

УДК 629.7.01

**ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ АВИАЦИОННОЙ НАУКИ**

©2013 Б. С. Алёшин, С. Л. Чернышев

Федеральное государственное унитарное предприятие  
«Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е.Жуковского»  
(ФГУП «ЦАГИ»)

Статья посвящена перспективным гражданским направлениям в области аэродинамики, компоновок летательных аппаратов (ЛА), силовых установок, материалов и конструкций. Излагаются цели, стоящие перед авиационной наукой в части совершенствования ЛА. Описываются работы, которые по данным направлениям ведёт ФГУП «ЦАГИ». Статья подготовлена по материалам выступления на пленарном заседании Симпозиума «Самолётостроение России. Проблемы и перспективы», посвящённого 70-летию Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С. П. Королёва.

*Авиация, летательный аппарат, аэродинамика, компоновка, силовая установка, материалы, конструкции, ФГУП «ЦАГИ».*

В России существует ряд основополагающих документов, которые определяют стратегию развития авиации в стране. Ещё 20 апреля 2006 года приказом Минпромэнерго №85 была утверждена «Стратегия развития авиационной промышленности РФ на период до 2015 года». 1 апреля 2012 года Указом Президента Российской Федерации Пр-804 были приняты «Основы государственной политики РФ в области авиационной деятельности на период до 2020 года». Совсем недавно, в декабре 2012 года, была одобрена новая Государственная программа (ГП) «Развитие авиационной промышленности на 2013-2025 годы» [1], которая станет основой для государственной поддержки авиастроения в нашей стране.

ГП состоит из подпрограмм, в том числе:

1. Самолётостроение.
2. Вертолётостроение.
3. Авиационное двигателестроение.
4. Авиационное агрегатостроение.
5. Авиационное приборостроение.
6. Малая авиация.
7. Авиационная наука и технологии.

Говоря о подпрограмме №7, которая посвящена развитию авиационной науки и технологий, необходимо отметить, что в последние годы государство вновь стало

выделять на отечественную авиационную науку значительные средства, по размерам уже сопоставимые с объёмами финансирования авиационных научных организаций в таких странах, как Германия или Франция. Логично ожидать, что результатом этих вложений должны быть значимые научные результаты, обеспечивающие создание новой конкурентоспособной отечественной авиационной техники.

При формировании подпрограммы «Авиационная наука и технологии» использовался подход, уже апробированный нашими коллегами за рубежом и основанный, прежде всего, на удовлетворении потребностей рынка. Авиационная наука должна предвидеть, какие летательные аппараты и их качества будут востребованы в будущем и, соответственно, направить свои исследования по созданию новых технологий на удовлетворение этих грядущих потребностей.

Главная задача авиационной науки заключается в том, чтобы сформировать научно-технический задел, который отечественные авиационные фирмы смогут использовать при создании новых образцов авиационной техники. Понятно, что этот задел многообразен и подразумевает проведение, в том числе фундаментальных исследований. Однако важно, чтобы в

конец научной работы новые технологии были доведены до высокого уровня готовности, в том числе путём создания демонстраторов, т.е. эффективность новых решений должна быть подтверждена расчётами, экспериментами, наземными и лётными испытаниями, чтобы авиапроизводители могли бы, не сомневаясь, использовать эти решения при разработке новых изделий.

Подпрограмма «Авиационная наука и технологии» предусматривает составление «Национального плана развития науки и технологий в авиационной науке и технологиях на период до 2025 года и на дальнейшую перспективу» (далее «Национальный план»), в котором должны найти отражение перспективные требования не только к лета-

тельным аппаратам будущего, но и к авиатранспортной системе в целом. Необходимо учитывать мировые тенденции развития на 10-20 лет вперёд таких целевых показателей, как безопасность полётов, экологические характеристики воздушного судна, уровень комфорта. При этом нужно признать, что если раньше главным направлением совершенствования гражданской авиатехники было повышение скорости, то сегодня акцент делается на экологические характеристики воздушных судов.

В табл. 1 приведены некоторые целевые показатели по совершенствованию гражданского авиатранспорта до 2030 года, соответствующие мировым тенденциям.

Таблица 1. Целевые показатели совершенствования гражданского авиатранспорта

	2015	2020	2025	2030
Снижение уровня аварийности в, раз	2,0	4,5	6,5	8,0
Снижение шума относительно гл. 4 норм ИКАО на, EPNдБ	15	25	35	45
Снижение расхода топлива и эмиссии CO <sub>2</sub> на, %	10	25	45	60
Снижение эмиссии NO <sub>x</sub> на, %	20	45	65	80

Таким образом, логика построения «Национального плана» заключается в мониторинге будущей ситуации на рынке авиаперевозок, на рынке гражданской авиатехники, которая потребуется эксплуатантам для удовлетворения спроса на авиаперевозки, а также требований, которые будут предъявляться к перспективной авиатехнике и к авиатранспортной системе.

На основе прогноза рынка и требований ведущие авиационные научные организации дали Форсайт [2] развития основных научных направлений на ближнюю, среднюю и дальнюю перспективу с указанием результатов в форме технологий, которые авиационной науке необходимо разработать, доведя их до высокого уровня готовности, для отечественной промышленности в обеспечение конкурентоспособности создаваемой авиатехники.

Форсайт развития научных направлений является базой для формирования «Комплексного плана научно-

исследовательских работ», содержащего информацию о сроках, объёмах финансирования, исполнителях и используемой экспериментальной базе. Чтобы легче отслеживать результаты работ и выполнение целевых показателей, введено такое понятие, как *комплексные проекты*. Они представляют собой не конкретный самолёт или двигатель, а определённую комбинацию технологий, которая позволяет существенно улучшить какие-либо целевые показатели. Например, если говорить о технологиях повышения экологичности самолёта, то можно предложить комплексный проект «зелёный самолёт», объединяющий ряд решений, порой противоречащих друг другу, которые, будучи интегрированными, повышают экологические характеристики воздушного судна.

Важной частью «Национального плана» также должен стать «Комплексный план развития экспериментальной и полигонной базы», представляющий собой программу совершенствования существующих и строительства новых объек-

тов для проведения различного вида испытаний в обеспечение мирового уровня проводимых в нашей стране научных исследований.

«Национальный план» разрабатывается большой командой специалистов, в которой ЦАГИ играет роль лидера. Активное участие в подготовке документа принимает «Высшая школа экономики», которая оказывает методологическую поддержку. Сейчас идёт процесс доработки «Национального плана», учёт замечаний коллег, причём не только из авиационных организаций, но и из Российской академии наук.

Следует отметить, что в ведущих авиастроительных странах уже существуют подобные планы и стратегии развития авиационной науки, а также экспериментальной базы. В объединённой Европе для реализации опубликованного ещё в 2001 году документа «Европейская аэронавтика: Видение 2020» [3] был разработан Стратегический план научных исследований в аэронавтике [4], претерпевший с тех пор два обновления. В 2011 году в Европе было опубликовано новое «Видение-2050» [5], в котором сформулированы цели развития европейской гражданской авиации до 2050 года и для которого уже разработана соответствующая научно-исследовательская программа – Strategic Research and Innovation Agenda [6].

В США в 2010 году одобрен правительством и реализуется «Национальный план исследований и разработок в аэронавтике» [7], в котором, в частности, указывается, что в 2015 году должны появиться летательные аппараты поколения N+1, в период 2020-2025 годов появятся самолёты поколения N+2, а на 2030-2035 годы намечено появление самолётов поколения N+3, которые будут обладать радикально улучшенными характеристиками.

Важность отечественного «Национального плана», по которому российской авиационной науке предстоит жить ближайшие 15 лет, трудно переоценить, поскольку циклы создания научно-

технического задела возрастают и процесс прогнозирования и планирования приобретает особую важность, ибо риски и цена ошибки очень высоки.

Далее предлагается на примере научных работ, которые ЦАГИ ведёт в кооперации с другими российскими авиационными институтами, а также иностранными партнёрами, рассмотреть основные пути совершенствования гражданских летательных аппаратов.

Говоря об уровне аэродинамического совершенства самолёта, который сегодня определяет его конкурентоспособность, имеет смысл обратиться к конкретному примеру, а именно самому, пожалуй, совершенному на сегодняшний день магистральному гражданскому самолёту – Боингу-787 [8].

Наибольший эффект в повышение его общей эффективности был достигнут благодаря применению новых двигателей. За счёт совершенствования систем, включающих в себя авионику и агрегаты, удалось увеличить качество примерно на 15%. Значительный вклад внесли новые материалы, поскольку в Боинге-787 композиты составляют 50% от веса самолёта.

Рассмотрим аэродинамику, совершенствование которой позволило повысить эффективность нового аппарата примерно на 20%.

Сегодня традиционная компоновка самолёта с фюзеляжем и двигателями под крылом настолько хорошо отработана, что её дальнейшее совершенствование связано со всё возрастающими трудностями. Между тем, значительные резервы по повышению аэродинамического совершенства заложены в **интеграции и новых компоновках**. Кроме того, почти нетронутым полем для деятельности остаётся сопротивление трения, поскольку сегодня все самолёты являются практически полностью турбулентными.

Многие специалисты убеждены, что следующее поколение самолётов, которое придёт на смену современным гражданским летательным аппаратам, таким как Боинг-787, Эрбас А350, отечественный

МС-21, станет последним поколением, создаваемым по традиционной схеме. Следующее поколение самолётов полностью исчерпает запас совершенствования данной компоновки и сколько бы не было потрачено усилий, получить существенные результаты будет практически невозможно.

В качестве примера того, насколько кропотливая работа требуется для поиска оптимального варианта традиционной компоновки, приведём исследования, проведённые ЦАГИ по проекту МС-21, которые в общей сложности заняли около 5 лет.

Чтобы получить оптимальное крыло для данного самолёта, ЦАГИ пришлось провести 10 итераций, начиная от тематических моделей, когда при известном весе самолёта, дальности и других основных параметрах совместно с КБ формируется облик крыла, и заканчивая тонкой настройкой. Были исследованы варианты крыла различного удлинения при скоростях Маха от 0.76 до 0.82. В итоге такой работы удалось выйти на финальный результат (так называемое крыло 10М), который пошёл в рабочее проектирование. Речь идёт о крыле с удлинением примерно 11.5, чего удалось добиться благодаря применению композиционных материалов со стреловидностью 26.6 градуса и крейсерским числом Маха 0.8.

Обработка аэродинамики подразумевает не только поиск оптимальной геометрии крыла, но и снижение вредной интерференции, в частности от пилона двигателя. Известно, что сегодня пилоны уже не выполняются осесимметричными, а имеют искривлённую форму, соответствующую линиям тока с целью минимизации вредного сопротивления. В ЦАГИ была проведена работа по оптимизации формы пилона самолёта МС-21, что внесло вклад в улучшение его общей аэродинамики.

В целом, благодаря оптимизации геометрии крыла, а также местной аэродинамики, ЦАГИ вместе с компанией «Иркут» удалось получить неплохой ре-

зультат. На рис.1 видно, что удалось добиться на 20-25% лучшей аэродинамической эффективности и, следовательно, расхода топлива по сравнению с существующими самолётами Эрбас. МС-21 будет иметь 7-8% преимущества в расходе топлива даже над ремоторизованным семейством Эрбас 320Neo, которое появится в 2015 году.

В ЦАГИ идёт работа и над вариантами компоновок, отличными от традиционных. В последнее время вновь проявляется интерес к концепции эллиптического фюзеляжа (так называемый «несущий фюзеляж»), который сам по себе создаёт определённую подъёмную силу (рис.2). Речь идёт о самолете регионального класса с практически прямым крылом и крейсерской скоростью  $M=0.7-0.72$ . Такая концепция имеет право на существование, тем более что малый угол стреловидности крыла позволяет сделать его естественно ламинарным. Кроме того, расположение двигателей в верхней части фюзеляжа обеспечивает экранирование шума.

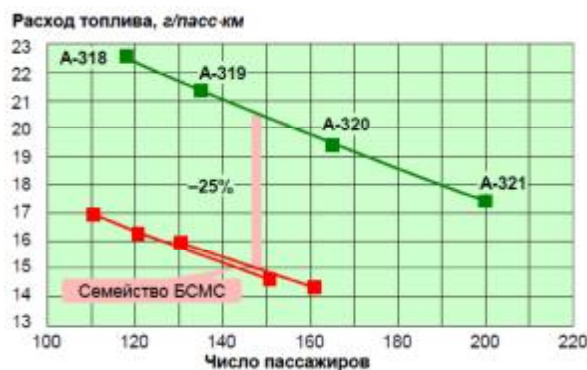


Рис.1. Сравнение расхода топлива А320 и МС-21



Рис.2. Модель самолёта с «несущим фюзеляжем»



Рис.3. Модель самолета с двигателями над крылом

Институт также рассматривает компоновку гражданского самолёта с двигателями, расположенными над крылом (рис.6). Эта идея не нова, существуют летательные аппараты Ан-72 и Бе-200, выполненные по такой схеме, которая даёт преимущества за счёт эффекта суперциркуляции и некоторого экранирования шума. Глубокие исследования всех плюсов и минусов данной компоновки продолжают.

И всё же рассмотренные выше работы проходят в рамках совершенствования традиционной компоновки. Между тем, революционный путь развития связан с глубокой интеграцией, при которой исчезает явное разделение на планер и двигатель.

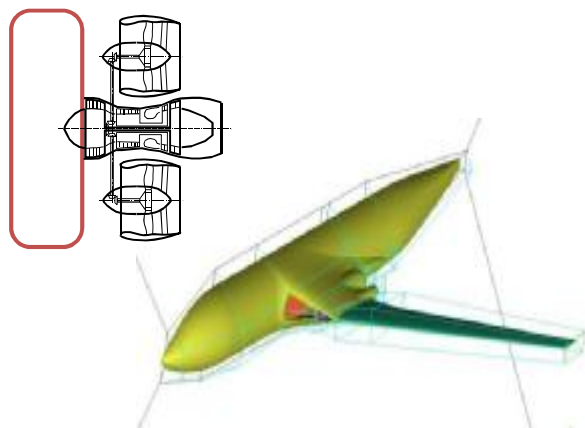


Рис.4. Концепция распределенной силовой установки

На рис.4 показан вариант самолёта, в котором двигатель глубоко интегрирован внутри компоновки. Речь идёт о так называемой концепции распределённой силовой

установки, когда холодный контур отделён от горячего и разнесён, что позволяет существенно увеличить степень двухконтурности без увеличения размеров двигателя. Известно, что двигатели со степенью двухконтурности от 12 и выше сложно поддаются интеграции, поскольку обладают значительным собственным сопротивлением. Данная работа, которую ЦАГИ провёл совместно с ЦИАМ, показала, что такой подход даёт значительные возможности по увеличению аэродинамической эффективности.



Рис.5. Концепция экологичного самолета в проекте NACRE

Интересные компоновки прорабатывались ЦАГИ совместно с европейскими партнёрами в рамках проекта NACRE [9]. На рис.5 изображена концепция экологичного самолёта регионального класса с дальностью полёта около 2000 км и крейсерской скоростью порядка  $M=0.76$ , в которой было внедрено сразу несколько новых решений, главное из которых - использование горизонтального оперения в качестве экрана против шума. Кроме того, крыло с небольшой обратной стреловидностью позволяет обеспечить естественную ламинаризацию. Как известно, на стреловидном крыле возникает поперечная неустойчивость пограничного слоя на передней кромке, с которой сложно бороться, из-за чего крыло, как правило, становится турбулентным уже с передней кромки. Такая компоновка позволяет добиться снижения шума на 4 EPNдБ за счёт экранирования, а также уменьшения расхода топлива на 5-8%.



Рис.6. Концепция экологичного самолета с «открытым ротором»

В рамках проекта NACRE также рассматривалась аналогичная концепция, но с двигателем типа «открытый ротор» (рис.9). Плюс такого двигателя очевиден: он даёт значительную (на 15%) экономию топлива, но его недостатком является повышенный шум. Тем не менее, в проекте NACRE за счёт интеграции и экранирования шума горизонтальным оперением удалось не только компенсировать рост шума, но и снизить его уровень.

Сейчас интерес к винтовентиляторной тематике вновь возрос. В рамках другого европейского проекта DREAM [10] ЦАГИ совместно с Rolls-Royce, Snecma и другими компаниями вел отработку модели «открытого ротора». При испытаниях в аэродинамической трубе Т-107 были получены впечатляющие результаты, которые свидетельствуют о хороших перспективах данного двигателя.

Рассматривая элементы, которые составляют сопротивление летательного аппарата, отметим, что сопротивление трения занимает более 50% и является как раз той частью, на которую учёные пока ещё не научились эффективно воздействовать.

В то же время в борьбе с индуктивным сопротивлением за последние 50 лет был достигнут значительный прогресс. Известно, что барьером для продвижения по скорости является волновой кризис, т.е. резкое увеличение волнового сопротивления за счёт образования местных

сверхзвуковых зон даже при дозвуковых скоростях. На профилях прошлых поколений волновой кризис возникал при  $M=0.68-0.7$ . Благодаря разработанным в ЦАГИ суперкритическим профилям удалось отодвинуть начало волнового кризиса по скорости на 100 км/ч до  $M=0.85-0.86$ . Теоретически можно довести скорость начала волнового кризиса до  $M=0.88$ , однако цена каждой сотой доли очень высока. Сегодня все отечественные самолёты даже предыдущих поколений, такие как Ту-204, Ил-96, а также современные: Ан-148, «Суперджет 100» и МС-21, имеют сверхкритические профили крыла.

В борьбе с сопротивлением трения подобных успехов пока нет. При этом следует иметь в виду, что полностью ламинарный самолёт будет иметь в 5-6 раз меньшее сопротивление трения по сравнению с полностью турбулентным самолётом, т.е. каждый квадратный метр ламинарной поверхности самолёта даёт существенную экономию топлива.

Работы по ламинаризации обтекания ведутся уже в течение не одного десятилетия. Естественно, ламинарный профиль крыла со значительным (примерно 80%) по хорде ламинарным участком обладает относительно острой передней кромкой, а также благоприятным ростом градиента распределения давления по хорде. Если использовать активное управление обтеканием и в зоне, где по всем физическим законам должен произойти скачок, организовать выдув струи малой интенсивности для разгона пограничного слоя, то это позволит уменьшить интенсивность скачка. Данная работа была недавно доведена в ЦАГИ до достаточно высокого уровня готовности и коллектив авторов был удостоен премии Жуковского.

Известно, что на самолёте Боинг-787 реализована частично ламинарная гондола двигателя. Учитывая, что радиус гондолы достигает двух метров, площадь ламинарной поверхности получается значительная (примерно 35% вдоль оси гондолы), что

приводит к существенной экономии топлива.

Существуют и более экзотические способы ламинаризации, которые сейчас находятся на невысоких уровнях готовности. Речь идёт об использовании холодной плазмы на передней кромке, с тем чтобы на стреловидном крыле попытаться убрать поперечную неустойчивость пограничного слоя, разогнав поток, и тем самым затянуть ламинарно-турбулентный переход. Если предотвратить переход на передней кромке, то за счёт естественно ламинарного профиля крыла можно растянуть ламинарный участок на значительную часть крыла.

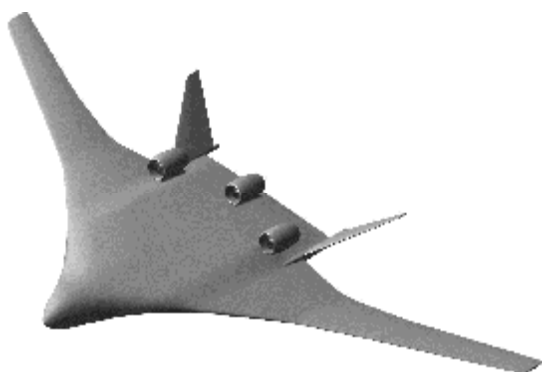


Рис.7. Компоновка «летающее крыло»

Подводя итог вышесказанного, необходимо отметить, что задача авиационной науки на ближайшие годы состоит в том, чтобы довести данные технологии естественной или гибридной ламинаризации до высокого уровня готовности, с тем чтобы промышленность могла использовать их в новых образцах отечественной техники.

Однако наибольшие выгоды с точки зрения увеличения аэродинамического качества сулит радикальное изменение компоновки летательного аппарата. Большие надежды возлагаются на компоновку «летающее крыло» (рис.7). Она позволяет совершить скачок в повышении аэродинамического качества на 20-25%. Именно «летающее крыло», по мнению многих специалистов, придёт на смену традиционной компоновке через 10-15 лет. Сейчас в ЦАГИ разрабатывается концепция дальнемагистрального самолёта

(ДМС) большой вместимости, построенного по такой схеме, и ведутся работы по определению оптимальной компоновки, в частности, расположения двигателей.

Говоря о совершенствовании гражданской авиационной техники, невозможно пройти мимо тематики сверхзвуковых самолётов, которой в последние годы вновь уделяется пристальное внимание. Первое поколение сверхзвуковых самолётов хорошо известно: в нашей стране это Ту-144, за рубежом «Конкорд». Более двадцати лет назад ОКБ Сухого совместно с ЦАГИ разрабатывало проект сверхзвукового делового самолёта С-21. Однако при уровне понимания проблемы звукового удара того времени не удалось снизить его интенсивность до приемлемых значений. Сегодня, когда общество особенно чувствительно к воздействию авиации на человека, к уровню шума сверхзвукового самолёта будут предъявляться особенно жёсткие требования.

На современном уровне понимания проблемы звукового удара ЦАГИ вместе с коллегами из ОКБ Сухого, ЦИАМ и других институтов проработал новые варианты сверхзвукового самолёта, в которых удалось снизить этот главный раздражающий фактор до приемлемого уровня.

Сегодня уровень звукового удара измеряется не только в паскалях, т.е. уровне перепада звуковой волны, но и в децибелах, что позволяет сопоставить его с понятным большинству людей уровнем шума. Многодисциплинарная оптимизация такого самолёта позволила уменьшить звуковой удар до уровня, соизмеримого с шумом, возникающим при резком закрытии дверцы машины, а эквивалентный шум обеспечить на уровне 65-67 дБ, что соответствует шуму большого города в дневное время.

Пока ещё нормативных требований к шуму сверхзвуковых самолётов не существует, однако американская FAA должна принять их в ближайшие два года. Когда это будет сделано, между авиапроизводителями начнётся гонка по созданию

такого перспективного с экономической точки зрения аппарата.

Современное внедрение композиционных материалов в конструкции летательных аппаратов можно по революционности сравнить с переходом от деревянных к металлическим конструкциям в 20-х годах прошлого века. Как известно, в нашей стране первым цельнометаллическим самолётом был АНТ-2, созданный А.Н.Туполевым в ЦАГИ в 1924 году.

Перспективы использования композиционных материалов чрезвычайно широки, поскольку они позволяют создавать конструкции с заданными свойствами. Например, зная нагрузки, действующие на ЛА, можно спроектировать конструкции, которые будут оптимизированы под восприятие нагрузок в заданных местах. Тем самым удастся сэкономить на весе конструкции. Кроме того, благодаря новым материалам можно рассматривать новые формы фюзеляжа, например в виде эллипса или короба (для транспортного самолёта).

В этой связи хотелось бы упомянуть проект ALASCA [11], который ЦАГИ ведёт совместно с европейскими коллегами, в частности, с германским аэрокосмическим центром DLR. Речь идёт о применении в фюзеляже самолёта так называемых геодезических конструкций, состоящих не из традиционных лонжеронов и стрингеров, а из переплетения углеродных нитей. Такие конструкции с успехом применяются для изготовления корпусов ракет, обеспечивая снижение веса на 25-40%.

Подобная конструкция является неоднородной и позволяет воспринимать нужные нагрузки (крутящие, растягивающие, сжимающие) в критических местах. Результаты данного проекта могут дать старт применению новых, так называемых прокомполитных конструкций, которые, в отличие от «чёрного алюминия», когда алюминиевые элементы конструкции просто заменяются на композитные, позволяют в полной мере реализовать потенциал композиционных материалов.

Важнейшее значение с точки зрения применения композитных конструкций имеют испытания. Пока в России, да и в других странах, нет окончательного понимания того, как ведут себя композиционные материалы в различных условиях и каким образом проектировать из них оптимальные конструкции. По этой причине многие современные самолёты, которые изготавливаются с применением композитов, по весу практически соответствуют традиционным самолётам, в которых используется металл. Достоверно не зная, как реагирует композит на определённые воздействия, например ударные, конструкторы закладывают в конструкции большее количество материала, что приводит к увеличению веса. Например, в ходе испытаний в ЦАГИ было обнаружено, что невидимое ударное воздействие энергией примерно 40 джоулей, эквивалентное энергии падения молотка с небольшой высоты, приводит к двукратному уменьшению прочности композиционного материала в месте воздействия.

Ведущиеся в ЦАГИ испытания позволят получить доказательную и методологическую базу для проектирования конструкций из композитов с учётом всего их жизненного цикла, в том числе принимая во внимание климатические факторы. Причём расчётным случаем для испытаний композиционных материалов является не растяжение, а сжатие, поскольку композит разрушается, прежде всего, при сжатии. Напряжение сдвига также представляет опасность для композитов.

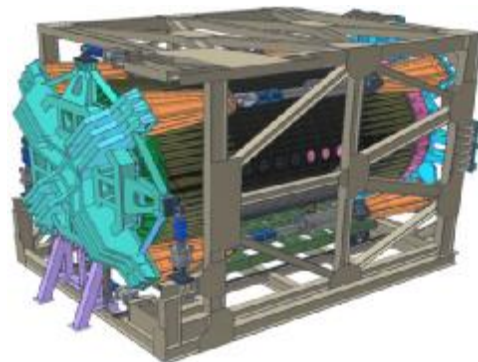


Рис.8. Универсальный стенд для исследования прочности отсеков фюзеляжа



Несколько лет назад в ЦАГИ был разработан стенд для испытаний композитных панелей фюзеляжа самолётов фирмы «Боинг». На основе полученного опыта сейчас в институте создана уникальная машина (рис.8), которая позволит моделировать нагрузки на композитные конструкции фюзеляжа самолётов следующих поколений.

При создании композитного крыла для МС-21 ЦАГИ, корпорация «Иркут» и компания «Аэрокомпозит» попытались преодолеть существующее отставание России в области композиционных материалов, применив для изготовления композитных кессонов крыла не препреговую технологию, которую используют «Боинг» и «Эрбас», а инфузионную, которая, как мы считаем, является более перспективной. Пока элементы композитного крыла для МС-21 изготавливаются в Австрии, однако России необходимо наращивать собственные возможности по производству конструкций из композиционных материалов.

Полномасштабные композитные прототипы кессонов крыла самолёта МС-21 проходят в ЦАГИ статические и частотные испытания. Испытания продлятся ещё около двух лет, что позволит наработать необходимую доказательную и методическую базу для более эффективного применения композиционных материалов в будущем.

ЦАГИ также активно занимается испытаниями композитных конструкций космических аппаратов на акустическую прочность. В институте имеется мощная акустическая реверберационная камера с уровнем звуковой нагрузки до 165 дБ, что является расчётным случаем для прочности запускаемых на орбиту спутников.

Как было отмечено выше, некоторые из описанных направлений научных исследований являются предметом совместных международных работ. ЦАГИ, являющийся Национальной контактной точ-

кой по аэронавтике, участвует в целом ряде проектов 6-й и 7-й европейских Рамочных программ. Такое некоммерческое сотрудничество предоставляет отличную возможность работать в тесном контакте с самыми передовыми авиационными институтами и центрами Европы и обмениваться опытом прорывных научных исследований.

### Библиографический список

1. Министерство промышленности и торговли РФ, <http://tinyurl.com/bxqap3w>.
2. Авиационная наука и технологии 2030, Форсайт, Основные положения [Текст], – М.: ФГУП «ЦАГИ», 2012.
3. European Commission, «European Aeronautics: A Vision for 2020», January 2001.
4. ACARE, «Strategic Research Agenda», October 2002.
5. European Commission, «FlightPath 2050. Europe's Vision for Aviation», 2011.
6. ACARE, «Strategic Research and Innovation Agenda», September 2012.
7. National Aeronautics Research and Development Plan, February 2010.
8. Mark Goldhammer, The Next Decade in Commercial Aircraft Aerodynamics – A Boeing Perspective, Aerodays 2011, Madrid, Spain, 31 March 2011.
9. NACRE (New aircraft concepts research), CORDIS (Community Research and Development Information Center) <http://tinyurl.com/abktowl>.
10. DREAM (Validation of radical engine architecture systems), CORDIS (Community Research and Development Information Center), <http://tinyurl.com/bacb5t5>.
11. ALASCA (Advanced Lattice Structures for Composite Airframes), CORDIS (Community Research and Development Information Center), <http://tinyurl.com/auj9ez>.

## THE MAIN TRENDS OF AVIATION SCIENCE DEVELOPMENT

© 2013 B. S. Alyoshin, S. L. Chernyshev

Federal State Unitary Enterprise  
«Central Aerohydrodynamic Institute named after Professor N.E. Zhukovsky»  
(FSUE «TsAGI»)

The paper is devoted to the promising civil directions in the field of aerodynamics, aircraft configurations, power plants, materials and structures. The goals facing the aviation science with respect to improving aircraft are dealt with. Projects which are conducted by TsAGI in these directions are described. The paper is based on the materials of the plenary session of the Symposium “Aircraft building in Russia. Problems and Prospects” devoted to the 70th anniversary of Samara State Aerospace University named after academician S.P.Korolyov.

*Aviation, aircraft, aerodynamics, configuration, power plant, materials, structures, TsAGI.*

**Алёшин Борис Сергеевич**, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, Генеральный директор ФГУП «ЦАГИ». E-mail: [aleshin@tsagi.ru](mailto:aleshin@tsagi.ru). Область научных интересов: создание сложных информационных систем, бортовых цифровых управляющих комплексов, программного обеспечения и его тестирование.

**Чернышев Сергей Леонидович**, доктор физико-математических наук, профессор, член-корреспондент РАН, Исполнительный директор ФГУП «ЦАГИ». E-mail: [slc@tsagi.ru](mailto:slc@tsagi.ru). Область научных интересов: развитие современной аэродинамики и комплексные исследования до-, сверх- и гиперзвуковых летательных аппаратов гражданского и военного назначения, развитие экспериментальной базы.

**Alyoshin Boris Sergeevich**, doctor of technical science, professor, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, general director of “TsAGI”. E-mail: [aleshin@tsagi.ru](mailto:aleshin@tsagi.ru). Area of research: creation of complex information systems, airborne digital control complexes, software and its testing.

**Chernyshev Sergey Leonidovich**, doctor of physics and mathematics, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, managing director of “TsAGI”. E-mail: [slc@tsagi.ru](mailto:slc@tsagi.ru). Area of research: development of modern aerodynamics and complex investigation of civil and military sub-, super- and hypersonic aircraft, development of experimental facility.