

ВЗЛЁТ

ISSN 1819-1754



10.2012 [94] октябрь

МС-21

испытывается в ЦАГИ

[с.16]

МиГ-29М2

дебютирует в Европе

[с.26]

Гидроавиация

на «Гражданке»

[с.42]

Авиаперевозки по-украински

[с.46]

СПАСТИ и сохранить

[с.4]

обзор: **ВОЗДУШНАЯ МОЩЬ УКРАИНЫ** [с.32]

Стенд статических испытаний прототипа кессона композиционного крыла самолета МС-21 (№1) в зале статических испытаний комплекса прочности ЛА ЦАГИ



МС-21 ПРОХОДИТ ИСПЫТАНИЯ НА ПРОЧНОСТЬ

Комплекс прочности летательных аппаратов, одно из ключевых подразделений Центрального аэрогидродинамического института им. проф. Н.Е. Жуковского, отметил в прошлом году 80-летие. В состав комплекса входят три научно-исследовательских отделения: статической и тепловой прочности, норм прочности, нагрузок и аэроупругости, ресурса авиационных конструкций. Практически все отечественные самолеты прошли через испытания в лабораториях этих отделений. В настоящее время значительный объем работ комплекса прочности по гражданской авиатематике связан с созданием нового ближне-среднемагистрального пассажирского самолета МС-21, головным разработчиком которого является корпорация «Иркут». О ходе этих работ рассказывает заместитель генерального директора ЦАГИ, начальник комплекса прочности ЛА Михаил Зиченков.



Михаил Чеславович, какова роль комплекса прочности ЦАГИ в осуществлении проекта МС-21?

По реализации проекта МС-21 комплекс прочности ЦАГИ работает с самого начала, принимая участие во всех этапах. Какое-то время мы работали параллельно с корпорацией «Иркут», выполняя государственный контракт и исследуя концепцию будущего самолета. Проводили расчетные исследования прочности, аэроупругости и весовой эффективности конструкции крыла, центроплана, фюзеляжа, оперения на основании комплекса программ, опыта испытаний и собственных инженерных методик. Результатом стали рекомендации по проектным параметрам элементов конструкции и выбранная совместно с КБ силовая схема самолета.

Сейчас специалисты комплекса прочности ЦАГИ работают в двух основных направлениях. Во-первых, мы — одни из

основных соисполнителей работ, которые ведутся в рамках нашего сотрудничества с корпорацией «Иркут» и компанией «АэроКомпозит». Материалы наших расчетов и, в большей степени, экспериментов, подкрепляют и сопровождают проект, обеспечивая принятие технических решений. Работы ведутся по комплексному плану, согласованному с «Иркутом».

Во-вторых, наши ведущие специалисты привлекаются в качестве экспертов для выполнения задач, связанных с сертификацией МС-21 в рамках современных представлений, что сертификация должна выполняться параллельно с проектированием. Когда мы закладываем то или иное техническое решение, мы должны четко понимать, как мы докажем безопасность и надежность каждого узла элемента конструкции.

Можно ли сформулировать основную идею, которой Вы руководствуетесь в ходе работ по МС-21?

Цель нашей совместной с конструкторами КБ работы — обеспечить, чтобы конструкция МС-21 была абсолютно надежной в плане прочности. Отсюда следует общий принцип: каждый элемент конструкции крыла, фюзеляжа, оперения, шасси, подвески двигателей должен быть испытан на стендах, в условиях нагрузок, максимально приближенных к тем, которые самолет будет испытывать в эксплуатации.

Кроме того, на стендах и в аэродинамических трубах мы должны довести нашу конструкцию до режимов, на которые при реальной эксплуатации самолет выходить не должен. Это необходимо для определения и подтверждения запасов, которые конструкция обязательно должна иметь.

Каждый элемент следует нагрузить правильной системой сил и моментов с тем, чтобы для исследователей и разработчиков не осталось «белых пятен». Чтобы решить эту проблему, мы заранее определили облик экспериментальной базы, которая потребует для проведения комплекса прочностных исследований как на этапе разработки, так и на этапе сертификационных испытаний. Для этого был разработан специальный план, который мы продолжаем реализовывать, создавая соответствующие стенды.

В чем новизна самолета МС-21 с точки зрения прочностов ЦАГИ?

Я бы выделил здесь три момента, связанные с тематикой прочности конструкции. Впервые на пассажирском лайнере применено тонкое крыло такого большого удлинения, что требует решения ряда проблем, связанных не только с прочностью, но и с аэроупругостью.

Впервые в России, а в данном классе ЛА и впервые в мире, используется композитное крыло, центроплан и оперение, которые соединяются с традиционным металлическим фюзеляжем. На самолете МС-21 планируется иметь высокую — до 35% массы — долю композитов в конструкции. На отечественных самолетах предыдущего поколения этот показатель не превышал 10%. Причем композиты не применялись в силовых ответственных конструкциях.

Новинкой также является использование специальной системы снижения нагрузок и управления ими, что непосредственно связано с проблемами прочности.

К особенностям проекта, безусловно, относится и широкая международная кооперация.

Как я понимаю, материальным воплощением отмеченных особенностей проекта стал композитный кессон крыла, который испытывается в ЦАГИ?

Силовой кессон крыла из композиционных материалов — это важнейший несущий

Аэроупругая динамически подобная модель консоли крыла МС-21



щим элементом конструкции. В настоящее время мы ведем испытания его прототипов. Затем перейдем к испытаниям реальных натуральных образцов кессона. Это — главный элемент нашего комплексного плана работ по обеспечению прочности и, я бы сказал, по созданию конструкции самолета МС-21 вообще.

Работу мы ведем совместно с корпорацией «Иркут» и дочерним предприятием ОАК — компанией «АэроКомпозит», которая создана для проектирования и производства крупных композитных конструкций.

В ходе первого этапа работ проведены экспериментальные исследования жесткости кессона и частотные испытания в широком диапазоне частот. При этом нами исследовано изменение свойств образца после нанесения повреждений, характерных для эксплуатации самолета.

В ходе испытаний первый прототип кессона выдержал эксплуатационные нагрузки. Затем были проведены его испытания при экстремальных нагрузках. Запланированное в ходе этих тестов разрушение образца произошло в расчетном месте.

Мы впервые в ходе проекта имитировали поведение основной силовой части крыла и получили эффекты, предсказанные при проектировании. Этот важнейший результат повышает нашу уверенность в том, что все расчетные и проектные методики в целом правильно работают в совокупно-

сти с выбранной инфузионной технологией производства композитной конструкции.

Выполнив этот этап, мы смогли двигаться дальше.

Каково содержание дальнейших работ?

Всего запланированы испытания трех прототипов кессона.

Первый, о котором я сказал, полностью еще не отработан. После ремонта он будет использован для дальнейшего исследования поведения конструкции, имеющей различные повреждения, а также отремонтированные участки. Второй прототип также находится в лаборатории статических испытаний, где ведется ряд работ, связанных как с прочностью, так и с отработкой технологий стыковки композитных деталей с металлическими.

Третий прототип кессона будет испытан в лаборатории динамических испытаний с позиции усталостной прочности при эксплуатации.

Параллельно с испытаниями прототипов кессона запланирован колоссальный объем испытаний различных образцов и элементов конструкции. В целом будет испытано несколько тысяч образцов и элементов конструкции.

Затем мы просуммируем все результаты и подведем итоги, на базе которых будут приняты решения и рекомендации для дальнейших проектных работ.

В чем особенности испытаний конструкций из композиционных материалов?

Основная особенность состоит в том, что композиты, в отличие от металлов, сами являются конструкцией, причем анизотропной. В ней есть волокна углерода, связующее, укладка слоев с различной ориентацией и т.д.

Композиты обладают колоссальными потенциальными преимуществами, как, например, отсутствие коррозии, высокие ресурсные характеристики, очень высокая удельная прочность. Этот показатель для углеродных волокон — основы современных композитов — доходит до 500 кг/мм², т.е. в 3–5 раз выше, чем у стали.

Однако реализовать и использовать эти высокие характеристики в реальных условиях конструкции достаточно сложно. Любая инновация имеет свои плюсы и минусы. Так, например, для композитов критична ударная прочность, климатические воздействия. Приходится проводить много испытаний, чтобы ответить на вопрос, как изменится прочность всех подверженных эксплуатационным повреждениям агрегатов. Причем эти повреждения могут быть и при изготовлении, и при эксплуатации.

Отсюда возникает очень большая пирамида испытаний — от элементарных образцов и небольших элементов до полноразмерной конструкции. Все они нагружаются и на растяжение, и на сжатие, и на сдвиг, и на межслойный отрыв.

Необходимо изучить характеристики прочности агрегатов при климатических воздействиях, при насыщении влагой, при взаимодействиях с различными жидкостями (например, с керосином), при акустических воздействиях. Возникают и другие вопросы — например, стойкость композитов к удару молнии, методика испытаний металл-композитных конструкций.

Нам важно все это изучить и понять для конкретной конструкции.

Насколько возрастет объем испытаний при переходе от металлов к композитам?

Если просто посмотреть на характеристики типового металлического материала, которые исследуются при квалификации материалов, при сертификации, то для композиционных материалов число исследуемых характеристик больше в 2–2,5 раза.

Поскольку композиты сами по себе являются конструкцией, нам нужно знать гораздо больше параметров. Кроме того, необходимо учитывать значительные статистические разбросы, характерные для композитов.

Соответственно, на фоне существенных инноваций объем работ велик. Однако, по мере накопления опыта, верификации математических моделей, совершенствова-

ния расчетных методов, технологий он придет к какой-то разумной величине.

Прогрессу в исследованиях также будет способствовать стабилизация характеристик композитов. Это важно для конструкторов, которые могут не «закладываться» на заметный разброс параметров материала и, соответственно, сокращать объем испытаний.

Повышение доли композитов в конструкции самолетов — это тенденция?



Прототип кессона композиционного крыла самолета МС-21 (№2) в зале статических испытаний комплекса прочности ЛА ЦАГИ

Композитные материалы очень активно развиваются. Это — глобальная тенденция. Наша задача — взять рациональное, оптимальное сочетание из тех материалов, которые имеются на сегодня.

Композиты — это общее название. Есть металлокомпозиты. Есть композиты не только на базе углеродных волокон, но и на основе органических.

Будущие конструкции будут комбинированными. Даже испытываемый прототип кессона содержит около 50% металла. В зависимости от характера нагрузений отдельной части конструкции, отдельного агрегата мы должны из базы имеющихся материалов выбрать то, что наиболее подходит.

Движение в направлении создания новых композитов неизбежно. Они, в частности, позволяют в дальней перспективе создать «умные» материалы при внедрении в слою и волокна интеллектуальных элементов.

Однако есть очень важный момент. Если мы берем новый материал и делаем из него конструкцию, которую 50 лет отработывали из алюминия, то позитивный эффект не гарантирован. Конструкция должна идти навстречу новым материалам.

Недавно мы в Германии обсуждали с коллегами результаты очень интересного совместного проекта, направленного на использование композитных сетчатых изо-

гидных конструкций в фюзеляже. Они в нашей стране активно используются в ракетной технике. Это — пример взаимодействия развития материалов и развития конструкций.

Я думаю, что мы придем к оптимальной комбинированной конструкции, но к ней и в России, и за рубежом приходится идти через исследования, эксперименты, отработку технологий, накопление опыта проектирования и серийного производства.



Образец панели из поликарбоната и углепластика для использования в конструкциях аэроупругих моделей

Как изменяется экспериментальная база ЦАГИ в связи с проектом МС-21?

На раннем этапе мы наметили комплексный план работ по обеспечению прочности, совместно с корпорацией «Иркут» сформировали программу экспериментальных работ.

В настоящее время параллельно с испытаниями мы ведем работы по подготовке стендов, которые будут использоваться на заключительном этапе проекта. Это стенды для испытаний на ресурс и живучесть отсека цилиндрической части фюзеляжа и его отдельных панелей. Идет проектирование стендов

для испытаний на статическую усталостную прочность и живучесть всего планера самолета, механизации на натурном крыле самолета, кессона стабилизатора на усталость, живучесть и статическую прочность и т.д.

Вводятся в строй большие климатические камеры, в которых можно будет испытывать крупные агрегаты, прежде всего композитные.

Надеемся, что результаты этих работ



На ранней стадии была создана поисковая аэроупругая модель крыла самолета. От аэродинамических моделей ее отличает то, что здесь воспроизведены (с соответствующими параметрами подобия) жесткостные и инерционные характеристики конструкции.

При испытаниях в аэродинамической трубе были проверены наши расчетные методы для определения границ флаттера, получены необходимые рекомендации.

Одна из разновидностей флаттера в этих компоновках связана с колебаниями двигателя. И тут очень важно найти такую оптимальную комбинацию жесткостных и массово-инерционных характеристик конструкции, чтобы при всех режимах полета, при всех вариантах заправки топливом, при всех объемах полезной нагрузки были обеспечены необходимые параметры устойчивости.

Работы в этой области продолжаются совместно с КБ. Для их ускорения мы



Макет конструктивно подобной модели пилона двигателя МС-21 для исследования эффектов аэроупругости. Макет изготовлен по технологии быстрого прототипирования.



позволят создать надежный самолет с достаточно эффективной конструкцией, но впереди еще очень много работы.

Вы упомянули о проблеме аэроупругости применительно к МС-21...

Мы приступили к ее изучению на начальной стадии проекта, понимая, что конструкция самолёта с крылом большого удлинения потребует углубленного изучения нагрузок на упругое крыло и его аэроупругой устойчивости.

С использованием методик ЦАГИ, по которым ранее были просчитаны все другие отечественные конструкции, проведены подробные расчеты крыла и всего самолета МС-21.

применяем методы быстрого прототипирования, получая от «Иркут» геометрию конструкции в цифровой форме, масштабируем ее и передаем на 3D-принтер, который формирует готовую модель из поликарбоната. Цикл разработки модели и подготовки к испытаниям существенно сокращается. Не удивлюсь, если в будущем будут так же делаться агрегаты самолетных конструкций, и в этом направлении технологии уже активно развиваются.

В чем суть системы снижения нагрузок, которую Вы назвали новшеством проекта МС-21?

Одной из задач системы управления на МС-21 будет снижение уровня «больших»

нагрузок на конструкцию за счет перераспределения аэродинамических сил.

Современные комплексные системы управления очень плотно связаны с прочностью через нагрузки. Когда самолет динамически нагружается, органы управления отклоняются, крыло и фюзеляж изгибаются, и через обратные связи, реализованные в каналах управления, отклоняются органы управления. Это влияет на нагрузки, и мы обязаны такой фактор учитывать. Чем меньше нагрузка, тем легче и изящней конструкция. Мы должны точно знать все условия нагружения и с их учетом реализовать оптимальную, рациональную конструкцию самолета.

Как выглядит Ваш комплекс прочности на мировом фоне?

Наши работы с компаниями Airbus, Boeing, Embraer, фирмами из Китая, Чехии, участие в европейских рамочных программах показывают, что мы соответствуем мировому уровню.

Особо хотел бы отметить нашу школу по проектированию аэроупругих моделей, огромный опыт в проведении натурных статических, ресурсных, частотных испытаний различных классов ЛА.

Мы существенно продвинулись в омоложении кадров. За последний год в комплекс прочности пришло 42 специалиста в возрасте до 35 лет. В прошлом году была организована целевая группа при Факультете аэромеханики и летательной техники МФТИ, которая ориентирована на вопросы, связанные с композитными материалами и конструкциями. Привлекаем нашу молодежь к международным проектам.

В какой степени имеющийся уровень науки и экспериментальной базы ЦАГИ готов к следующему поколению самолетов, которые будут иметь принципиально новую аэродинамическую компоновку?

Задел создается. Мы предполагаем в будущих работах нашего института более глубоко рассмотреть различные компоновки, в том числе летающее крыло, эллиптический фюзеляж. Продолжаем рассматривать крыло с обратной стреловидностью для пассажирских самолетов, исследуем иное расположение двигателей. Анализируем возможность создания крыльев большего удлинения, чем у МС-21.

Поиск и отработка новых компоновок — это постоянный и трудоемкий процесс, который включает в себя все вопросы создания перспективных прочных конструкций с высокой весовой эффективностью. Многоплановые исследования по проекту МС-21, безусловно, будут способствовать подготовке к созданию самолетов следующего поколения.