

КОМПОЗИТЫ В АВИАЦИОННО-КОСМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ



В конце ноября 2010 г. в столице прошла отраслевая конференция «Перспективные материалы в авиационно-космической промышленности», собравшая свыше сотни участников из семи десятков организаций, среди которых были и ОАК, и Роскосмос, и Роснано, и киты российского авиастроения - «Туполев», «Ильюшин», «Миль», «Бериев», и украинский «Антонов», и двигателисты, и создатели новых материалов, и множество предприятий, выпускающих «крылатые» композиты.

С приветственным словом выступил А.И. Игнатов – советник директора Департамента авиационной промышленности Минпрома. Доклады, представленные на конференции, показали нынешнее состояние и перспективы развития отрасли по трём основным направлениям: создание композитных конструкций и агрегатов, разработка новых материалов, а также освоение прогрессивных технологических решений.

Конструкции из композитов

Обширный доклад главного технолога ЗАО «АэроКомпозит» А.Г. Громашёва (рис. 1) был посвящен применению композитов в конструкции МС-21 - магистрального самолёта XXI века, который должен прийти на смену Ту-154 и зарубежным А320 и Boeing 737. Создатели нового самолёта столкнулись тем, что материалы с требуемыми характеристиками и необходимые технологии в России отсутствуют, а производственное оборудование и методы неразрушающего контроля требуют глубокой модернизации.

А.Г. Громашёв отметил, что при выпуске дюжины новых машин в год экономически оправданными и технически оптимальными оказываются безавтоклавные технологии, которые ныне успешно конкурируют с автоклавированием препрегов*. Так, прототип крыла нового самолёта изготавливается по вакуумно-инфузионным технологиям VARI и VAP, в которых применяются импортные материалы компаний CYTEC и HEXCEL, позволившие обеспечить пористость изделий в пределах 1-1,5%. Для формования высокоточных крупногабаритных деталей изготовлена размерно-стабильная инваровая оснастка; построены стапелы для сборки элементов крыла из титановых и углепластиковых деталей. Решаются проблемы соединения металла с компо-

зитом, защиты углепластика от воздействия топлива и молниезащиты конструкций самолёта. Отлаживаются методики испытаний, которые решено проводить по жёстким американским стандартам. Серийный выпуск самолётов должен начаться через пять лет, поэтому работы идут полным ходом.

С похожими проблемами столкнулось ОАО «Туполев» при разработке самолёта Ту 204СМ. Главный технолог предприятия В.В. Садков подробно рассказал про историю и перспективы внедрения полимерных композиционных материалов в самолётах Ту (рис. 2). Если в семидесятых годах композиты составляли всего 3% массы конструкции, то в ближайшее пятилетие эта цифра поднимется почти до 30% (однако сохранится заметное отставание от Boeing 787 и Airbus A350, которые уже сегодня наполовину состоят из композиционных материалов).

В ходе работ было принято решение заменить углеродную ленту ЭЛУР материалом HEXCEL, который вдвое более прочен на растяжение и обладает превосходящей прочностью на сжатие, смятие и стойкостью к удару. Внедрение новых армирующих материалов и связующего потребовало большого объёма конструкторских, опытных и сертификационных работ. В настоящее время КАПО им. С.П. Горбунова и ЗАО «Авиастар-СП» выпускают из данного сырья панели мотогондолы, лонжероны, крупногабаритные элементы оперения – носки и обшивку закрылков, руль высоты, обшивку руля направления. Агрегаты успешно проходят стендовые испытания (рис. 3). Планируется продолжить изучение высокопрочных лент, тканей, сотовых материалов, а также создать производство композитов на основе термопластической матрицы (полиамиды, полиэфиркетоны и др.) для изготовления стойких к удару агрегатов. При освоении серийного выпуска новой машины на «Туполеве» будут автоматизированы многие этапы изготовления деталей из полимерных композиционных материалов.

От государственной корпорации «Ростехнологии» выступил В.Б. Литвинов, который рассказал про ор-

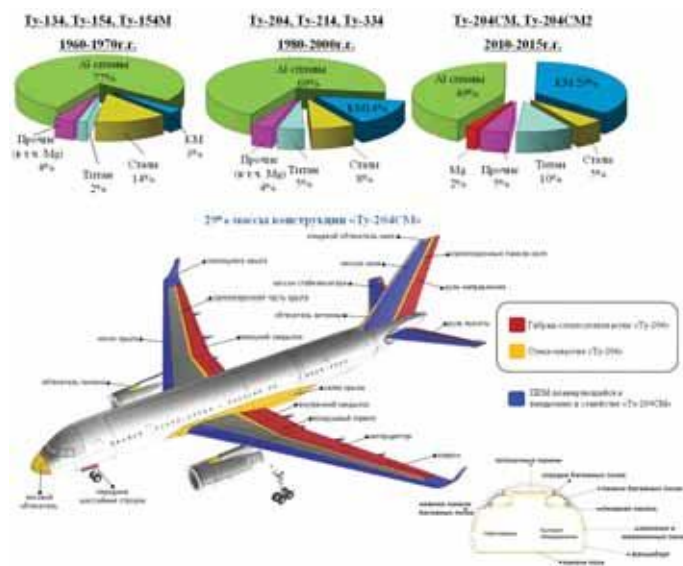


Рисунок 2



Рисунок 3

ганизацию межотраслевого научно-технологического центра по проектированию и технологиям создания изделий из композиционных материалов. Таким центром призван стать концерн «Композиционные материалы и технологии», который в настоящее время объединяет 12 предприятий, а наиболее важной его работой сегодня является изготовление полноразмерного демонстратора цилиндрической секции фюзеляжа МС-21 диаметром более четырёх метров. Проект, который начался в ноябре 2010 г. с прочностных расчётов, планируется к августу 2011 г. завершить и представить на очередном МАКСе полноразмерный фрагмент композитного фюзеляжа. Концерн также занимается созданием технологической платформы – структуры, призванной координировать наиболее актуальные разработки в тех отраслях промышленности, где широко применяются композиты.

Перспективные материалы

Холдинговая компания «Композит» презентовала новые углеродные материалы для авиастроения. Среди учредителей холдинга – не только государственные концерны «Росатом», «Ростехнологии» и «Роснано», но и фирма Porsher Industries, имеющая 51% акций ООО «Поршер-композит». Директор по продажам ХК «Композит» К.Д. Васильев рассказал про поэтапный ввод новых производств углеродных тканей и однонаправленной ленты УОЛ-300Р, имеющей механические характеристики на уровне средних мировых (рис. 4). Наряду с упругостью и прочностью волокна для изделий авиационно-космического назначения важна малая толщина монослоя препрега с жёстким допуском на этот размер. В мировом авиастроении широко применяются препреги с толщиной монослоя $0,13 \pm 0,01$ мм, чему полностью соответствует продукт УОЛ-300Р.

С 2011 г. совместное предприятие холдинга начнёт выпускать 510 тонн высокомодульного волокна в год. В дальнейшем планируется освоить полный производственный цикл «от белого до чёрного» и производить в год не менее 2000 тонн продукции, что должно привести к снижению себестоимости и обе-



Рисунок 6



Рисунок 4

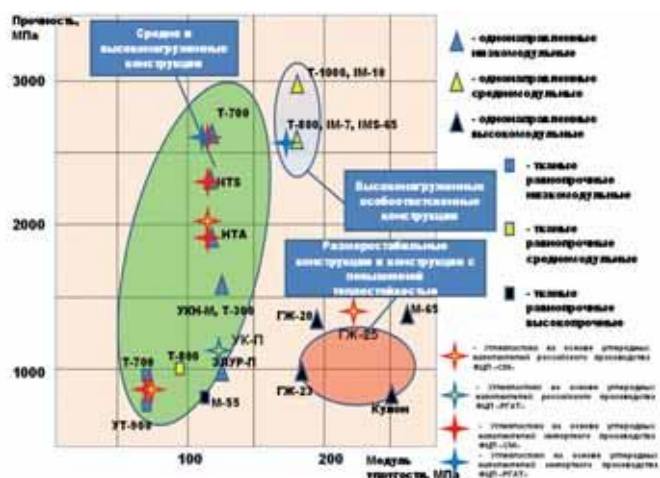


Рисунок 5

спечить конкурентные цены. В Москве на территории АЗЛК завершается монтаж линий новейшего поколения для производства препрегов. Таким образом, в ближайшей перспективе дефицит высококачественного сырья в значительной мере должен быть покрыт за счёт выпуска импортозамещающей продукции в России.

Начальник лаборатории ГНЦ «ВИАМ» А.Е. Раскутин подробно рассказал о масштабных планах института в области создания полимерных связующих и композиционных материалов авиационного назначения. ВИАМ разработал новые эпоксидные смолы, которые предназначены не только для изготовления препрегов, но также для безавтоклавных трансферных технологий RTM, VaRTM и RFI. Разработаны терлостойкие цианэфирные и гетероциклические связующие (последние способны длительно работать при 350°C и кратковременно выдерживать нагрев до 400°C). ВИАМ предлагает долгоживущие однонаправленные препреги из стекло- и углево-



Рисунок 7

локна и их комбинаций, имеющие жёсткий допуск на содержание связующего, а также органопластики на основе арамидного волокна, обладающие, помимо высоких механических характеристик, стойкостью к эрозийным и ударным воздействиям. Такое разнообразие материалов позволяет продуктам ВИАМ охватить широкую область применения в ответственных конструкциях и агрегатах (рис. 5).

В нынешнем году ВИАМ приступил к созданию Центра компетенции по разработке полимерных композиционных материалов, предназначенного для проведения полномасштабных исследований в области углепластиков, стеклопластиков, органопластиков, для изучения свойств наполнителей и матриц, для паспортизации и квалификации конструкционных материалов. Экспертный центр, богато оснащённый современным лабораторным и опытно-промышленным оборудованием, заработает на полную мощность в 2012 году и будет обслуживать различные отрасли промышленности.

Институт проводит перспективные разработки в области интеллектуальных композитов. К первому поколению таких материалов относятся самоадаптирующиеся, которые перераспределяют нагрузки в конструкциях в зависимости от условий эксплуатации. За ними идут информкомпозиты второго поколения – материалы с интегрированными сенсорами, обеспечивающие мониторинг состояния конструкции. Третье поколение – это механокомпозиты, материалы с обратными связями, которые активно противодействуют внешним воздействиям и могут применяться для замены механических узлов (рулей, заслонок), для активного гашения вибраций и перераспределения механических напряжений в конструкциях. Можно заключить, что полимерные композиционные материалы эволюциони-

руют в полном соответствии с законами развития технических систем – происходит динамизация структуры композита и возникают связи, переводящие функционирование надсистемы (т.е. конструкции) с макро- на микроуровень.

Впрочем, развиваются не только полимерные композиты. Доклад генерального директора ОАО «Композит» А.Г. Береснева был посвящён композиционным материалам в ракетно-космической технике. Ведущее предприятие Российского космического агентства в области исследований и разработки новых материалов имеет многолетний опыт применения металлургии гранул и ионно-плазменного напыления для создания наноструктурированных материалов с особыми свойствами – интерметаллидных сплавов, боралюминия, слоистых жаропрочных металлокомпозитов, сплавов на основе алюминия и титана, упрочнённых волокнами карбида кремния и т.п. Изделия из данных материалов применяются в ракетных двигателях и космических аппаратах. Королёвский «Композит» разрабатывает не только металлические, но и объёмно-армированные углерод-углеродные и керамоматричные композиционные материалы, сохраняющие механическую прочность при высочайших тепловых нагрузках. Предприятие также имеет уникальное производство по изготовлению размерно-стабильных конструкций и зеркал космических телескопов из бериллия. А.Г. Береснев подчеркнул, что все ракетно-космические композиты производятся только из отечественного сырья и по российским технологиям.

Прогрессивные технологии

Мировой опыт убедительно доказывает эффективность межотраслевых экспертных лабораторий, подобных создаваемому ВИАМ центру компетенции. В докладе генерального директора ООО «Делкам-Урал» В.Г. Жураховского представлена информация о Национальных композитных центрах Великобритании, где ныне действует пять таких «узлов» и в 2011 году открывается шестой. В.Г. Жураховский подробно рассказал про композитный центр в Шеффилде, который является партнёром Delcam (рис. 6). Центр оснащён современным роботизированным оборудованием для изготовления структурных углепластиков и выполняет исследования по соединению композитных деталей для авиационной отрасли – т.е. решает задачу, актуальность которой неоднократно подчёркивали предыдущие докладчики. Перспективными признаны адгезионные, гибридные и сварные методы соединения, тогда как традиционные механические соединения постепенно перестают применяться.

«Делкам-Урал» предлагает многокоординатные станки для обработки деталей из композитов (в некоторых реализована адаптивная технология обработки нежёстких деталей), оптико-электронные и механические измерительные системы, станки для модельного производства и, разумеется, программное обеспечение Delcam, заслужившее признание у множества производителей сложной формообразующей оснастки для изделий из композитов. В скобках отметим, что инжиниринговая

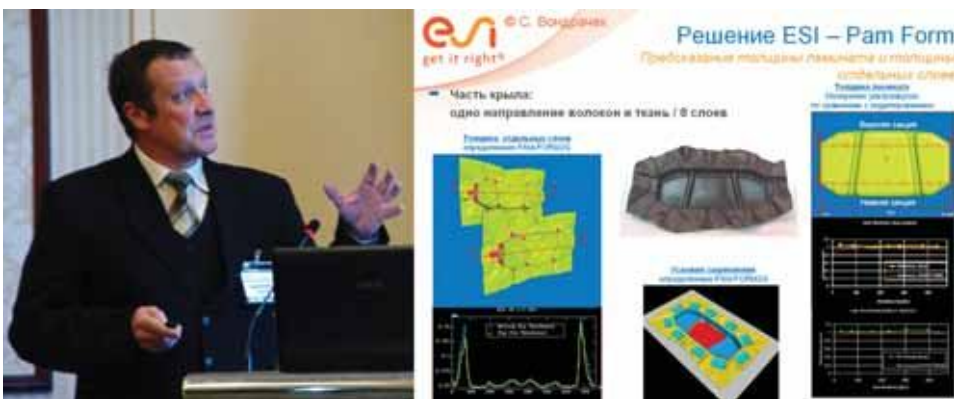


Рисунок 8 фирма ПОЛИТЕРМО, где работает



Рисунок 9

автор данной статьи, также давно и успешно применяет в сквозной цифровой технологии лицензионную CAD CAM систему Power Shape и Power Mill британской фирмы Delcam.

Директор итальянской фирмы Camozzi-Russia Д. Руджи представил оборудование американской компании Ingersoll Machine Tools, которая с 19 века выпускает различные станки, а ныне специализируется на крупных порталных и консольных машинах для автоматической укладки углеродного волокна, лент и жгутов (рис. 7). Машины оснащены собственной САПР, позволяющей спроектировать и выполнить укладку материала на поверхности самой сложной формы и на сотовые наполнители. На одном станке можно не только укладывать волокно со смоляной плёнкой, но и обрабатывать изделие. Новаторские укладочные машины Ingersoll, которые применяются в серийном производстве самолётов Lockheed и Airbus, ныне стали доступными и для российских самолётостроителей.

С. Вондрачек, директор по продажам в странах Восточной Европы фирмы Mecas ESI, ознакомил участников конференции с разнообразными решениями в области моделирования композитных структур для аэрокосмической промышленности (рис. 8). Фирма ESI (что означает Engineering Simulation for Industry) разрабатывает программы для численного моделирования применительно к задачам промышленности. Моделируются различные гидрогазодинамические, физико-химические и технологические процессы (литьё, сварка, штамповка), выполняются акустические и тепловые расчёты. Программы для прочностных расчётов позволяют, в частности, имитировать процессы ударного характера – столкновение самолёта с птицей или разрушение автомобиля при аварии.

Реалистичное описание формуемой детали позволяет достоверно предсказать механические свойства изделия и оптимизировать технологический процесс посредством компьютерного моделирования, а не дорогостоящих и трудоёмких серий экспериментов. Это радикально сокращает длительность и стоимость периода разработки и существенно повышает качество продукции. Успешно моделируются препреговые и трансферные технологии, предсказываются возможные проблемы (образование складок, непроливы, искажения ориентации волокон) и т.д. На этапе проектирования оснастки для RTM можно изучить различные варианты инъекции, подобрать правильное расположение питателей и выпоров, определить время заполнения

преформы смолой. С. Вондрачек особо отметил, что программы ESI обеспечивают достоверное моделирование композитов с учётом дефектов – пористости, утонения, нарушений структуры. Для сокращения времени вычислений желательно применять многопроцессорные мини-кластеры.

Несколько иные задачи решают программные продукты американской фирмы Vistagy, которые представил региональный директор Д. Ватсон – это FiberSim, EnCapta и

SyncroFit, входящие в пакет AeroSuite. Пакет нацелен на производство корпуса самолёта целиком, поэтому особое внимание уделяется моделированию процессов соединения и сборки деталей, а работа завершается выпуском конструкторской документации. Основой пакета является рабочая среда для проектирования композитов FiberSim. Автоматическое послойное проектирование геометрии и структуры композитной детали наполовину сокращает первоначальные трудозатраты и приводит к десятикратной экономии времени при внесении модификаций, неизбежных при создании такого сложного технического объекта, как самолёт. Важно, что программы Vistagy интегрированы не только с популярными CAD-продуктами Catia и Pro/E, но и с системами ЧПУ производственного оборудования. Это существенно ускоряет процесс освоения нового изделия и снижает вероятность появления ошибок.

Практическим опытом внедрения и применения FiberSim в отечественном самолётостроении поделился заместитель директора департамента фирмы «Солвер» А.Е. Колмаков. Использование программы преобразило процесс изготовления углепластиковых деталей по методу ручной выкладки, поскольку на этапе проектирования был оптимизирован раскрой материала и проверена возможность выкладки без образования складок, контуры плоских развёрток были автоматически рассчитаны и переданы на раскройную машину, а послойная укладка препрега выполнялась с помощью проекционных лазеров (рис. 9). Работы по освоению новой технологии на ПТК «Авиакомпозит» воронежского ОАО «ВАСО» начались недавно, но уже понятно, что применение FiberSim и раскройной установки вдвое повышает производительность и экономит до 30% материала, а лазерные проекторы не только избавляют от шаблонов, но и заметно сокращают трудоёмкость и вероятность возникновения брака.

Помимо оборудования для раскройки и выкладки препрегов, «Солвер» поставляет и вводит в производство скоростные фрезерные станки и режущий инструмент, установки для прототипирования пластмассовых деталей американской фирмы Stratasys и другое высокотехнологичное оборудование для авиационных и ракетно-космических предприятий России.

*М.Ю. Ощепков
к.т.н., директор по науке
инжиниринговой компании
ПОЛИТЕРМО*

* В №5 «Композитного мира» за 2010 г. опубликован большой обзор, подготовленный инжиниринговой фирмой ПОЛИТЕРМО совместно с ЦИАМ и посвященный безавтоклавным методам формования структурных композитов. Показано, что вакуумно-инфузионные технологии, в том числе со смоляной плёнкой, всё шире применяются в мировой аэрокосмической промышленности, будучи более экономичными и производительными, чем традиционный препрего-автоклавный процесс.