в лидеры мирового авиастроения, а в должности премьер-министра объявил, что объём государственных дотаций на развитие авиационной отрасли составляет более 100 миллиардов рублей. Однако преодолеть отставание очень непросто – ведь потеря преемственности научных и инженерных кадров составляет почти целое поколение... Так, на заседании Совета безопасности весной 2011 г., где рассматривалась ситуация в российском авиастроении, Дмитрий Медведев отметил: «В 2010 году выпущено всего семь гражданских самолётов. Это очень унылая цифра». Президент пообещал, что для радикального изменения ситуации в авиационной сфере из федерального бюджета до 2020 года будет выделено более 5 трлн рублей.

Несмотря на спад производства самолётов, Россия остаётся крупным экспортёром авиатехники: по словам А.И. Фёдорова, президента и председателя правления ОАК, в 2025 г. доля новых моделей самолётов в общем объёме выпуска превысит 80%, а Россия будет занимать твёрдое третье место в мировой авиационной промышленности. Объём продаж российской гражданской авиатехники к началу второй четверти столетия должен подняться до 15 миллиардов долларов в год. Но удастся ли догнать мировых лидеров по техническому совершенству и экономичности воздушных судов? Ведь по содержанию композиционных материалов в конструкции пассажирских самолётов российские модели пока вдвое отстают от Boeing 787 и Airbus A380. Самолёт Ту-204СМ только в 2015 году будет на 30% композитным (рис. 7), хотя в мире именно пассажирская и транспортная авиация потребляет львиную долю авиационных углепластиков! Почему же здесь мы оказались позади, как преодолеть отставание?

Эти вопросы ведущие специалисты отрасли обсудили на состоявшейся в ноябре 2010 в Москве конференции «Перспективные материалы в авиационно-космической промышленности». Разработчики самолётов «Иркут» МС-21 и Ту-204СМ констатировали, что в России отсутствуют необходимые материалы и технологии, устарело производственное оборудование, да и методы контроля продукции не соответствуют мировым стандартам.

Чтобы подняться на мировой уровень, в гражданском самолётостроении взят курс на широкое использование высококачественных импортных материалов и на освоение прогрессивных технологий. Например, для изготовления прототипа крыла МС-21 применяются безавтоклавные технологии VARI и VAP и материалы CYTEC и HEXCEL, позволяющие быстрее и дешевле производить крупногабаритные детали оперения. Импортные материалы применяет и ОАО «Туполев» в конструкции Ту-204СМ, причём для этого предприятию потребовалось заново конструировать, испытывать и сертифицировать многие узлы и агрегаты.

Параллельно освоению импортных материалов готовится вы-

пуск отечественного сырья. В кооперации с фирмой Porsher Industries строится совместное предприятие по выпуску углеродных тканей и однонаправленной ленты УОЛ-300Р, которое вскоре сотнями тонн в год начнёт выпускать препреги, имеющие механические характеристики на уровне средних мировых. Над новыми материалами, в том числе теплостойкими, активно работает ВИАМ.

Таким образом, для реализации амбициозных планов имеется серьёзный задел. Почему же тогда сохраняется отставание российских авиационных композитов от лучших мировых образцов, почему внедрение новых технологий идёт со скрипом? Где углепластиковые фюзеляжи пассажирских лайнеров? Где целиком композитные самолёты бизнес-класса вроде Learjet 85 или Hawker 4000? Пусть не суждено нам летать на личных автомобилях – но где уникальные рекордные модели, готовые облететь земной шар или подняться за пределы атмосферы? Кто совершит рывок, кто разом заменит композитами оставшиеся десятки процентов массы летательных аппаратов?

Взлётная полоса – технологическая платформа

Системный кризис российской промышленности больно ударил по наиболее технологичным отраслям, и прежде всего – по авиастроению. Если ныне государство серьёзно взялось за финансирование перевооружения предприятий, зарубежные партнёры обеспечивают трансфер наукоёмких технологий,

Оборудование

Виды выпускаемого оборудования.

- Линии изготовления стеклопластиковых труб.
- Комплект оборудования для изготовления стеклопластиковых емкостей.
- Мобильная установка для вертикальной намотки емкостей.
- Установка изготовления стеклопластиковой арматуры.
- Пултрузионная установка.

614056, г. Пермь, ул. Целинная, 2а
info@mssgroup.ru | www.mssgroup.ru

РЕКЛАМА

Рисунок 7

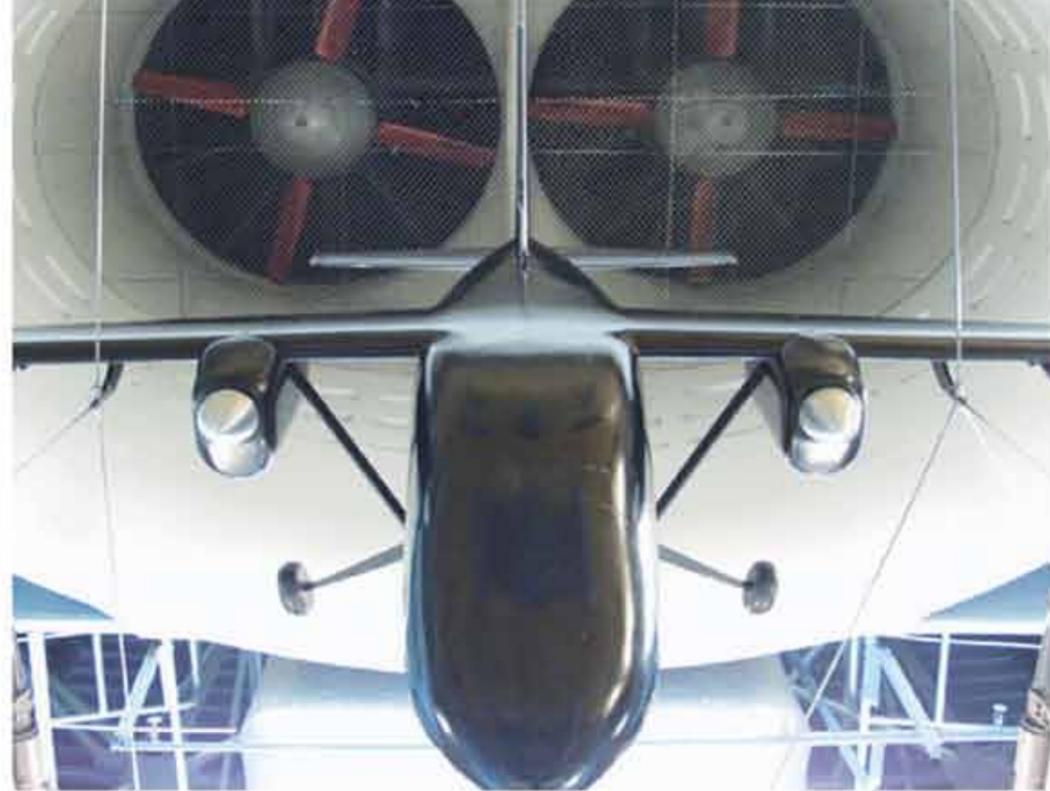


Рисунок 8



а бизнесмены – поставку современных материалов, то проблема кадрового обеспечения авиационной отрасли страны сохраняет свою остроту. Ведь без светлых умов инженеров и золотых рук рабочих не запустить никакое производство, пусть даже трижды сертифицированное по ISO! Объединенная авиастроительная корпорация, прекрасно понимая это, создаёт новую индустриальную схему отрасли, учитывающую экономическую модель современной России. Решено отказаться от сохранения на каждом заводе полного производственного цикла и обеспечить более высокую сте-

пень специализации предприятий. Такая политика дает шанс молодым компаниям, производящим композиты, активно подключиться к национальным и международным авиационным проектам. Ведь кадровая преемственность в действительности не потеряна! И светлые умы, и золотые руки остались в отчизне. Тысячи небольших, но целеустремлённых частных фирм решительно осваивают широкие области применения композитов в промышленности, в строительстве, в энергетике, в судостроении, на железнодорожном и трубопроводном транс-

порте и т.д. Десятки (если не сотни) из них упорно стремятся в небо - производят планеры, мотодельтапланы, автожиры, спортивные самолеты и миниатюрные вертолеты, нашли себя в «тюнинге» серийной авиатехники, в оформлении салонов самолётов. Одна из таких компаний - СКБ «Авиационные технологии и композиты» (АТИК) создаёт цельнокомпозитный двухмоторный семи-восьмиместный многоцелевой самолёт, полноразмерная модель которого демонстрировалась на МАКС-2007. Коллектив верно, хотя и медленнее чем хотелось бы, движется

к успешному завершению задуманного и полной сертификации самолета, несмотря на все сложности и неопределённости данной процедуры для самолётов из композиционных материалов в России. Эта история показывает, что в нашей стране частным компаниям по силам современные летательные аппараты. Некоторые высокотехнологичные фирмы достигли такого уровня развития, что к ним обращается крупная авиация. Правда, пока таких предприятий немного, и среди них - инжиниринговая компания ПОЛИТЕРМО, которая одной из

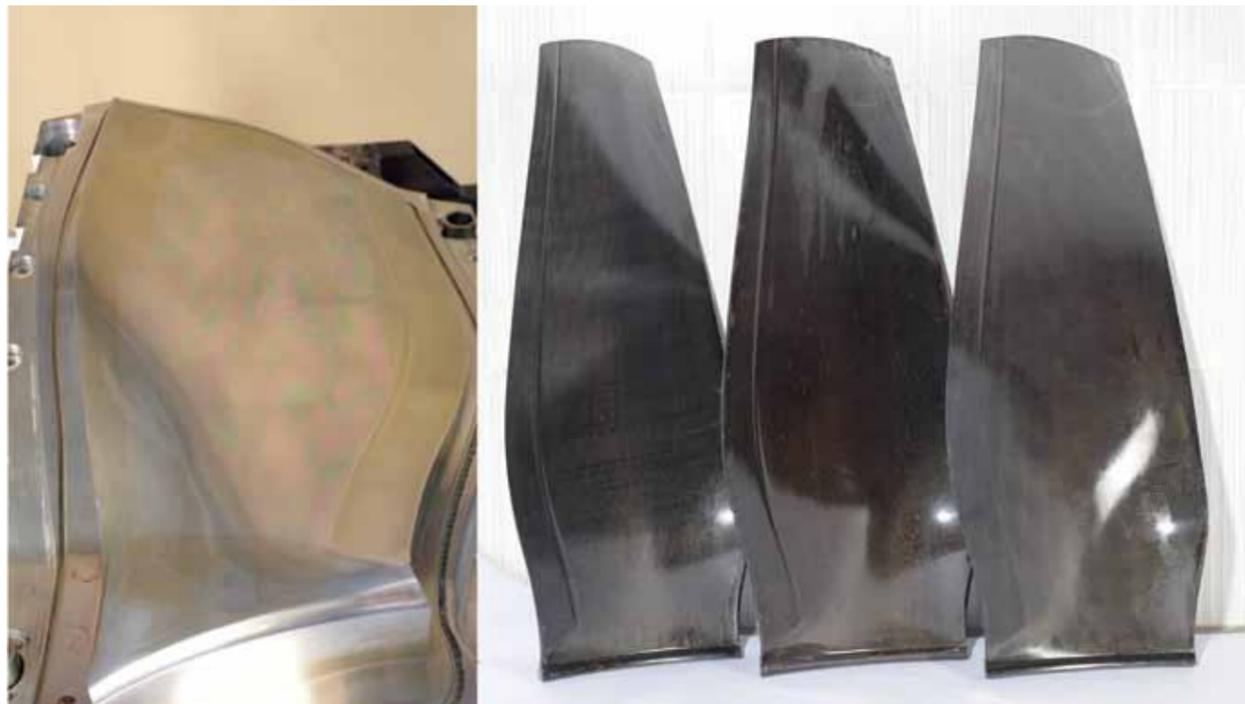


Рисунок 9

первых в России освоила трансферные методы производства композитов в сочетании со сквозной цифровой технологией изготовления оснастки. Внедрение безавтоклавных технологий для нужд авиационной промышленности фирма проводила в сотрудничестве с ведущими институтами отрасли - ЦИАМ и НИАТ. Это потребовало крупных инвестиций, на которые решительно пошёл владелец ПОЛИТЕРМО, который в своё время с красным дипломом закончил МАИ и строил «Буран». А ведь он не одинок, немало в России успешных бизнесменов, получивших советскую инженерную закалку и

создавших высокотехнологичные предприятия! Ныне ПОЛИТЕРМО владеет полным производственным циклом изготовления углепластиковых деталей аэрокосмического качества и получает по прямым поставкам лучшие импортные углеродные материалы и смолы. Это позволяет в сжатые сроки выполнять весьма ответственные проекты. Например, всего за несколько кварталов были изготовлены опытные образцы углепластиковой лопасти вентилятора авиационного двигателя (рис. 9). ПОЛИТЕРМО разрабатывает и применяет разнообразные модификации безавтоклавных технологий,

РЕКЛАМА

ООО «Композит-Групп»

- Трёхмерная разработка технологической оснастки и деталей из композитов.
- Изготовление мастер-моделей и матриц с использованием станков с ЧПУ.
- Производство изделий из композиционных материалов, в том числе огнестойких.

www.composite-group.ru Тел./факс: +7 (495) 5216879



Композит-Групп

выпускает лопасти высокооборотного ветрогенератора, элементы корпусов вертолётов, беспилотных летательных аппаратов и т.д. Последняя работа компании – бесшовный воздухозаборник ВРД с шумопоглощающими элементами, имеющий диаметр 2,5 м. Внедрение прогрессивных технологий позволило сократить сроки выпуска экспериментальных углепластиковых изделий от нескольких лет до месяцев. Однако крупная российская авиация пока остаётся несколько в стороне от частного бизнеса в сфере переработки композитов, привлекая фирмы, подобные ПОЛИТЕРМО, преимущественно к отладке технологий и получению опытных образцов. Это объясняется тем, что изготовитель компонентов самолёта должен провести строжайшую процедуру сертификации продукции и гарантировать стабильность её качества за весь период выпуска и эксплуатации. Данное справедливое требование оборачивается для небольших предприятий, готовых к серийному выпуску авиационных деталей и агрегатов, непомерными затратами на испытания и сертификацию изделий. Опыт ПОЛИТЕРМО позволяет предложить следующую схему партнёрства государственных корпоративных предприятий с частными фирмами:

- Корпорация проводит открытые конкурсы и определяет лидирующие независимые компании, готовые к серийному выпуску авиационных комплектующих из композиционных материалов.
- Фирмы, участвующие в конкурсе, адаптируют и совершенствуют технологии, приобретают необходимое сырьё и оборудование, изготавливают оснастку и выпускают образцы продукции.
- Испытания опытных образцов выполняются на предприятиях заказчика согласно утверждённым процедурам внедрения новых деталей и агрегатов и финансируются корпорацией.
- По результатам испытаний заключается контракт, исполнитель сертифицирует производство, отлаживает технологии и осваивает серийный выпуск изделий.
- Сертификация серийной продукции выполняется отраслевыми институтами и экспертными центрами в рамках государственного финансирования проекта.

Работы по пунктам 1-3 могут выполнять одновременно несколько фирм на конкурентной основе, а право на выпуск серийной продукции корпорация даёт после испытаний образцов и изучения доказательной документации. Такой подход откроет возможность небольшим высокотехнологичным предприятиям участвовать в схеме разделении труда, выстраиваемой ОАК. Но как его реализовать?

Минэкономразвития России разрабатывает стратегию развития инноваций до 2020 года. Инновационное развитие, как справедливо утверждает заместитель министра О.В. Фомичёв, возможно только в условиях конкурентной экономики и равных правил игры. Однако чтобы частные компании стали играть на равных с госкорпорациями, требуется преодо-

леть немало препонов. Главным препятствием на пути привлечения интеллектуального капитала высокотехнологичных компаний в самолётостроение является недоверие отрасли, выстроенной в условиях государственной экономики, к частному бизнесу. Если взломать барьер недоверия, то проще будет найти надёжные механизмы финансирования и установить жёсткий порядок сертификации продукции.

Решить эту непростую задачу может новая эффективная форма организации крупных проектов с сотнями участников, успешно апробированная в объединённой Европе - технологическая платформа. Согласно упомянутой стратегии инновационного развития, за два года предстоит расширить масштабы финансовой поддержки инновационной деятельности на ранних стадиях, выстроить систему мониторинга эффективности налоговых льгот и запустить приоритетные технологические платформы. Перечень приоритетных технологических платформ в апреле 2011 г. был утверждён Правительственной комиссией по высоким технологиям и инновациям. Перечень включает почти три десятка технологических платформ по ключевым направлениям техноэволюции. В их числе - платформа «Новые полимерные композиционные материалы и технологии», которую разрабатывает ВИАМ по инициативе Минэкономразвития, Роснано и Росатома. В марте 2011 г. в рамках ежегодной выставки «Композит-Экспо» прошла международная конференция «Современное состояние и перспективы развития производства и использования композитных материалов в России», где на пленарном заседании платформу представил заместитель директора ВИАМ Д.В. Граценков. Производители композитов с энтузиазмом восприняли её появление и стремятся работать, засучив рукава. В нынешних российских условиях запуск технологической платформы по композиционным материалам послужит мощным стимулом для развития многих отраслей промышленности. Её появление вселяет надежду, что будут наконец налажены эффективные механизмы частно-государственного партнёрства в области самолётостроения, организовано сотрудничество небольших компаний с ОАК, преодолено недоверие к частному бизнесу со стороны большой авиации. Примеры, приведенные в данной статье, показывают, что такое сотрудничество, сочетающее частную инициативу и государственное финансирование и регулирование, позволяет успешно выполнять сложнейшие проекты и наиболее эффективно развивать авиационную отрасль. Именно по траектории партнёрства государственных корпораций с частными фирмами быстрее всего поднимутся в небо российские самолёты из композиционных материалов.

С.В. Мартовский,
М.Ю. Ощепков
Инжиниринговая компания
ПОЛИТЕРМО