

ЕВРОПЕЙСКОЕ АВИАЦИОННОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

2007



САМАРА

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЁВА»

ЕВРОПЕЙСКОЕ АВИАЦИОННОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

по материалам Европейского семинара
по авиационному образованию EWADE 2007
(European Workshop on Aircraft Design Education)

Научный редактор
доктор технических наук, профессор
В.А. Комаров

*Рекомендовано
Учебно-методическим объединением
высших учебных заведений Российской Федерации
по образованию в области авиации, ракетостроения и космоса
в качестве учебного пособия для студентов,
обучающихся по направлению подготовки
дипломированных специалистов 160200 – Авиастроение
и специальности 160201 – Самолето- и вертолестроение*

Самара
Издательство СГАУ
2007

УДК 62913
ББК Ч486
Е 245



Инновационная образовательная программа
"Развитие центра компетенции и подготовка
специалистов мирового уровня в области
аэрокосмических и геоинформационных
технологий"

Авторы:

В.А. Комаров, А.А. Вырыпаев, Л.В. Одинцова, Г.А. Резниченко, А.В. Черняев

Рецензенты:

д-р техн. наук, проф. *С.А. Пиявский*
д-р техн. наук, проф. *И.В. Белоконов*

Е 245 **Европейское авиационное образование** / [В.А. Комаров и др.]; Научн. ред. В.А. Комаров. – Самара: Изд-во СГАУ, 2007. – 236с.: ил.

ISBN 978-5-7883-0496-0

В книге обобщены материалы Европейского семинара по авиационному образованию. В семинаре приняли участие ведущие европейские специалисты по авиастроению. В докладах и специально подготовленных лекциях были обсуждены достижения и перспективы развития авиации, организация научных исследований и взаимодействия с промышленностью, опыт преподавания авиационных дисциплин в старейших вузах и на вновь открываемых авиационных факультетах. Особое внимание уделено тематике и организации научно-исследовательской работы студентов. Показаны многочисленные примеры группового дипломного проектирования с доведением результатов поисков до создания летающих моделей.

Издание предназначено для преподавателей, аспирантов и студентов технических университетов и институтов. Приводимые информационные материалы могут быть полезны специалистам из авиационной промышленности.

В издании использованы материалы электронных презентаций докладов, размещенные на сайте <http://EWADE2007.AircraftDesign.org>

Материалы лекций профессора Э. Торенбика "Весовое проектирование в авиастроении" и чл.-корр. РАН В.В. Васильева "Геодезические композитные сетчатые конструкции" предоставлены авторами специально для данного учебного пособия.

ISBN 978-5-7883-0496-0 © Комаров В.А., 2007

© Самарский государственный аэрокосмический университет, 2007

65-летию
Самарского государственного
аэрокосмического университета
имени академика С.П. Королева
посвящается

ПРЕДИСЛОВИЕ

С 30 мая по 2 июня 2007 года в Самарском государственном аэрокосмическом университете в рамках инновационной образовательной программы проведен Европейский семинар по авиационному образованию EWADE 2007 (European Workshop on Aircraft Design Education).

EWADE представляет собой постоянно действующий семинар ведущих ученых и специалистов из промышленности в области авиастроения. Семинар проводится раз в два года в каком-либо из аэрокосмических центров Европы, где есть университеты или факультеты авиационного профиля и развитая промышленность. Предыдущие семинары проходили в Мадриде (Испания), Берлине (Германия), Бристоле (Великобритания), Турине (Италия), Лингчопинге (Швеция), Брно (Чехия), Тулузе (Франция).

На семинарах присутствует обычно 25-30 человек и заслушивается 12-15 тщательно подготовленных докладов. В традициях семинара обсуждение мирных аспектов развития и применения авиации. Тематика семинара – самая разнообразная. Обсуждаются достижения авиационной промышленности, новые типы летательных аппаратов из ближней и отдаленной перспективы и, конечно, системы подготовки авиационных специалистов. Здесь нужно сказать о существенной консолидирующей роли авиации в Европе вообще. Это касается развитой системы аэропортов, обилия удобных рейсов как региональных, так и межконтинентальных, и объединенной авиационной промышленности, которую возглавляет концерн Эрбас.

Европа имеет разветвленную систему подготовки авиационных специалистов. Наряду с такими "грандами" как Кренфилдский университет в Великобритании, SUPAERO и ENSICA во Франции, Гамбургский университет прикладных исследований в Германии, авиационные факультеты появляются в Венгрии, Греции и других странах, недавно вступивших в ЕС и еще не имеющих крупной авиационной промышленности. Цель создания таких факультетов – дать возможность талантливой молодежи своих стран получить образование, которое позволяет работать в одной из самых высокотехнологичных отраслей промышленности.

Семинары EWADE играют существенную роль в установлении прямых контактов между отдельными учеными, между университетами и промышленностью и способствуют установлению высоких стандартов на качество подготовки авиационных специалистов.

Место проведения очередного семинара определяется демократическим голосованием.

8-ой семинар EWADE 2007 было решено провести в России на базе Самарского государственного аэрокосмического университета. В семинаре изъявили желание принять участие 24 зарубежных специалиста из 11 стран Европы.

Время проведения семинара совпало с выполнением СГАУ инновационной образовательной программы. Одной из главных задач ПРОГРАММЫ является подготовка специалистов мирового уровня в области аэрокосмических технологий. Международный семинар предоставил возможность познакомиться с мировыми достижениями в аэрокосмической науке и технике и в системе подготовки кадров для отрасли. С учетом задач, которые поставлены ПРОГРАММОЙ перед СГАУ, впервые в практике EWADE были организованы дополнительные лекции ведущих специалистов мирового уровня для преподавателей, аспирантов и студентов принимающего университета, а также работников авиационных предприятий региона. Лекции читали: автор известного учебника по проектированию самолетов – профессор Дельфтского университета Э. Торенбик, член-корр. РАН В.В. Васильев, вице-президент по науке и технологиям концерна Эрбас Д. Шмитт, профессор Гамбургского университета Д. Шольц. Всего на этих лекциях побывало более 100 человек.

В работе семинара принял участие губернатор Самарской области К.А. Титов.

Ректор СГАУ В.А. Сойфер открыл работу семинара и рассказал участникам об университете и его задачах.

На рабочих заседаниях семинара было заслушано 16 докладов и несколько кратких сообщений.

Знакомству с российской системой подготовки авиационных инженеров был посвящен специальный круглый стол в институте авиационных конструкций СГАУ.

Рабочий язык семинара традиционно английский.

Предлагаемое читателю издание ставит своей задачей максимальное сохранение информации, подготовленной к семинару, и облегчение ее использования.

В современной культуре научного общения важнейшую роль играют электронные презентации докладов. Они обладают неизмеримо большими возможностями представления информации, особенно в такой отрасли, как аэрокосмическая, где нужно показывать конструкции, технологии производства, полеты, испытания и многие другие видеообразы.

Поэтому составители сборника решили построить его следующим образом: опубликовать наиболее значимые страницы (слайды) докладов с переводом текстов на русский язык, где это технически возможно, и дать аналитический обзор докладов EWADE 2007 с учетом некоторых материалов предыдущих семинаров. К каждому докладу дается информация об общем количестве слайдов в презентации и номера публикуемых слайдов. Полные оригинальные презентации докладов, а также дополнительную информацию о EWADE 2007 читатель может найти в Интернете на сайте: <http://EWADE2007.AircraftDesign.org>, а также на кафедре конструкции и проектирования летательных аппаратов СГАУ.

Большинство участников семинара – крупные ученые и опытные лекторы, поэтому знакомство с их презентациями имеет самостоятельную ценность для освоения мировых стандартов представления научных докладов.

Для облегчения работы с публикуемыми презентациями, а также с оригиналами на английском языке, составители сборника подготовили глоссарий общим объемом порядка 700 слов. При составлении глоссария наибольшее внимание было уделено терминам, связанным с композиционными материалами и конструкциями из них.

Семинар EWADE 2007 был, как никогда прежде, богат новыми научными и практическими идеями по перспективным летательным аппаратам ближайшего и далекого будущего. Многие из этих идей могут быть взяты для углубленной проработки в студенческой научной работе и далее в дипломных проектах и диссертациях.

Сборник ориентирован на самый широкий круг читателей: преподавателей, аспирантов, студентов, специалистов из промышленности и молодых людей, которые планируют связать свою судьбу с аэрокосмической техникой.

Организатор семинара профессор В.А. Комаров

Июнь 2007 г., Самара

ВЫСТУПЛЕНИЕ ГУБЕРНАТОРА САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ Константина Алексеевича ТИТОВА

Уважаемые дамы и господа!

Прежде всего, хочу выразить глубокое удовлетворение, что такое авторитетное научное сообщество избрало для своего очередного съезда г. Самару.

Как вы знаете, всего две недели назад на Самарской земле прошел Европейский саммит. И вот вслед за политиками в Самаре собралась европейская научная и техническая элита для обмена информацией, обсуждения разнообразных инженерных и образовательных проблем и, пожалуй, самое главное – для установления новых творческих контактов, в чем мы очень заинтересованы.

Самара – крупный аэрокосмический центр России. В Самаре работают авиационные, ракетные и моторные производственные комплексы, которые включают в себя конструкторские бюро, сборочные предприятия и производство агрегатов: шасси самолетов, гидросистемы и электро-радиооборудование. На предприятиях Самары сейчас производятся ракетоносители "Союз" в различных модификациях, самолеты "Туполев-154" и региональный самолет "Антонов-140". На строительство этого самолета в количестве 25 единиц подписано лизинговое соглашение.

Правительство Самарской области уделяет большое внимание развитию малой авиации. Принята программа государственной поддержки предприятий, ведущих проектирование и производство легких самолетов. Систематически проводятся салоны малой авиации. Есть намерение сделать этот салон международным.

Недавно в России создана объединенная авиастроительная корпорация (ОАК). Она планирует разместить на Самарском авиационном заводе производство перспективного пассажирского самолета МС-21, разработанного совместными усилиями ряда российских конструкторских бюро.

Темпы восстановления и развития авиационной промышленности в нашем регионе таковы, что мы испытываем дефицит инженерно-технических кадров с инновационным мышлением.

Самарский государственный аэрокосмический университет был создан в годы Великой Отечественной войны и быстро превратился в один из ведущих технических университетов России, который способен готовить инженерную элиту. Я специально делаю акцент на эти слова – именно инженерную элиту.

В наследство от СССР нам достались не только экономические проблемы предыдущей социальной системы и гонки вооружений, но и одна из лучших образовательных систем. Мало известна в мире та роль, которую играют в России аэрокосмические университеты в деле обеспечения высокотехнологичных отраслей промышленности необходимыми специалистами. В нашей стране сложилась стройная система подготовки специалистов по проектированию и производству летательных аппаратов в силу сложности и высочайших требований к надежности самолетов и ракет. Ее основу составляет подготовка дипломированных инженеров, говоря европейскими терминами. Это длительная подготовка – пять с половиной лет, с несколькими производственными практиками, большим количеством курсовых проектов и сложным дипломным проектом. Я хорошо знаю эту систему, так как сам учился в этом университете. Я также знаю, что выпускники авиационных университетов, и в частности Самарского, успешно работают в автомобилестроении, в атомной промышленности, в судостроении, а некоторые – и в политике.

В трудные годы перестройки нашей социальной системы – примерно с 1990 по 2000 годы – высшему образованию не уделялось должного внимания и финансовой поддержки. К счастью, сейчас ситуация меняется кардинально. В стране действует государственная инновационная образовательная программа с существенной финансовой поддержкой.

В 2006 году проведен конкурс среди инновационных программ 200 университетов России. Мне очень приятно сообщить вам, что СГАУ занял 3 место среди 17 победителей конкурса и получил финансовую поддержку примерно 20 млн. долларов в 2006-2007 годы на приобретение оборудования, лицензионных программных продуктов, научные стажировки, включая зарубежные.

Правительство Самарской области добавило к этой сумме еще примерно 4 млн. долларов. Все это создает хорошие предпосылки для включения СГАУ в международное научное и образовательное сотрудничество, и я надеюсь, что ваш семинар поможет реализовать эти новые возможности.

Сегодня все высокоразвитые страны имеют национальные программы развития нанотехнологий. В России есть необходимые условия занять лидирующие позиции в этом мировом процессе, о чем в недавнем своем ежегодном послании прямо сказал Президент России В.В. Путин. Для реализации этой задачи в России создается национальная программа по нанотехнологиям на период до 2010 года.

С аналогичной целью Правительством Самарской области разрабатывается среднесрочная областная целевая программа по развитию nanoиндустрии с объемом финансирования более 4 млн. долларов в год. В рамках программы предполагается создание межвузовского регионального научно-технологического центра nanoиндустрии. Данный центр будет размещаться в пока незавершенном строительстве здания на пересечении ул. Врубеля и ул. Гая на площади около 18 тыс. квадратных метров.

Активную роль в развитии нанотехнологий в Самарской области играет аэрокосмический университет. Он является участником федеральной целевой программы, направленной на развитие материальной базы для nanoиндустрии, а также одним из главных разработчиков региональной программы развития nanoиндустрии. Основным направлением деятельности аэрокосмического университета в рамках реализации нанотехнологической программы являются исследования и разработки методов и технологий для синтеза и изучения наноматериалов, нанесения наноразмерных защитных покрытий, создания оптоэлектронной и механической наноэлементной базы для нужд аэрокосмической промышленности, а также для медицины и биологии.

Для успешного выполнения областной целевой программы по развитию nanoиндустрии предполагается оснастить региональный центр нанотехнологий высокопроизводительным аппаратно-программным комплексом коллективного пользования, включающим суперкомпьютер производительностью около 100 терафлоп. На необходимость создания такого комплекса в Самарской области обратил внимание академик Е. П. Велихов.

Для решения этой задачи наряду с выделением средств из бюджета Самарской области ведется большая работа по привлечению средств федерального бюджета в размере более 11 млн. долларов.

Реализация областной целевой программы по развитию nanoиндустрии, создание высокопроизводительного вычислительного комплекса будет способствовать эффективному развитию инновационной экономики Самарской области.

Еще несколько слов об общих проблемах инженерного образования на современном этапе. В России сейчас проходит серьезная реформация системы образования с целью интеграции в мировую образовательную систему и, в частности, в европейскую, с учетом Болонского процесса. Готовится переход на двухступенчатую систему высшего образования – бакалавр, магистр. Это, безусловно, целесообразно по многим специальностям и, в первую очередь, по гуманитарным. В то же время нам кажется, что для ряда отраслей наукоемкой промышленности следует готовить дипломированных инженеров. Особенно это касается тех видов деятельности, которые требуют сочетания глубоких фундаментальных знаний с широким инженерным и экономическим кругозором.

Надеюсь, эти принципиальные вопросы будут обсуждаться на семинаре.

В заключение хочу пожелать вам приятного и продуктивного пребывания в Самаре.



Выступление губернатора Самарской области К.А. Титова



Выступление ректора СГАУ В.А. Сойфера



Обсуждение докладов (Родриго Мартинез-Вал и Сержио Чиеза)



В кулуарах семинара (Тревор Янг и Дитер Шмитт)



Участники семинара в лаборатории авиационных конструкций кафедры конструкции и проектирования летательных аппаратов



Знакомство со студенческими работами (слева на право Ладислав Смирчек, Патрик Берри, Эгберт Торенбик, Родриго Мартинез-Вал, Валерий Комаров)



Участники “Круглого стола” на кафедре конструкции и проектирования ЛА



Посещение дома-музея И.Е. Репина в селе Ширяево

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ДОКЛАДОВ И ЛЕКЦИЙ

Аналитический обзор построен следующим образом. Комментарии к докладам и лекциям и слайды из презентаций размещены в порядке, соответствующем программе работы семинара (Приложение 1, 2). В связи с большим объемом большинства презентаций (до 100 слайдов) в данном сборнике приводятся наиболее информативные слайды. Для удобства читателя после названия доклада указаны страницы данного сборника, где размещены соответствующие фрагменты презентации и общее количество слайдов в презентации.

Полные оригинальные презентации докладов, а также дополнительную информацию о EWADE 2007 читатель может найти в Интернете на сайте: <http://EWADE2007.AircraftDesign.org>.

ДОКЛАДЫ

1. Дитер Шмитт “Аэробус A380 - вперед к новому будущему авиационного транспорта”

(Dieter SCHMITT "The Airbus A380 – Towards a New Future for Air Transport")

Страницы сборника – 28-41, общее количество слайдов – 28.

Профессор Дитер Шмитт в последние годы работал в качестве вице-президента по науке и технологиям концерна Эрбас. Его доклад был определен как пленарный и был посвящен самолету A380. Создание самолета A380 представляет собой сложнейшую инженерную задачу, связанную, прежде всего, с преодолением закона "квадратов и кубов" [1, 2]. Суть этого закона заключается в том, что при геометрически подобных преобразованиях самолета определенной внешней формы его взлетная масса растет пропорционально квадрату коэффициента подобия, а относительная масса – пропорционально его кубу. Из этого закона следует, что если мы имеем удачный самолет, например, на 300 пассажиров и хотим спроектировать самолет на 600 пассажиров, увеличив линейные размеры предыдущего самолета в $\sqrt{2}$ раз, то получить такой же эффективный самолет мы не сможем, т.к. масса конструкции этого нового самолета возрастет больше, чем в 2 раза.

Самолет A380 имеет беспрецедентно большую пассажировместимость (более 800 пассажиров в экономическом варианте) и соответственно беспрецедентно большие абсолютные размеры. Поэтому все мировая общественность расценивает создание такого самолета как очередной серьезный этап в развитии цивилизации.

На прошедшем недавно авиационном салоне Ле Бурже в Париже полеты самолета A380 вызывали исключительный интерес как специалистов, так и граждан, далеких от авиации.

Доклад Дитера Шмитта был посвящен ключевым моментам разработки самолета, новинкам в технологии его производства и, особенно, доставки больших частей на сборочное предприятие в г. Тулуза, а также испытаниям, связанным, в первую очередь, с решением проблем обеспечения безопасности пассажиров. Вообще, следует отметить, что в докладах Дитера Шмитта, связанных с деятельностью концерна Эрбас, красной нитью проходит человеческий фактор в самых различных его аспектах: комфорт, экономичность, безопасность пассажиров, экология и престиж труда инженера в самолетостроении.

Доклад Дитера Шмитта начинается не с технических особенностей конструкций, которых в самолете A380 очень много, а с вопросов эргономичности пассажирской кабины. Самолет A380 выполнен по двухпалубной схеме и представляет совершенно новый уровень комфорта для дальних многочасовых перелетов. В технических характеристиках самолета A380 заслуживает внимания малая величина коэффициента топливной эффективности – это количество граммов топлива, которое самолет затрачивает для перевозки одного пассажира на

один километр. Чем меньше этот коэффициент, тем лучше! Дитер Шмитт в своем докладе подчеркивает, что в борьбе за уменьшение этого коэффициента дело не только в экономике – стоимости топлива – но, прежде всего, в решении экологических задач снижения количества выбросов в атмосферу продуктов сгорания в расчете на перевозку одного пассажира. Нужно сказать, что эту цель на создание "зеленого" самолета Дитер Шмитт неизменно проводит в своих выступлениях на семинарах как генеральную линию развития гражданской авиации вообще. Как очевидец полетов самолета A380, один из составителей сборника может засвидетельствовать очень низкий уровень шума этой огромной машины даже на режимах взлета и набора высоты. В докладе показан целый набор новых технических решений, которые позволили получить такие замечательные характеристики по шуму.

В конструкции самолета A380 используется много композиционных материалов, в частности, в качестве обшивки фюзеляжа используется многослойный материал: наружные слои – алюминиевый сплав, внутренние – углепластик. Из других информационных материалов по самолету A380 известно, что окончательным решением по форме и компоновке материала предшествовал просмотр более 10 вариантов поперечного сечения фюзеляжа, включая горизонтальную "восьмерку" и ряд других. Окончательный выбор остановлен на слабо выраженной вертикальной "восьмерке", что позволило найти, по-видимому, оптимальное соотношение объема герметичной кабины в расчете на одного пассажира и достаточной прочности фюзеляжа при работе на изгиб без больших затрат дополнительной массы. Крыло имеет очень сложную форму, которую можно назвать "чайкой", что позволяет при схеме "низкоплан" достаточно удалить от поверхности земли двигатели с очень большой степенью двухконтурности.

В испытаниях обращает на себя внимание широкий спектр натурных испытаний самолета в экстремальных аэропортах по теплу и холоду и проведенные испытания по аварийному покиданию самолета при максимальной загрузке пассажирами. 873 пассажира были эвакуированы примерно за 80 секунд в условиях затемнения.

В докладе приводятся сведения о заказах на самолет и, самое главное, о планомерных работах примерно в 70 аэропортах всего мира по модернизации терминалов для приема A380 в 2010 году. Приводятся также результаты проверки на совместимость с существующими терминалами в аэропорту во Франкфурте-на-Майне.

Доклад Д. Шмитта был проиллюстрирован целым рядом видеофильмов: доставка на сборку крупногабаритных агрегатов по улицам и каналам Европы; технология сборки, покраски; первый полет; испытания. Эти фильмы заслуживают обращения в Интернет.

Обращаем внимание читателя – потенциального зрителя – еще на один очень важный, по нашему мнению, момент. В деятельности фирмы Эрбас уделяется огромное внимание эстетической стороне дела. Это проявляется буквально во всем. В прекрасно подобранной и скомпонованной презентации; в архитектурно-художественном решении сборочного цеха и прилегающих территорий; в оформлении салона самолета и транспортных кортежей, которые доставляют агрегаты самолета на сборку. Все это работает на престиж фирмы, престиж авиации и престиж людей, которые ее создают.

2. Валерий Васильев “Геодезические композитные сетчатые конструкции” (Valeriy VASILIEV "Anisogrid Geodesic Lattice Structures for Aerospace Applications")

Страницы сборника – 42-57, общее количество слайдов – 32.

Валерий Витальевич Васильев, чл.-корр. РАН, профессор МАТИ, один из ведущих специалистов по механике композиционных материалов в мире, автор ряда известных монографий, сделал доклад по, так называемым, "анизогридным" конструкциям. Этот доклад представляет итог длительной теоретической и практической работы В.В. Васильева по внедрению композитов в аэрокосмические конструкции.

Во вводной, теоретической части доклада, на простых моделях и результатах испытаний однонаправленных слоев композита рассматривается проблема образования трещин в

связующем, связанная с тем, что предельная деформация композита в направлении волокна порядка 1,5%, в то время, как в поперечном направлении – только 0,4%. Такая малая величина деформации в поперечном направлении объясняется концентрацией напряжений в связующем при более или менее высоком проценте волокна в композите. Это обстоятельство, по мнению В.В. Васильева, является серьезным препятствием для использования композитов в качестве силовых обшивок фюзеляжа и крыльев и заставляет искать новые технические решения. Одним из таких решений могут быть сетчатые структуры.

В докладе сделан глубокий экскурс в историю авиационных конструкций. Приведены примеры целого ряда эффективных конструкций фюзеляжей ферменного типа, со многими треугольными ячейками из эпохи деревянного самолетостроения 30-х – 40-х годов прошлого века. Обсуждена живучесть этих конструкций, технологичность в организации окантовок вырезов и ряд других достоинств. С учетом предшествующего опыта и руководствуясь желанием заставить композит работать в идеальных условиях, т.е. однонаправлено, В.В. Васильев предлагает использовать сетчатые структуры, в которых в одном узле пересекается не более двух композитных стержней с тем, чтобы минимизировать растрескивание заполнителя или уйти от него совсем. Рассматривается оригинальная, достаточно простая технология образования таких структур путем намотки. Предложены простые технические решения по усилению вырезов и стыков отдельных частей композитных конструкций.

Интересно отметить, что, будучи крупнейшим специалистом в области композиционных материалов, В.В. Васильев призывает к взвешенному использованию этих материалов, с учетом имеющихся недостатков и, особенно, экономического фактора. С этой целью в докладе предложены новые критерии оценки силовых конструкций из традиционных и композиционных материалов с учетом стоимости самих материалов и технологии изготовления.

Доклад проиллюстрирован большим числом примеров создания реальных конструкций, в частности, стыковочных отсеков для ракеты "ПРОТОН", которые позволили существенно повысить ее эффективность по весовой отдаче. Поражает своей внешней хрупкостью адаптер полезной нагрузки, который в то же время успешно выдержал испытания на расчетные нагрузки и надежно работает в реальных условиях.

Особого внимания заслуживают приведенные в докладе результаты работ по использованию анизотропных структур в авиационных конструкциях. Эти работы были начаты в 80-е годы для самолета Ил-114 и, к сожалению, были прерваны в период перестройки.

Результаты использования сетчатых конструкций в ракетной технике убедительно указывают на целесообразность продолжения поиска путей использования этой плодотворной идеи в авиационной технике.

3. Серджио Чиеза, Николе Виола “Усовершенствованные сверхлегкие и беспилотные самолеты, изучаемые в Политехническом Институте г. Турина ”

(Sergio CHIESA, Nicole VIOLA "Advanced Ultra-light and Uav Sinergic Family Studied at Politecnico di Torino")

Страницы сборника – 58-59, общее количество слайдов – 23.

Серджио Чиеза – профессор политехнического университета в г. Турин, постоянный участник и один из основателей семинара EWADE.

Доклад на EWADE 2007 был посвящен проблемам подготовки специалистов широкого профиля для авиационной промышленности.

В начале своего доклада С. Чиеза с сожалением констатировал, что в последние годы в условиях Италии далеко не все его выпускники работают по специальности. (Хорошо знакомая нам проблема!) Тем не менее, С. Чиеза, как и мы, считает это явление временным и ищет пути совершенствования учебного процесса. По его мнению, одним из таких путей может быть групповое дипломное проектирование, связанное с разработкой относительно простых самолетов, но с доведением до постройки летающего экземпляра.

Большое внимание в докладе уделено комплексному обучению всем авиационным дисциплинам от механики полета до оценки стоимости отдельных технических решений на различных стадиях проектирования. В частности, как и в докладе В.В. Васильева, С.Чиеза указывает на необходимость учета фактора стоимости при использовании композитных материалов вместо традиционных. Доклад С. Чиеза проиллюстрирован рядом спроектированных и построенных легких самолетов с участием преподавателей, аспирантов и студентов.

4. Ярослав Юрака “Научно-исследовательские проекты как поддержка образования”

(Jaroslav JURACKA " Research and Development Projects as Education Support")

Страницы сборника – 60-63, общее количество слайдов – 30.

Ярослав Юрака – заместитель директора аэрокосмического института технологического университета г. Брно (Чехия).

Доклад Я. Юрака дает комплексное представление об особенностях подготовки авиационных инженеров в Чехии. Приведена структура университета и инженерного факультета с интересным цифровым материалом по количеству студентов разных форм обучения, аспирантов, преподавателей и обслуживающего персонала. Доклад содержит сведения об учебных планах подготовки магистров и инженеров по самолетостроению.

Особое внимание в докладе уделено связи учебного процесса с научно-исследовательской работой в аэрокосмическом институте, который входит в состав университета и выполняет исследования общим объемом порядка 500-600 тыс. EURO в год. Доклад содержит обширную информацию по истории, тематике и объемам исследований, которые связаны с авиационной промышленностью Чехии, т.е. с легкими самолетами. Из иллюстративного материала доклада также следует, что университет хорошо оснащен и может выполнять широкий спектр экспериментальных исследований: аэродинамические, статические, динамические, ударные испытания отдельных частей самолета и т.д.

5. Балаш Гати “Проект открытой бортовой платформы для испытаний”

(Balazs GATI "The OPEN AIRborne Test Platform Project")

Страницы сборника – 64-70, общее количество слайдов – 15.

Балаш Гати – Будапештский университет технологии и экономики (Венгрия) – представил очень интересный в содержательном и методологическом смысле доклад.

Во всем мире в авиастроении сейчас происходит переход от традиционной итерационной технологии проектирования "по прототипам" к новой технологии – технологии "concurrent design", что можно перевести на русский язык, как "технология точного попадания в цель". Эта технология предполагает использование высокоточных математических моделей на ранних стадиях проектирования [3]. И хотя Б. Гати не использует этих терминов, но в его исследовательской работе рассматривается гибкое летающее крыло, которое вообще невозможно проектировать на основе традиционных подходов, за исключением метода "бесконечных проб и горьких ошибок", как показано на слайде №2.

Материалы, представленные в докладе, свидетельствуют об уверенном использовании системы современных математических моделей высокого уровня – упругих, инерционных и аэродинамических.

Исследования доведены до постройки летающих моделей с участием студентов.

Результаты этой работы хорошо коррелируют с недавними исследованиями, выполненными в СГАУ российскими и китайскими студентами по учету влияния деформации крыла на распределение нагрузки по его размаху. Из названных работ следует, что этот фактор должен учитываться обязательно, особенно для новых перспективных аппаратов с нетрадиционными формами.

Гибкое летающее крыло – отличная тема для групповых студенческих исследовательских работ.

6. Эгберт Торенбик “Самолеты с плавным переходом от крыла к фюзеляжу (схема BWB) и самолеты схемы «Летающее крыло»”

(Egbert TORENBEEK "Blended Wing Body and All-Wing Airlines")

Страницы сборника – 71-90, общее количество слайдов – 40.

Эгберт Торенбик – профессор Дельфтского университета (Нидерланды), автор известного учебника “Проектирование дозвуковых самолетов” – выступил на семинаре с двумя докладами и лекцией. Обсуждаемый доклад “Самолеты с плавным переходом от крыла к фюзеляжу (схема BWB) и самолеты схемы «Летающее крыло»” дает представление о ведущихся в Европе поисках ответа на вопрос: “Какими будут самолеты после эпохи А380?”

Традиционные схемы самолетов близки к исчерпанию их возможностей по эффективности и поэтому исследователи многих авиационных держав мира снова обращают свое внимание на аппараты типа “летающее крыло”. Летающее крыло обладает хорошо известным преимуществом: массовые силы (силы тяжести, инерционные силы) уравниваются аэродинамическими силами в тех частях конструкции самолета, где они возникают, поэтому в схеме “летающее крыло” существенно уменьшается изгибающий момент. Однако у схемы “летающее крыло” много своих проблем, связанных и с балансировкой, и, особенно, с использованием внутренних объемов. Э. Торенбик приводит обстоятельный исторический обзор уже построенных или находящихся в стадии исследования самолетов по схеме “летающее крыло”, дает сравнение этих схем с другими способами уменьшения массы конструкции (“коробчатая схема”; двухфюзеляжный самолет и т.п.). Особенно обстоятельно он рассматривает вопрос об образовании и использовании полезного объема внутри самолета и предлагает для этих целей новый критерий.

В докладе приводится обширный статистический материал и результаты параметрических исследований.

Завершается доклад фактически эскизным проектом самолета BWB, который может иметь очень высокое аэродинамическое качество, порядка 26 единиц.

В докладе Э. Торенбика четко сформулированы трудности, с которыми может столкнуться реализация такого проекта. Формулировка этих трудностей может рассматриваться как новые задачи для авиационной науки.

По исследованиям, проведенным в СГАУ по подобным самолетам, их главная проблема связана с созданием гермокабины для пассажиров, обеспечением посадки, комфорта и, особенно, экстренного покидания.

7. Родриго Мартинез-Вал “Развитие реактивных самолётов через призму уравнения дальности”

(Rodrigo MARTINEZ-VAL "The evolution of jet airliners observed through the range equation")

Страницы сборника – 91-93, общее количество слайдов – 24.

Родриго Мартинез-Вал – профессор Мадридского политехнического университета (Испания), один из основателей движения EWADE.

Доклад Р. Мартинеза-Вала носит, в основном, методологический характер. В нем обсуждаются глобальные проблемы подготовки авиационных специалистов. Приводится интересная статистика (слайд №3) по числу создаваемых ежегодно самолетов. Если в 50-е годы это число было порядка 50-60, то сейчас это единицы. Проекты чрезвычайно усложнились, и традиционные дипломные проекты начинают терять обучающий эффект. Обсуждаются особенности конструкторских задач, связанные с многозначностью технических решений, с

необходимостью учитывать экономические аспекты на всех этапах деятельности инженера. Отмечается важнейшая роль такого качества психики, как креативность, которая, увы, имеет максимум в молодые годы (слайд №8). Приводятся интересные соображения по количеству ошибок, которые делают проектанты под влиянием различных факторов.

Р. Мартинез-Вал считает необходимым знакомить студентов со всем комплексом проблем и дисциплин, которые связаны с созданием самолета (слайд №16) и, в ситуации все усложняющихся проектов, предлагает сосредотачиваться на фундаментальных связях между параметрами летательного аппарата. С этой целью он приводит пример использования хорошо известного "уравнения баланса масс", которое в российской технической литературе называется "уравнением существования".

Проблемы, которые затронуты в докладе Р. Мартинеза-Вала, хорошо известны российским педагогам, близки и мысли по путям их преодоления.

8. Ханнес Росс “Вокруг мира с самолётом на солнечных батареях” (Hannes ROSS "Around the World with a SOLAR Airplane")

Страницы сборника – 94-97, общее количество слайдов – 64.

Ханнес Росс – профессор Мюнхенского технического университета (Германия) – представил обширные материалы, связанные с проектом сверхлегкого летательного аппарата, способного совершать автономный полет за счет энергии солнца.

Рассматриваются летательные аппараты с очень большим удлинением, с очень маленькой удельной нагрузкой на крыло (обращаем внимание на слайд 40, где показан аппарат с массой 2т, сопоставимый по размаху крыла с самолетом А380). При таких геометрических параметрах данный летательный аппарат следует рассматривать как совершенно особый тип. Такие аппараты требуют учета гибкости конструкции, как это было показано в докладе Б. Гати. В их конструкции предлагается активно использовать фермы (слайды 42, 43).

Заметим, что на первый взгляд это неновые конструкции, но уровень их напряженности и требования к минимуму массы настолько высоки, что необходимо использование новых материалов, новых идей для борьбы с потерей устойчивости и т.д.

В докладе Х. Росса приведен обширный материал, связанный с поиском оптимальных параметров подобных аппаратов от летающих моделей до проекта самолета с пилотом.

В научном плане большого внимания заслуживает затронутый вопрос о влиянии на характеристики самолета размерного фактора. Возможно, что для таких сверхлегких конструкций закон "квадратов и кубов" может оказаться не корректным из-за действия конструктивных, технологических факторов и упомянутых факторов, связанных с устойчивостью конструкции. Все это очень интересные темы для исследований, в том числе и для конструкций дирижаблей и летательных аппаратов с гибридными схемами, к которым сейчас проявляется большой интерес.

9. Валерий Комаров “Современные тенденции в проектировании авиационных конструкций”

(Valeriy KOMAROV "Modern trends in airframe structural design")

Страницы сборника – 98-113, общее количество слайдов – 32.

Валерий Комаров – директор института авиационных конструкций СГАУ – представил доклад, посвященный обоснованию необходимости использования высокоточного математического моделирования на ранних стадиях проектирования для перехода на технологию "concurrent design" и ряд новых идей для реализации этой технологии в проектировании авиационных конструкций.

В докладе приводится обсуждение статистических данных по расходу календарного времени и финансовых ресурсов при создании летательных аппаратов и делается вывод о том, что в традиционной процедуре проектирования большое количество технических решений (порядка 75%) принимается в короткое время эскизного проектирования при относительно небольших затратах от стоимости всего проекта в целом. Основное календарное время и затраты всех видов материальных ресурсов приходится на длительный процесс испытания и доводок.

Для сокращения всех видов затрат предлагается использование моделей высокого уровня, начиная с самых ранних стадий проектирования. В качестве аргумента в пользу такого подхода приведены оценки относительной массы конструкции крыльев для двух довольно крупных самолетов – Ил-96 и европейский проект ECOLIFTER – по многим, так называемым, весовым формулам различных авторов. Расхождение результатов достигает десятка процентов. При такой точности взлетная масса будет определяться неправильно и все это приведет к многократным пересмотрам проекта уже на начальной стадии.

Для повышения точности "весовых" расчетов предлагается использование нового критерия – "силовой фактор", который позволяет учитывать любые особенности внешних геометрических форм, характер распределения внешней нагрузки и выбранных технических решений – силовых схем.

Для удобства накопления объективных данных по совершенству тех или иных технических решений предлагается безразмерный критерий – "коэффициент силового фактора". Для иллюстрации физического смысла нового критерия приводится слайд №15 с простейшими, специально подготовленными, примерами. В качестве примера использования этих новых критериев рассматривается шесть треугольных крыльев с одинаковыми внешними формами и нагрузками, но различными условиями опирания на фюзеляж и с различными силовыми схемами. Показано, что разница в массе (весе) этих конструкций может превышать 50%, что не может быть учтено известными весовыми формулами.

Во второй части доклада приводятся результаты исследования весовой и аэродинамической эффективности новых конструкций – телескопических крыльев.

10. Тревор Янг "Соревнования по созданию и испытанию моделей самолетов в Американском институте аэронавтики и астронавтики: Подход к обучению проектированию самолетов"

(Trevor YOUNG "The AIAA Design, Build, Fly (BDF) contest")

Страницы сборника – 114-117, общее количество слайдов – 44.

Тревор Янг – профессор Лимерикского университета (Ирландия), автор ряда книг, часто работает в Соединенных Штатах Америки, постоянный участник EWADE.

Доклад на EWADE 2007 посвящен поиску новых форм подготовки авиационных конструкторов. В качестве одной из важнейших компонент улучшения учебного процесса Т. Янг выдвигает мотивацию учебной деятельности.

В докладе подробно рассматривается американский опыт организации международных соревнований студенческих команд, которые проектируют, строят и представляют на соревнования малые летательные аппараты. Приводится история конкурсов, начиная с 1996 года (слайд 5). Обращает на себя внимание большое число команд – участников соревнований – до 60 из 50 университетов в 2006 году.

Соревнования тщательно продуманы с дидактической точки зрения. В постоянно совершенствуемой системе оценок учитывается качество представления технической документации, самого проекта и, наконец, летных качеств аппарата.

Особого внимания заслуживает то, что в этих соревнованиях рассматриваются самые различные экономические аспекты проектов.

По сравнению с известными опытом проведения олимпиад по специальностям, рассмотренные соревнования будущих конструкторов, конечно, представляют более высокий

уровень соревнований, как по сложности их подготовки, так и по многоплановому обучающему эффекту.

Заметим также, что презентация Т. Янга по своему качеству заслуживает знакомства в оригинале.

11. Кристофер Жуаннет

(Christopher JOUANNET "Raven, a dynamically scaled Business Jet")

Страницы сборника – 118-121, общее количество слайдов – 46.

Кристофер Жуаннет – профессор Лингчопингского университета (Швеция) – представил обстоятельный доклад, который отражает опыт организации реального группового дипломного проектирования.

Швеция обладает своим собственным опытом разработки авиационной техники. В области гражданской авиации она специализируется на малых реактивных самолетах. На предыдущих семинарах EWADE были представлены глубокие разработки по оптимизации параметров таких самолетов. Реферируемый доклад демонстрирует хорошо организованную студенческую научную работу, которая является частью исследовательской работы университета.

В организации этой работы обращает на себя внимание следующие моменты:

- совместно работает большая интернациональная группа студентов (всего 13 студентов четырех национальностей);
- работа выполняется с существенной финансовой поддержкой (20000 €);
- работа начинается не с нуля, а с использованием прототипов и результатов предшествующих исследований;
- работа органически вписывается в учебный график с тремя контрольными точками – модификация существующего проекта; утверждение внешней формы; летные испытания!!!
- серьезное внимание уделяется менеджменту проекта (слайд №10);
- в ходе дипломного проекта изготавливается продувочная модель, и проводятся оригинальные испытания с использованием автомобиля (слайд №35);
- при изготовлении модели студенты используют самые современные композиционные материалы и технологии.

В докладе представлен большой иллюстративный материал. Очень удачно используется твердотельное моделирование для проработки традиционно очень трудных мест для любого самолета, таких, как стык крыла с фюзеляжем, шасси и шассийные ниши, основная дверь и грузовые люки. Обращаем внимание на слайд №16, на котором показаны интересные технические решения по использованию стержневых элементов – "серег" – в передаче усилий с лонжеронов на силовые шпангоуты, а также новое остроумное использование переднего подкоса в крыле с обратной стреловидностью.

В проекте очень тщательно проработан интерьер. Это также очень важное обстоятельство. Современные самолеты обладают очень высоким уровнем комфорта и эстетической привлекательностью. Умение проектировать интерьер самолета является неотъемлемой частью подготовки современного авиационного инженера.

12. Дитер Шольц "Студенческий проект самолета типа «Летающее крыло (BWB)» – от проектирования до летных испытаний"

(Dieter SCHOLZ "A Student Project of a Blended Wing Body Aircraft – From Conceptual Design to Flight Testing")

Страницы сборника – 122-156, общее количество слайдов – 71.

Дитер Шольц – профессор Гамбургского университета прикладных исследований, один из постоянных организаторов семинара EWADE.

В европейском международном разделении работ при производстве самолетов Германия специализируется на фюзеляжах. Соответственно и ряд докладов, сделанных на предыдущих семинарах EWADE представителями Гамбургского университета, были связаны именно с фюзеляжами, причем, во всей полноте: силовая конструкция; системы кондиционирования, пожаротушения и т.д.; интерьер.

На семинаре EWADE 2007 был представлен доклад, который свидетельствует об интересе университета и существенных достижениях во всем комплексе авиационных дисциплин, связанных с концептуальным проектированием.

В докладе Д. Шольца представлены результаты студенческой научной работы по самолету типа "летающее крыло", ориентированного на перевозку большого количества пассажиров, соизмеримого с рекордным самолетом A380 по этому показателю.

Не трудно видеть, сопоставляя доклады Э. Торенбика и Д. Шольца, что создание гигантских самолетов – одно из доминирующих направлений в европейских авиационных исследованиях.

Доклад Д. Шольца демонстрирует хорошо организованную коллективную студенческую научную работу. Данная работа выполнена с существенной государственной поддержкой (порядка 20000 €).

В связи с актуальностью и глубиной проработки темы, составители сборника перевели на русский язык и приводят доклад полностью.

Вместе с тем, считаем целесообразным в комментариях обратить внимание на следующие обстоятельства:

- серьезная групповая исследовательская работа используется как эффективная завершающая форма обучения;

- работа начинается не с нуля, а базируется на предыдущих научных исследованиях, как западноевропейских научных центров, так и российских, в частности, ЦАГИ;

- работа носит комплексный характер – в ней рассматриваются фундаментальные вопросы выбора внешней формы, связанные с максимизацией аэродинамического качества; вопросы центровки и обеспечения устойчивости; очень большое внимание уделяется проблеме спутного следа, актуальной для сверхтяжелых самолетов и связанной с безопасностью полетов; с помощью трехмерного моделирования проработаны вопросы загрузки самолета, технического обслуживания и аварийного покидания;

- созданию летающей модели предшествует продувка в аэродинамической трубе, расчет и обтекание с использованием сложных современных аэродинамических пакетов программ.

Проработка конструкции самолета и оценки массы, на наш взгляд, проработаны недостаточно хорошо. В этой области в ряде коллективных студенческих дипломных проектов и исследовательской работе кафедры конструкции и проектирования летательных аппаратов СГАУ разработаны более адекватные методы и проведены глубокие исследования для самолетов с некруглыми несущими фюзеляжами [4].

На семинаре обсуждалось, что работы, выполненные в Гамбургском университете и в СГАУ по сверхтяжелым самолетам дополняют друг друга и могут быть использованы в международном научном сотрудничестве.

13. Патрик Берри

(Patrick BERRY "Concept Laboratory at LiTH")

Страницы сборника – 157-164, общее количество слайдов – 17.

Патрик Берри – профессор Лингчопингского университета (Швеция). Как и в ряде других докладов, представленных на EWADE 2007, Лингчопингский университет берет на вооружение коллективное интернациональное дипломное проектирование, которое предполагает не только "бумажные" результаты в виде отчетов, но конечной целью работы ставит создание летающих моделей.

Доклад П. Берри знакомит с опытом такой работы в течение нескольких последних лет. Наиболее интересные работы связаны с созданием оригинальных аппаратов вертикального взлета и посадки.

В докладе подчеркивается, что студенты делают летающие модели своими руками. Из приведенных в докладе слайдов видно, что студенты имеют для этого все необходимые условия.

14. Рональд Слингерланд

(Ronald SLINGERLAND "DelFly micro airvehicle")

Страницы сборника – 165-174, общее количество слайдов – 23.

Рональд Слингерланд – профессор Дельфтского университета.

Дельфтский университет – один из старейших и известнейших технических университетов Европы. В настоящее время университет ищет новые нетрадиционные формы для повышения академической активности студентов и своих выпускников. Например, летом 2006 года группа из 30 человек студентов и выпускников Дельфтского университета под руководством двух профессоров совершила турне по научным центрам Китая и России.

Доклад Р. Слингерланда посвящен интересному опыту организации массового вовлечения студентов в научно-исследовательскую работу через организацию соревновательных ситуаций. В качестве объекта выбран летательный аппарат с машущим полетом. Команды студентов примерно по 10 человек на третьем году обучения получают финансовую поддержку порядка 5000 € на покупку комплектующих устройств (микромоторов, микробатарей, микрогирископов и т.п.), проектируют и строят в течение 10 недель аппарат для летных соревнований.

В докладе приводятся сведения о том, что в таких соревнованиях принимают участие до 15 команд. В качестве иллюстрации к докладу показаны результаты аэрофотосъемки, выполненные с одного из таких аппаратов, что свидетельствует о реальной практической ценности и перспективности таких исследований.

Заметим также, что машущий полет до сих пор остается недостаточно изученным человеком и поэтому является очень удачной темой для студенческой исследовательской работы.

15. Дамиан Ривас “Инструментарий MATLAB для расчета потребления топлива при полете по глобальной траектории”, “Презентация EWADE 2009 в Севильи”

(Damian RIVAS "A Matlab tool to compute fuel consumption in global trajectories", "Presentation EWADE 2009 in Seville")

Страницы сборника – 175-178, общее количество слайдов – 32.

Дамиан Ривас – профессор университета г. Севильи (Испания).

Доклад Д. Риваса демонстрирует динамику развития авиационного образования в объединенной Европе. Университет в Севильи – один из старейших в Европе, однако, авиационный факультет существует всего 4 года.

На семинаре Д. Ривас представил научный доклад по успешному использованию MATLAB в решении некоторых оптимизационных задач динамики полета. Из слайдов, представленных во втором докладе, следует, что авиационный факультет Севильи создан в связи со строительством в этом городе сборочного производства самолета A400M (слайд 11, 12).

ЛЕКЦИИ

Семинар EWADE проводился в России впервые. С учетом этого обстоятельства организаторы семинара обратились с просьбой к ряду специалистов мирового уровня с просьбой прочитать для российской аудитории лекции с переводом на русский язык.

Лекция В.В. Васильева, в значительно расширенном варианте по сравнению с докладом на семинаре, с ориентацией на студентов, читалась на русском языке.

Д. Шмитт в лекции **"Будущее партнерства AIRBUS и университетов"** (36 слайдов), стр. 180-197, подробно рассказал о взаимодействии фундаментальной, прикладной науки и производства в авиастроении. В лекции дан глубокий анализ истории развития гражданской авиации, сформулированы и ранжированы требования, которые должны определить лицо авиации ближайшего будущего. Подчеркнута роль фундаментальной науки и подготовки кадров, т.е. университетов, в обеспечении подлинно инновационного развития авиации.

Очень интересны соображения Д. Шмитта об учете таких различных категорий как "Время", "Качество" и "Стоимость" в процессе проектирования (слайд №32).

В связи с многоплановостью и обилием конкретного материала в лекции составители сборника решили привести ее полностью. Презентация лекции заслуживает внимательного рассмотрения, прежде всего, старшекурсниками и дипломниками. Лекция также интересна специалистам из промышленности, которые строят долгосрочные планы своей работы и развития.

В. Васильев в лекции **"Геодезические композитные сетчатые конструкции (анизогриды)"** (32 слайда), стр. 42-57, рассмотрел в доступной для студентов форме особенности механики композиционных материалов, связанные с сильнейшей анизотропией однонаправленных слоев композита и легкостью образованию трещин вдоль волокон связующего. Как эффективный путь преодоления этого недостатка композитов предложил использовать свое изобретение – анизогридные конструкции, т.е. сетчатые структуры, в которых однонаправленные пучки волокон (стержни) пересекаются в узлах таким образом, что в одном узле оказываются только два стержня.

В лекции подробнейшим образом рассмотрены практические аспекты внедрения композитов в ракетные и авиационные конструкции.

В. Васильев познакомил аудиторию с новым направлением своих работ, связанным с оценкой стоимости новых материалов и производства агрегатов из них.

В заключительной части, обращаясь, главным образом, к студентам, указал на известные ему негативные стороны композитов и призвал к взвешенному и очень осторожному использованию их в реальных конструкциях.

Э. Торенбик в своей лекции **"Весовое проектирование в самолетостроении"** (30 слайдов), стр. 198-212, для студентов и преподавателей подтвердил свою репутацию ведущего специалиста по теории проектирования самолетов. Тема лекции представляет особый интерес для специалистов из СГАУ, т.к. в последние годы здесь получены серьезные новые результаты по весовому проектированию планера самолета. Следует также сказать, что по оценкам специалистов по персоналу из Объединенной Авиастроительной Корпорации (ОАК) все российские конструкторские бюро в совокупности обладают крайне недостаточным количеством специалистов по весовому проектированию.

Э. Торенбик начинает свою лекцию с актуальности повышения точности весовых оценок на ранних стадиях проектирования. Здесь взгляды Э. Торенбика полностью совпадают с

выводами В.Комарова о недостаточной точности известных методов весового проектирования в применении к аппаратам с нетрадиционными размерами и формами.

В лекции приводится большой и очень ценный для дипломного проектирования статистический материал, например, по весу, правильнее сказать – массе, электрооборудованию современных пассажирских самолетов. В новых весовых соотношениях, которые разрабатывает Э. Торенбик, активно используется коэффициент напряженности сжатых панелей, предложенный Ф. Шенли [1].

Особого внимания заслуживает направление исследований, которое только обозначено на слайде №18, связанное с ценой снижения массы конструкции теми или иными средствами. Любопытно, что этот раздел лекции Э. Торенбика однозначно перекликается с новыми работами В. Васильева.

В заключение своей лекции Э. Торенбик все-таки приходит к мысли о поиске новых компоновочных решений для сверхтяжелых самолетов с оптимизацией их аэродинамических и весовых характеристик.

Д. Шольц представил лекцию **"Учебная и исследовательская работа студентов в Гамбургском университете прикладных исследований"**, (21 слайд), стр. 213-222.

Д. Шольц является фактически ученым секретарем EWADE и имеет хорошо налаженные связи со всеми высшими авиационными заведениями Европы. С учетом этого обстоятельства, а также того, что на предыдущих семинарах EWADE Д. Шольц делал интересные доклады по организации послевузовского обучения авиационных специалистов, ему было предложено прочитать лекцию о подготовке авиационных специалистов в Гамбургском университете прикладных исследований

Наиболее ценным для российских читателей в лекции Д. Шольца являются сведения о двухступенчатом образовании, на которое Гамбургский университет уже перешел, а нам, вероятно, еще предстоит это делать в ближайшее время (слайд №6).

Интересной особенностью учебного плана немецких коллег является то, что в него заложена подготовка бакалавра в течение трех с половиной лет (7 семестров) с большим дипломным проектом – 22 недели. На подготовку "мастера" отводится три семестра. Из них один семестр – на заключительный дипломный проект. Судя по слайду №6, зачислению в университет предшествует 13-ти недельная интернатура (intership).

В учебном процессе используются самое современное программное обеспечение, которое может быть отнесено к категории, так называемых, "тяжелых" систем как, например, CATIA 5 (слайд №10).

Большое внимание университет уделяет практике студентов. В списке баз значатся гранды мировой авиационной промышленности (слайд №20).

В лекции Д. Шольца так же, как и в ряде других докладов, прозвучавших на семинаре, делается акцент на групповую исследовательскую работу студентов с доведением проекта до летающего образца.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Доклады и лекции, представленные на семинар, свидетельствуют о том, что в странах Западной Европы авиационному образованию уделяется самое пристальное внимание. Обучение по авиационным специальностям ведется во многих старейших технических университетах. Авиационные факультеты открываются также в странах, которые до последнего времени не имели развитой аэрокосмической промышленности.

Пишутся и издаются серьезные книги по авиастроению. В частности, профессор Э. Торенбик в двух докладах и лекции познакомил слушателей с материалами новой книги, над которой он работает, под условным названием "Теория проектирования самолетов". Т. Янг представил слушателям семинара оригинальную энциклопедию – руководство по написанию технических отчетов и диссертаций [5].

С точки зрения сложившейся в России самостоятельной и многие годы успешно работавшей системы подготовки авиационных инженеров, доклады и лекции EWADE 2007 производят двойственное впечатление.

С одной стороны, современные идеи и технологии западных коллег по совершенствованию учебного процесса практически полностью совпадают с системой подготовки специалистов в 60-70-е годы в Советском Союзе, особенно, с целевой интенсивной подготовкой студентов (ЦИПС):

- 1) внимание к студенческой научной работе;
- 2) участие вуза в фундаментальных научных исследованиях;
- 3) наличие договорных отношений с предприятиями для выполнения исследовательских работ с участием студентов;
- 4) практика в промышленности;
- 5) групповое дипломное проектирование;
- 6) гарантированное распределение.

С другой стороны, в области авиастроения произошли очень существенные изменения, которые требуют постоянной модернизации системы подготовки авиационных инженеров, чему, собственно, и служат семинары EWADE.

Здесь следует отметить:

- 1) осознание необходимости подготовки специалистов с инновационным мышлением – с этой целью практически все европейские вузы начинают использовать групповое дипломное проектирование с доведением результатов студенческих поисков по постройки и испытаний летательных аппаратов;
- 2) предоставление молодым людям определенных свобод в выборе систем обучения за счет двухступенчатости;
- 3) создание соревновательных ситуаций в учебном процессе;
- 4) существенная материальная поддержка студенческой исследовательской работы на государственном уровне;
- 5) постоянные долгосрочные программы сотрудничества промышленности с университетами с целью обеспечения притока молодых талантливых специалистов в промышленность;
- 6) забота о престиже и привлекательности труда инженера;
- 7) привитие специалистам комплексного, многоаспектного взгляда на жизненный цикл изделия;
- 8) способность работы в интернациональном коллективе без языковых проблем;
- 9) предоставление студентам возможности работать с самыми современными информационными технологиями.

Семинар EWADE 2007 показал, что в европейских странах авиационное образование и наука развиваются с должным и необходимым опережением относительно промышленности.

Ряд университетов продемонстрировал выдающиеся результаты в виде дипломных проектов своих выпускников, которые свидетельствуют о том, что и в условиях входящей в жизнь двухступенчатой системы образования, при умелой постановке учебного процесса могут быть сохранены и приумножены достижения в инженерной подготовке, которыми всегда славились во всех странах авиационные специалисты.

Составители сборника надеются, что собранные и обработанные материалы внесут свою лепту в модернизацию подготовки авиационных инженеров и возрождение авиационной промышленности России.

МАТЕРИАЛЫ ПРЕЗЕНТАЦИЙ ДОКЛАДОВ

Дитер Шмитт “Аэробус А380 - вперед к новому будущему авиационного транспорта”

*Презентация Дитера Шмита**“Аэробус А380 - вперед к новому будущему авиационного транспорта”*

Samara	June 2007
Presented by Дитер ШМИТТ Vice-President Research & Technology AIRBUS SAS	
Аэробус А380 - вперед к новому будущему авиационного транспорта 	

Слайд 1



Будущее уже наступило



Слайд 2

Семейство А380

159 firm orders
16 customers

(end April 2006)



Слайд 3

Флагман 21^{го} века



560t
555 seats
8000 nm
EIS 2006

590t
150 t
5620 nm
EIS 2008



Слайд 4

Компоновка кабины самолета А380

Эконом-класс

Бизнес-класс

- 2 палубы
- 4 прохода



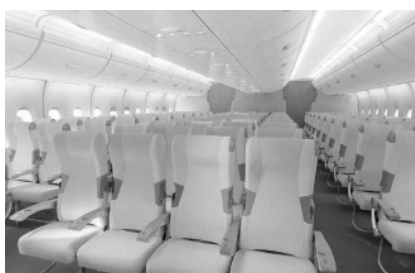
96 мест в бизнес-классе

103 места в эконом-классе



22 места 1-го класса

334 места в эконом-классе



A380 main deck, Economy Class seating configuration



Слайд 5

Обеспечение большей вместимости, большего комфорта



Верхняя палуба – широкий салон

Бизнес класс (2-2-2)

Основная палуба – самая широкая
широкие сиденья во всех классах

Большой инновационный потенциал



Слайд 6

Безоговорочно самая низкая стоимость

Усовершенствованные системы и процессы изготовления



Новые материалы



Совершенная силовая установка





Слайд 7

А380: преимущества при тех. обслуживании

Интегрированная модульная авионика

- Общие тех. средства
- Обновление ПО на борту
- Гибкость реконфигурации

Программа ТО

- Более длительные интервалы между осмотрами
- Меньше плановых осмотров



Конструкции

- Углеродноволоконные КМ для уменьшения усталости и коррозии
- использование лазерной сварки
- Стандартные процедуры ремонта

Электросистема

- Изменяемая частота
- Новое интерактивное ТО

Система управления

Новый электро-гидравлический привод

- Высокий уровень резервирования

Новое в гидросистеме

- Только 2 линии, 5000 psi



Слайд 8

«Зеленый гигант» для нашей планеты

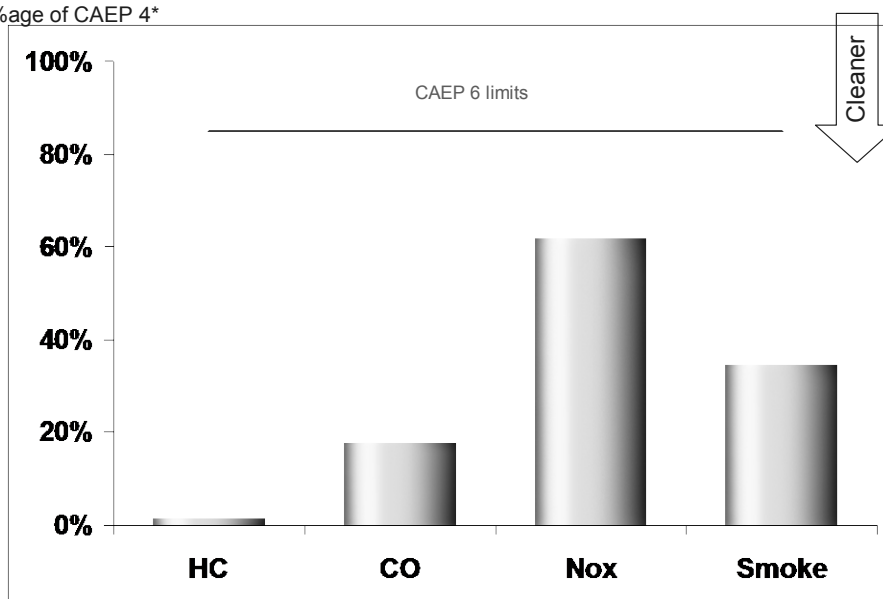
Первый самолет большой дальности с расходом топлива менее, чем 3 литра на пассажира/100km *



Слайд 9

А380 и окружающая среда

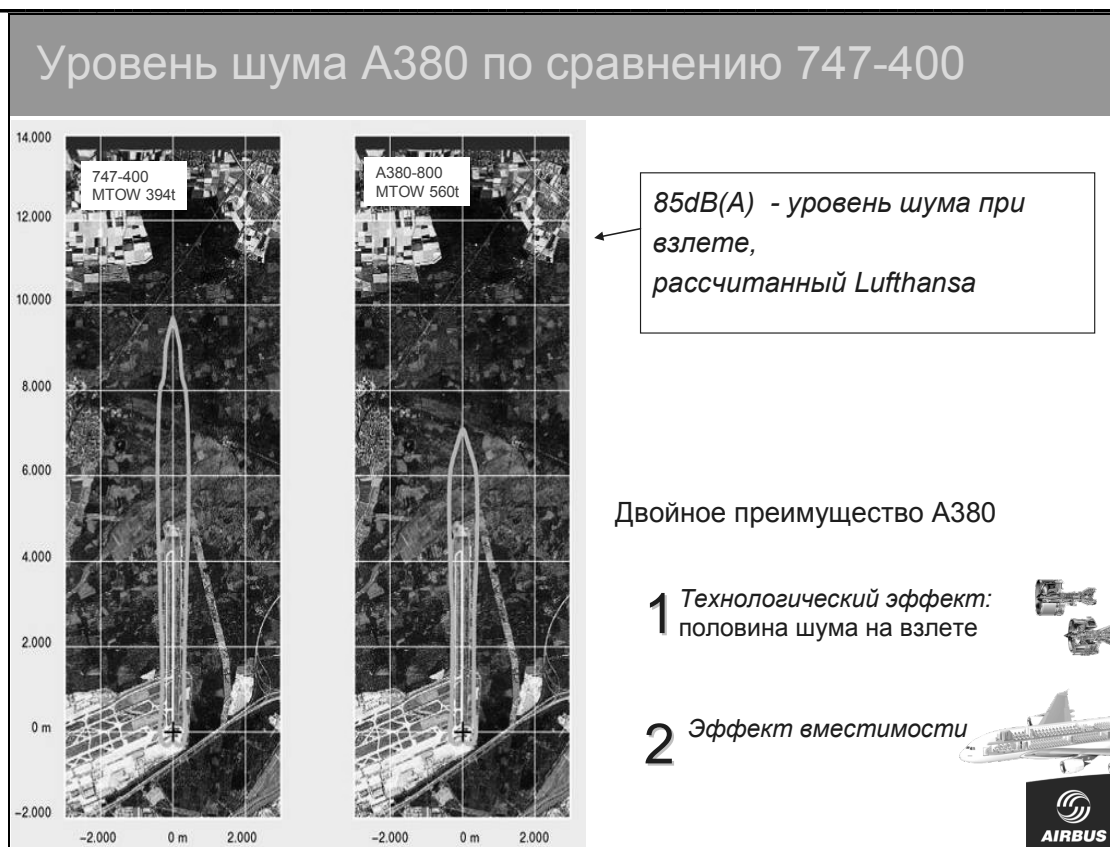
Trent 970 emissions as
%age of CAEP 4*



* Preliminary emissions certification data



Слайд 10



Слайд 11



Слайд 12



Слайд 13

Совместимость аэропортов с А380 доказана

Большие аэропорты – проверка взаимодействия

Малые аэропорты – проверка характеристик

Singapore

Medellin, Colombia

Pointe-à-Pitre, Guadeloupe

Frankfurt

Tarbes, Southern France

Iqaluit, Canada

А380 уже побывал более чем в 20 аэропортах

AIRBUS

Слайд 14

Летные испытания А380

- С 27^{го} апреля 2005 до 8^{го} июня 2006
- Самолеты : MSN 1, 4, 2, 7, 3
- 430 вылетов
- 1416 часов налета
- Более 100 пилотов, включая порядка 50 пилотов авиакомпаний



Слайд 15

Летные испытания А380

- ▶ Проверка поведения самолета в воздухе
 - Прямой и нормальный законы управления полетом
 - Эффект скорости, число Маха, высота, вес самолета и расположение центра тяжести
 - Все фазы полета: от взлета до приземления.
- ▶ Проверка адекватного функционирования различных систем самолета при различных режимах полета.
- Основные результаты
 - ▶ Отличное поведение самолета
 - ▶ Соответствие законам управления
 - Поведение самолета близко к характеристикам, заложенным в тренажер А380
 - Удачное приземление в автоматическом режиме
 - ▶ Основные системы работают адекватно.
 - ▶ Испытания на соответствие нормам безопасности пройдены безупречно
 - Выпуск шасси
 - Функционирование турбины с приводом от набегающего потока
 - Запуск двигателя



Слайд 16

Посадка на мокрый аэродром

- 1 ускорение + 1 торможение ~70 kt



Слайд 17

Проверка совместимости с аэропортом Франкфурта – 29^е октября 2005 года



Слайд 18

Эксплуатация в условиях жары и высокогорья (Medellin, Colombia)



Слайд 19

Эксплуатация в условиях холода (Iqaluit, Canada)



Слайд 20

Тест на соответствие нормам по скорости эвакуации пассажиров – 26^е марта 2006 года

- Сертификационные требования: Эвакуация должна быть проведена менее, чем за 90 секунд при использовании половины дверей
- Результат : 873 человека эвакуированы за ~80 секунд



Слайд 21

Виртуальный полет с пассажирами на борту – 10^е мая 2006 года

Цели испытания :

- Проверка всех функциональных возможностей кабины на земле с пассажирами и экипажем.
- 474 пассажира
- 22 члена экипажа



Слайд 22



Слайд 23



Слайд 24



Слайд 25



Слайд 26

A380...

- ... абсолютно новая конструкция 21-го века
- ... создает намного меньше шума
- ... прошел сертификацию по JAR и FAR
- ... имеет потенциал для создания на его базе целого семейства самолетов
- ... он будет флагманом 21-го века!**



Слайд 27



Слайд 28

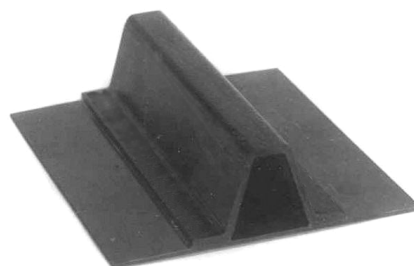
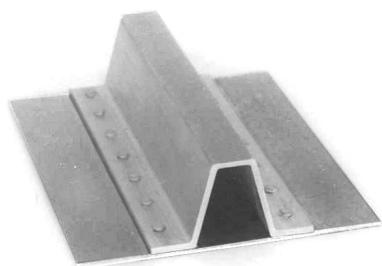
*Презентация Валерия Васильева
“Новые геодезические композитные сетчатые конструкции”*

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ КОМПОЗИТНЫЕ СЕТЧАТЫЕ КОНСТРУКЦИИ (анизогриды)

Слайд 1

СТРИНГЕРНАЯ КОНСТРУКЦИЯ

Несущая подкрепленная обшивка



Алюминий

$$\rho_A = 2700 \text{ kg/m}^3$$

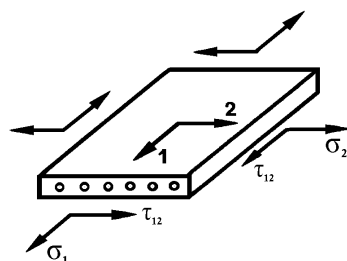
$$E_A = 71.5 \text{ GPa}$$

$$\sigma_A = 450 \text{ MPa} \quad \sigma_y = 300 \text{ MPa}$$

$$c_A = 5 \text{ \$/kg}$$

Слайд 2

Однонаправленный углепластик



$$\rho_C = 1550 \text{ kg/m}^3$$

$$E_1 = 140 \text{ GPa} \quad E_2 = 11 \text{ GPa} \quad G_{12} = 5.5 \text{ GPa}$$

$$\nu_{12} = 0.024 \quad \nu_{21} = 0.3$$

$$\sigma_1^+ = 2100 \text{ MPa} \quad \sigma_1^- = 1200 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2^+ = 45 \text{ MPa} \quad \sigma_2^- = 170 \text{ MPa} \quad \tau_{12} = 70 \text{ MPa}$$

$$\text{Материал } c_C = 60 \text{ \$/kg}$$

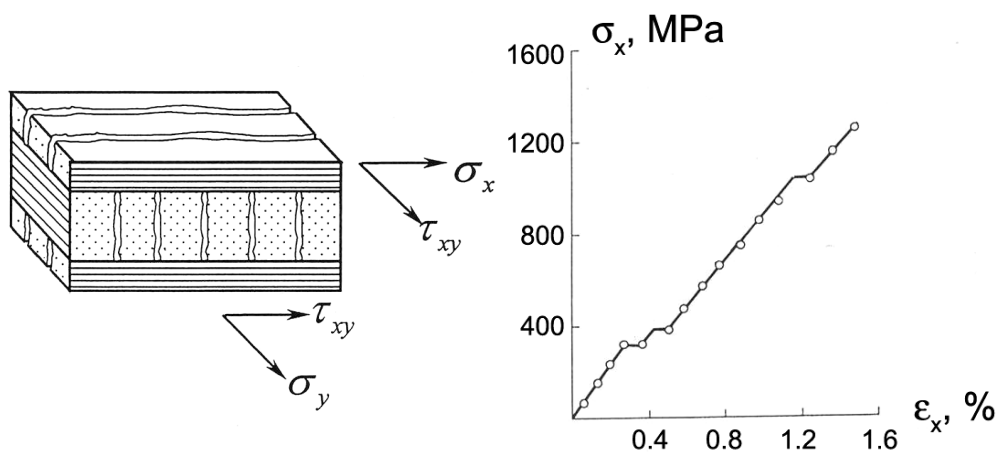
$$\text{Препрег } c_C = 120 \text{ \$/kg}$$

Слайд 3

Предельное удлинение при растяжении

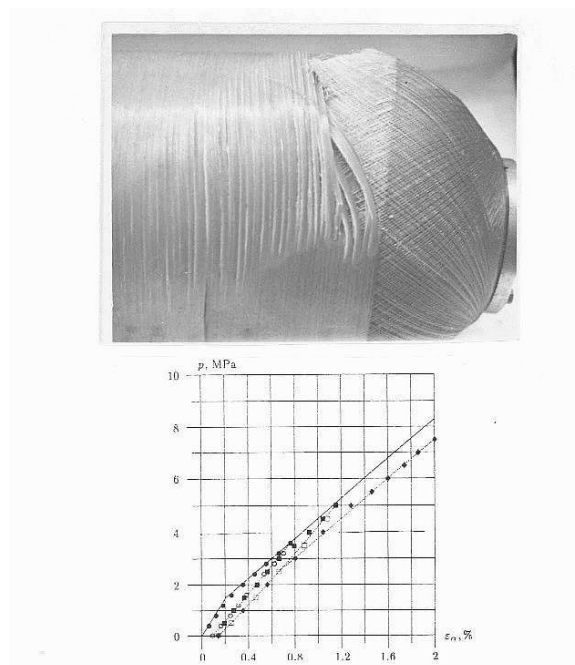
Вдоль волокон $\varepsilon_1 = 1.5 \%$

Поперек волокон $\varepsilon_2 = 0.4 \%$

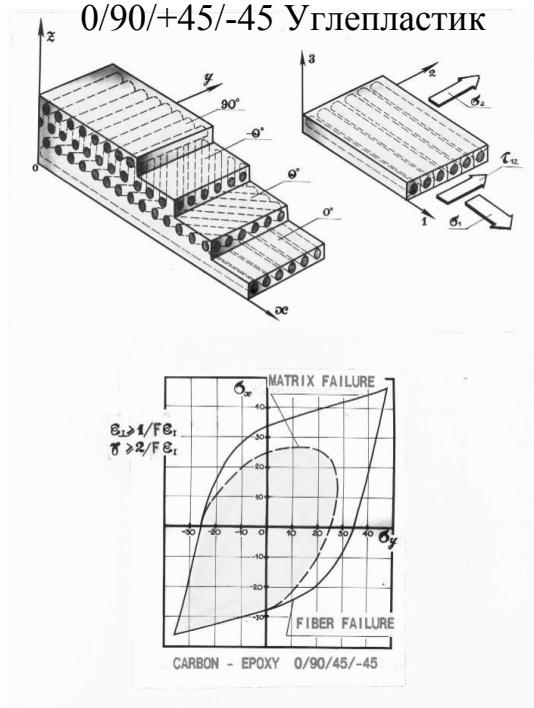


Слайд 4

Разрушение матрицы



Слайд 5

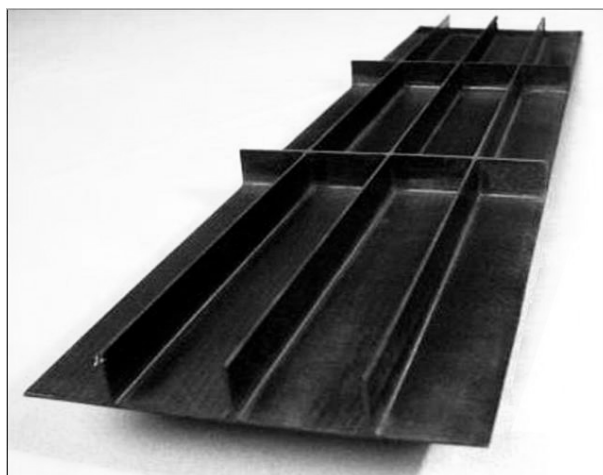
Поверхность разрушения
0/90/+45/-45 Углепластик

Слайд 6

Коэффициент стоимости материала**Подкрепленная панель**

$$c_A = 5\$/\text{kg} \quad c_C = 120\$/\text{kg}$$

$$c_C/c_A = 24$$



Слайд 7

Обшивка

Квази-изотропный композит 0/90/+45/-45

$$E_C = 54.8 \text{ GPa}$$

$$\varepsilon_C^+ = \varepsilon_2 = 0.4 \% \quad \sigma_C^+ = 220 \text{ MPa} \quad \sigma_C^- = \sigma_{cr}$$

$$\lambda_A = \frac{c_C \rho_C \sigma_A}{c_A \rho_A \sigma_C} = 19$$

Стрингеры

0°(80%) / ±45°(20%)

$$E_C = 120 \text{ GPa} \quad \varepsilon_C^+ = 0.4 \% \quad \sigma_C^+ = 530 \text{ MPa} \quad \sigma_C^- = \sigma_{cr}$$

$$\lambda_A = \frac{c_C \rho_C \sigma_A}{c_A \rho_A \sigma_C} = 15$$

Однонаправленные ребра, изготовленные намоткой

$$c_C = 60 \text{ \$/kg} \quad f = 1.5$$

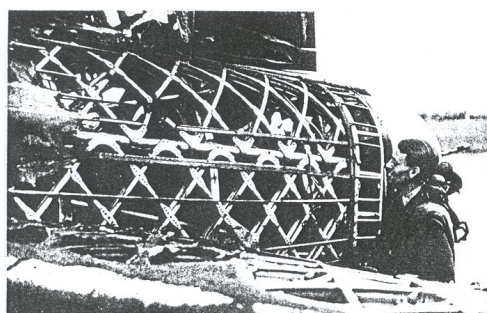
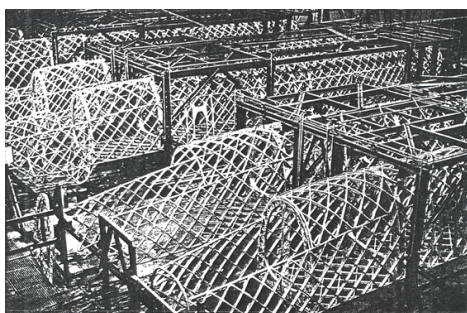
$$\lambda_A^C = 1.5$$

Слайд 8

Vickers – Armstrongs Wellington

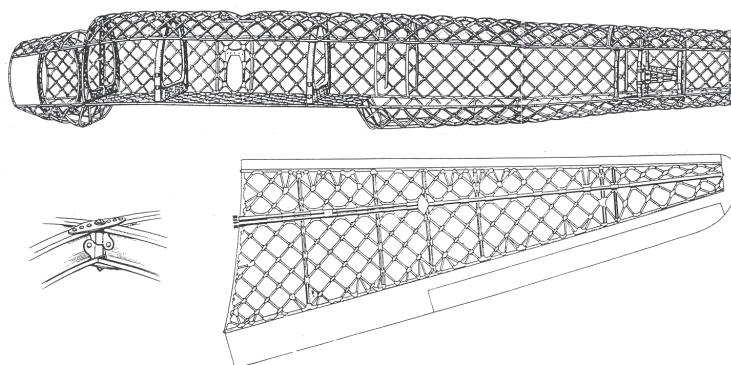
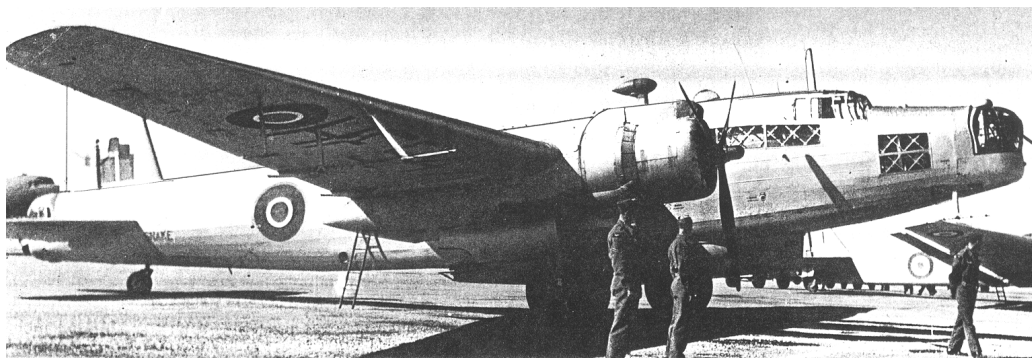


Конструктор: Barnes Wallis
Произведено 11460 самолетов
(1936-1945)
Снижение веса: 30%



Слайд 9

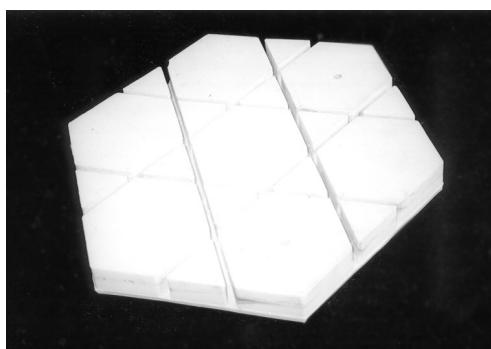
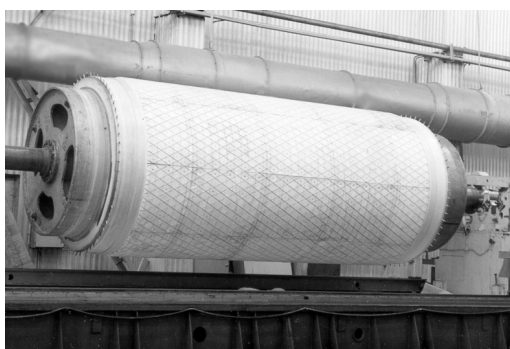
Geodetic Construction. C.M. Paulsen, Aircraft Production, May 1940



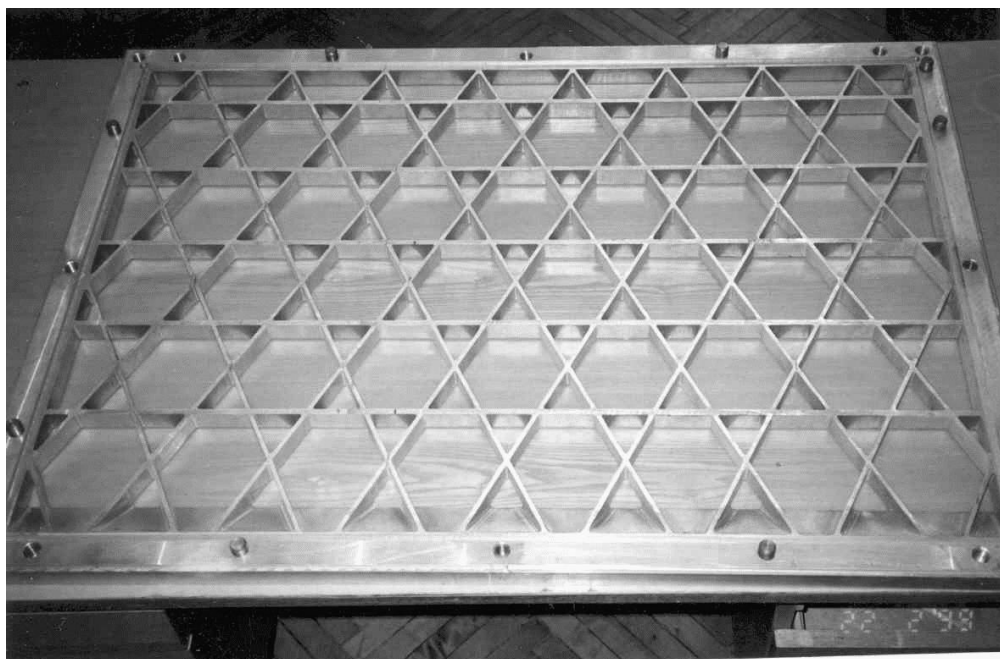
Слайд 10

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ КОМПОЗИТНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

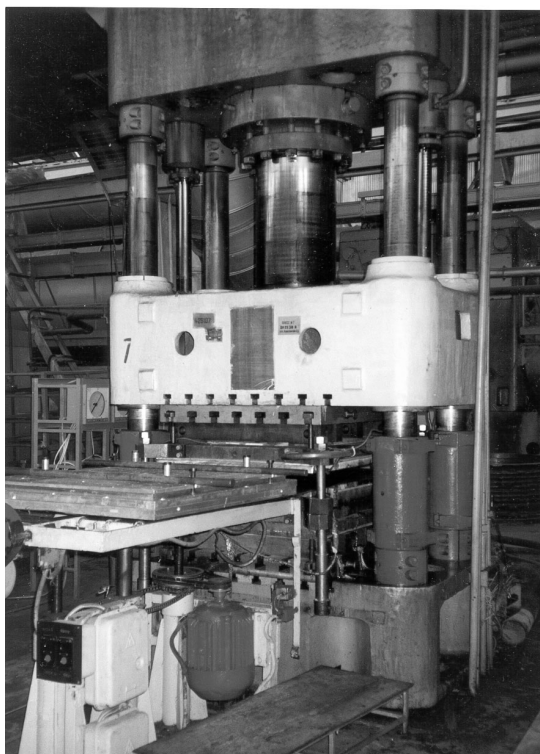
Технологический процесс



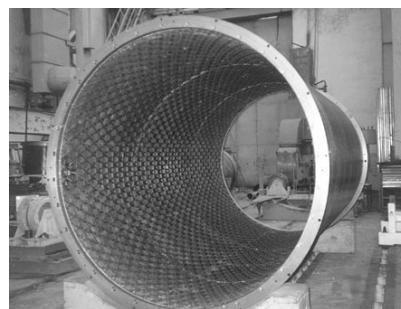
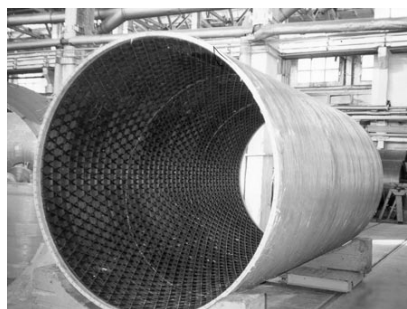
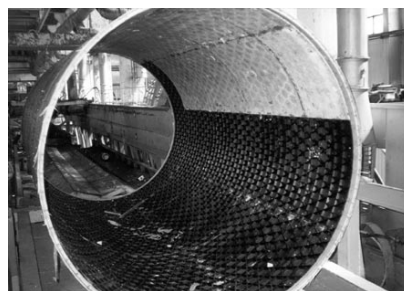
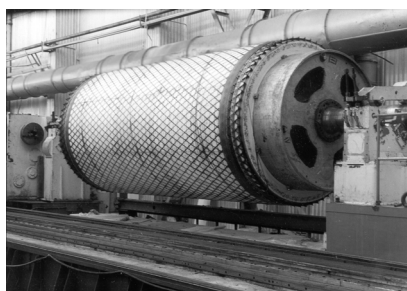
Слайд 11



Слайд 12



Слайд 13



Слайд 14

Анализ стоимости

Коэффициент безопасности $f = 1.5$

Стрингерная композитная конструкция

$\Delta M = 30\%$

$$\lambda_A^C = 15$$

Геодезическая конструкция $\Delta M = 60\%$

Ребра из углепластика $c_C = 60$ \$/kg

Обшивка из углеродной ткани $c_C = 160$ \$/kg

$$\lambda_A^C = 6$$

Ребра из углепластика $c_C = 60$ \$/kg

Обшивка из арамидной ткани $c_C = 100$ \$/kg

$$\lambda_A^C = 4.8$$

Ребра из углепластика $c_C = 60$ \$/kg

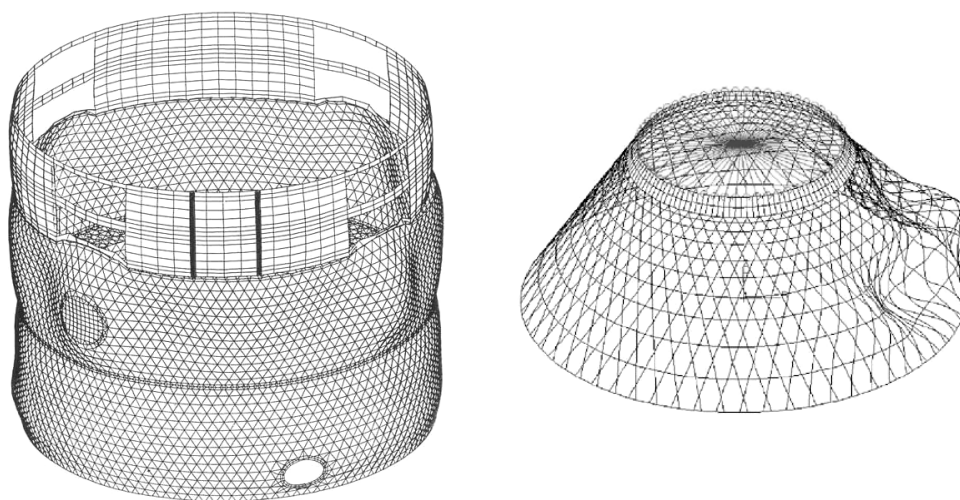
Обшивка из стеклоткани $c_C = 20$ \$/kg

$$\lambda_A^C = 3.2$$



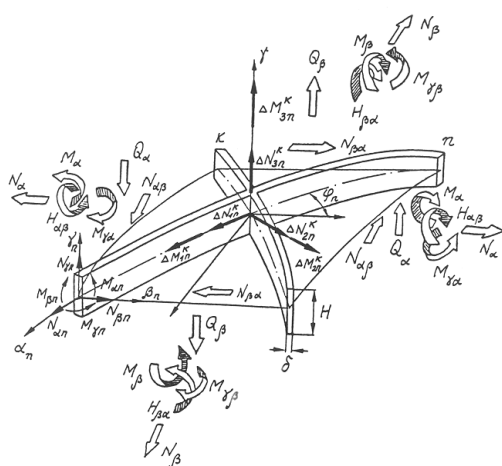
Слайд 15

Моделирование Дискретная модель



Слайд 16

Континуальная модель



Уравнения равновесия

$$\begin{aligned} \frac{\partial N_\alpha}{\partial \alpha} + \frac{\partial N_{\beta\alpha}}{\partial \beta} + q_\alpha &= 0 & \frac{\partial N_\beta}{\partial \beta} + \frac{\partial N_{\alpha\beta}}{\partial \alpha} + \frac{Q_\beta}{R} + q_\beta &= 0 \\ \frac{\partial Q_\alpha}{\partial \alpha} + \frac{\partial Q_\beta}{\partial \beta} - \frac{N_\beta}{R} + q_\gamma &= 0 & \frac{\partial M_\alpha}{\partial \alpha} + \frac{\partial H_{\beta\alpha}}{\partial \beta} - Q_\alpha + \frac{M_{\gamma\beta}}{R} &= 0 \\ \frac{\partial M_\beta}{\partial \beta} + \frac{\partial H_{\alpha\beta}}{\partial \alpha} - Q_\beta &= 0 & N_{\alpha\beta} - N_{\beta\alpha} - \frac{H_{\beta\alpha}}{R} + \frac{\partial M_{\gamma\alpha}}{\partial \alpha} + \frac{\partial M_{\gamma\beta}}{\partial \beta} &= 0 \end{aligned}$$

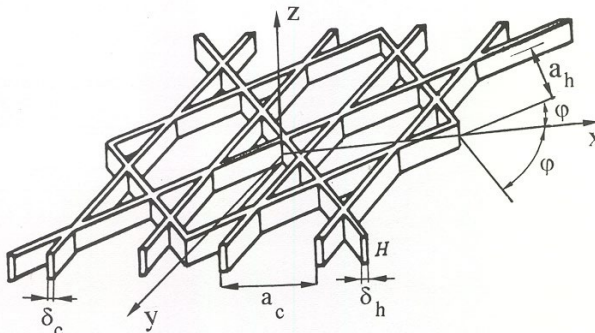
Геометрические соотношения

$$\begin{aligned} \varepsilon_\alpha &= \frac{\partial u}{\partial \alpha} & \varepsilon_\beta &= \frac{\partial v}{\partial \beta} + \frac{w}{R} & \varepsilon_{\alpha\beta} &= \frac{\partial v}{\partial \alpha} - \Psi_{\alpha\beta} & \varepsilon_{\beta\alpha} &= \frac{\partial u}{\partial \beta} + \Psi_{\alpha\beta} \\ \alpha_\alpha &= \frac{\partial \Psi_\alpha}{\partial \alpha} & \alpha_\beta &= \frac{\partial \Psi_\beta}{\partial \beta} & \alpha_{\alpha\beta} &= \frac{\partial \Psi_\beta}{\partial \alpha} & \alpha_{\beta\alpha} &= \frac{\partial \Psi_\alpha}{\partial \beta} + \frac{\Psi_{\alpha\beta}}{R} \\ \theta_\alpha &= \frac{\partial w}{\partial \alpha} + \Psi_\alpha & \theta_\beta &= \frac{\partial w}{\partial \beta} + \Psi_\beta - \frac{v}{R} \\ \omega_\alpha &= \frac{\partial \Psi_{\alpha\beta}}{\partial \alpha} & \omega_\beta &= \frac{\partial \Psi_{\alpha\beta}}{\partial \beta} - \frac{\Psi_\beta}{R} \end{aligned}$$

Слайд 17

Соотношения упругости

$$\begin{aligned} N_\alpha^r &= (a_{11} + b_{12})\varepsilon_\alpha + (a_{12} - b_{12})\varepsilon_\beta \\ N_\beta^r &= (a_{12} - b_{12})\varepsilon_\alpha + (a_{22} + b_{12})\varepsilon_\beta \\ N_{\beta\alpha}^r &= (a_{12} + f_{11})\varepsilon_{\alpha\beta} + (a_{12} - f_{12})\varepsilon_{\beta\alpha} \\ N_{\alpha\beta}^r &= (a_{12} - f_{12})\varepsilon_{\alpha\beta} + (a_{12} + f_{22})\varepsilon_{\beta\alpha} \\ M_\alpha^r &= (d_{11} + c_{12})\alpha_\alpha + (d_{12} - c_{12})\alpha_\beta \\ M_\beta^r &= (d_{12} - c_{12})\alpha_\alpha + (d_{22} + c_{12})\alpha_\beta \\ H_{\alpha\beta}^r &= (d_{12} + c_{11})\alpha_{\alpha\beta} + (d_{12} - c_{12})\alpha_{\beta\alpha} \\ H_{\beta\alpha}^r &= (d_{12} - c_{12})\alpha_{\alpha\beta} + (d_{12} + c_{22})\alpha_{\beta\alpha} \\ Q_\alpha^r &= b_{31}\theta_\alpha & Q_\beta^r &= b_{13}\theta_\beta & M_{\gamma\alpha}^r &= k_{11}\omega_\alpha & M_{\gamma\beta}^r &= k_{22}\omega_\beta \end{aligned}$$



Слайд 18

Коэффициенты жесткости

$$a_{11} = \frac{2}{a} B_1 \cos^4 \varphi \quad a_{12} = \frac{2}{a} B_1 \sin^2 \varphi \cos^2 \varphi \quad a_{22} = \frac{2}{a} B_1 \sin^4 \varphi$$

$$b_{12} = \frac{2}{a} \left(\frac{1}{B_2} + \frac{l^2}{12D_3} \right)^{-1} \sin^3 \varphi \cos^2 \varphi$$

$$f_{11} = \frac{2}{a} \left(\frac{1}{B_2} + \frac{l^2}{3D_3} \right)^{-1} \cos^4 \varphi$$

$$f_{12} = \frac{2}{a} \left(\frac{1}{B_2} + \frac{l^2}{3D_3} \right)^{-1} \sin^2 \varphi \cos^2 \varphi$$

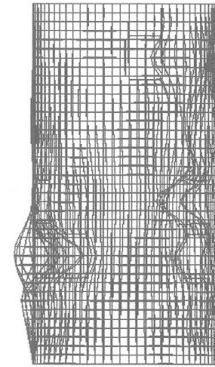
$$f_{22} = \frac{2}{a} \left(\frac{1}{B_2} + \frac{l^2}{3D_3} \right)^{-1} \sin^4 \varphi$$

$$d_{11} = \frac{2}{a} D_2 \cos^4 \varphi \quad d_{12} = \frac{2}{a} D_2 \sin^2 \varphi \cos^2 \varphi \quad d_{22} = \frac{2}{a} D_2 \sin^4 \varphi$$

$$c_{11} = \frac{2}{a} D_1 \cos^4 \varphi \quad c_{12} = \frac{2}{a} D_1 \sin^2 \varphi \cos^2 \varphi \quad c_{22} = \frac{2}{a} D_1 \sin^4 \varphi$$

$$b_{31} = \frac{2}{a} \left(\frac{1}{B_3} + \frac{l^2}{12D_2} \right)^{-1} \cos^2 \varphi \quad b_{13} = \frac{2}{a} \left(\frac{1}{B_3} + \frac{l^2}{12D_2} \right)^{-1} \sin^2 \varphi$$

$$k_{11} = \frac{2}{a} D_3 \cos^2 \varphi \quad k_{22} = \frac{2}{a} D_3 \sin^2 \varphi$$



$$B_1 = EH\delta \quad B_2 = GH\delta$$

$$D_1 = \frac{1}{3} H\delta^3 G \left(1 - \frac{1}{\lambda} \tan \lambda \right)$$

$$\lambda = H\sqrt{3}/\delta$$

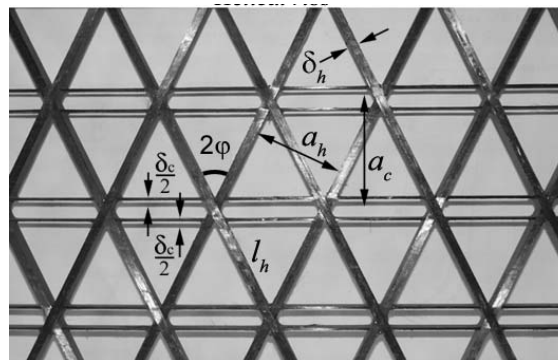
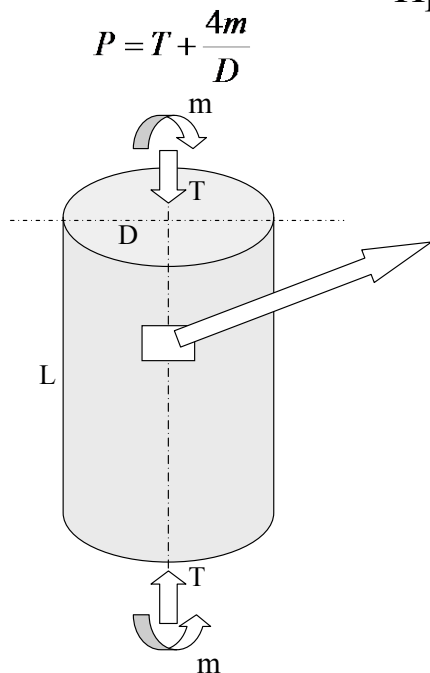
$$B_3 = GH\delta$$

$$D_2 = \frac{EH^3\delta}{12}$$

$$D_3 = \frac{E\delta^3 H}{12}$$

Слайд 19

Проектирование



$$M = \pi DLh \left(2\rho_h \frac{\delta_h}{a_h} + \rho_c \frac{\delta_c}{a_c} \right)$$

Слайд 20

Формы разрушения

Разрушение спиральных ребер

$$\sigma = -\frac{P}{2\pi D h \bar{\delta}_c c^2}$$

Общая потеря устойчивости

$$P_{cr}^a = \frac{2\pi}{\sqrt{3}} h \sqrt{B_{11} B_{22} - B_{12}^2}$$

$$P_{cr}^n = \frac{2\pi\sqrt{2}}{\sqrt{3}} h \sqrt{B_{33} \left(B_{12} + \sqrt{B_{11} B_{22}} \right)}$$

Коэффициенты жесткости

$$B_{11} = 2E_h h \bar{\delta}_h c^4$$

$$B_{12} = B_{21} = B_{33} = 2E_h h \bar{\delta}_h c^2 s^2$$

$$B_{22} = 2E_h h \bar{\delta}_h s^4 + E_c h \bar{\delta}_c$$

$$D_{mn} = B_{mn} h^2 / 12$$

$$\bar{\delta}_h = \frac{\delta_h}{a_h}$$

$$\bar{\delta}_c = \frac{\delta_c}{a_c}$$

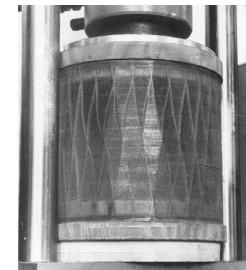
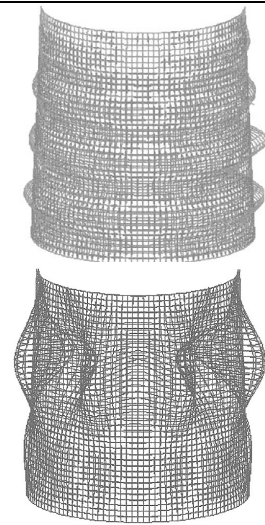
$$c = \cos \varphi$$

$$s = \sin \varphi$$

Местная
потеря устойчивости

$$\sigma_{cr} = k \frac{\pi^2 E_h I}{l_h^2 h \bar{\delta}_h} \quad I = h \delta_h^3 / 12$$

$$l_h = a_h / \sin 2\varphi$$



Слайд 21

Минимизация массы

$$M = \pi D L h \rho_h (2\bar{\delta}_h + \bar{\rho} \bar{\delta}_c)$$

$$|\sigma| \leq \bar{\sigma}, \quad P \leq P_{cr}^a \text{ or } P \leq P_{cr}^n \text{ and } P \leq P_{cr}^l$$

Минимизация коэффициентов безопасности

$$n_s |\sigma| = \bar{\sigma}, \quad n_b P = P_{cr}^a, \quad \text{or} \quad n_b P = P_{cr}^n \quad \text{and} \quad n_l P = P_{cr}^l$$

$$\frac{2\pi}{P n_s} D \bar{\sigma} h \bar{\delta}_h c^2 = 1$$

$$\frac{2\pi\sqrt{2}}{\sqrt{3} P n_b} h^2 c^2 \sqrt{E_h E_c \bar{\delta}_h \bar{\delta}_c} = 1$$

$$\frac{2\pi^3 k}{3 P n_l} E_h D h \bar{\delta}_h^3 c^4 s^2 = 1$$

Слайд 22

$$M = L\rho_c \left(\frac{12D^2 n_l \bar{\sigma}^2 h^2}{P n_s^2 k E_h} + \frac{3P n_b^2 D^2 \bar{\sigma} \bar{\rho}}{4 n_s E_h E_c h^2} + \frac{9D^4 \bar{\sigma}^4 n_l n_b^2 \bar{\rho}}{P n_s^4 k E_h^2 E_c} + \frac{P n_s}{\bar{\sigma}} \right)$$

$$\frac{\partial M}{\partial h} = 0 \quad h^4 = \frac{P^2 n_b^2 n_s \bar{\rho}}{16 n_l E_c \bar{\sigma}}$$

$$M = L\rho_c \left(\frac{9D^4 \bar{\sigma}^4 n_l n_b^2 \bar{\rho}}{P n_s^4 k E_h} + \frac{6D^2 \bar{\sigma} n_b}{n_s E_h} \sqrt{\frac{n_l \bar{\sigma} \bar{\rho}}{k n_s E_c}} + \frac{P n_s}{\bar{\sigma}} \right)$$

$$n_b = 1 \quad n_l = 1$$

$$\frac{\partial M}{\partial n_s} = 0 \quad n_s = \bar{\sigma} \left(\frac{144 D^4 \bar{\rho}}{P^2 k E_h^2 E_c} \right)^{1/5}$$

$$n_s \geq 1 \quad P \leq P_s = \frac{12 D^2 \bar{\sigma}^2}{E_h} \sqrt{\frac{\bar{\sigma} \bar{\rho}}{k E_c}}$$

Слайд 23

$$m = \frac{4M}{\pi D^2 L}, \quad P = \frac{4P}{\pi D^2}$$

Оптимальные параметры

1	2	3
$P \leq P_s$	$P_s \leq P \leq P_o$	$P_o \leq P$
$\bar{h} = \frac{1}{4} \left(\frac{48 \pi^4 k^2 \bar{\rho}^3}{E_h E_c^3} P^4 \right)^{1/10}$	$\bar{h} = \frac{1}{4} \left(\frac{\pi^2 k \bar{\rho}}{E_c \bar{\sigma}} P^2 \right)^{1/4}$	$\bar{h} = \frac{\pi}{16 \bar{\sigma}} \sqrt{\frac{k E_h P_o}{3 \pi P_o}}$
$\bar{\varphi} = \frac{1}{2}$	$\bar{\varphi} = \frac{P_s}{4P}$	$\bar{\varphi} = \frac{P_s}{4P_o}$
$\bar{\delta}_h = \frac{5}{4\pi} \left(\frac{108 \pi^2 E_c P^3}{E_h^3 k^4 \bar{\rho}} \right)^{1/10}$	$\bar{\delta}_h = \frac{2}{\pi \sin 2\varphi} \sqrt{\frac{3\bar{\sigma}}{k E_h}}$	$\bar{\delta}_h = \frac{2}{\pi \sin 2\varphi} \sqrt{\frac{3\bar{\sigma}}{k E_h}}$
$\bar{\delta}_c = \frac{\bar{\delta}_h}{2\bar{\rho}}$	$\bar{\delta}_c = \frac{P_s \bar{\delta}_h}{2P P}$	$\bar{\delta}_c = \frac{P_s P_o \bar{\delta}_h}{P P^2} \left(\frac{P_o^2}{P^2} - \frac{1}{2} \right)$

$$P_s = \frac{48 \bar{\sigma}^2}{\pi E_h} \sqrt{\frac{\bar{\sigma} \bar{\rho}}{k E_c}} \quad P_o = P_s \sqrt{\frac{1}{2} \left(\sqrt{\frac{2 E_h \bar{\rho}}{E_c}} + \sqrt{\frac{2 E_h \bar{\rho}}{E_c} - 1} \right)}$$

1. Осесимметричная форма

$$n_b = n_l = 1$$

$$n_s = 4 \bar{\sigma} \left(\frac{9 \bar{\rho}}{4 \pi^2 P^2 k E_h^2 E_c} \right)^{1/5} \geq 1$$

2. Неосесимметричная форма

$$n_b = n_l = n_s = 1$$

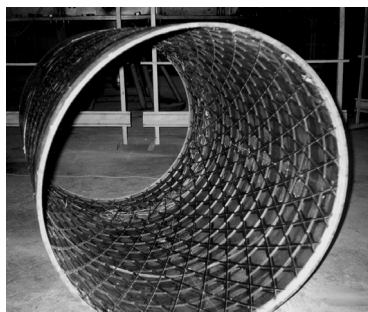
3. Неосесимметричная форма

$$n_b = n_l = n_s = 1$$

Слайд 24

Сетчатые и трехслойные оболочки

$D = 1 \text{ m}$ $L = 1.6 \text{ m}$ $P = 0.98 \text{ MN (100T)}$

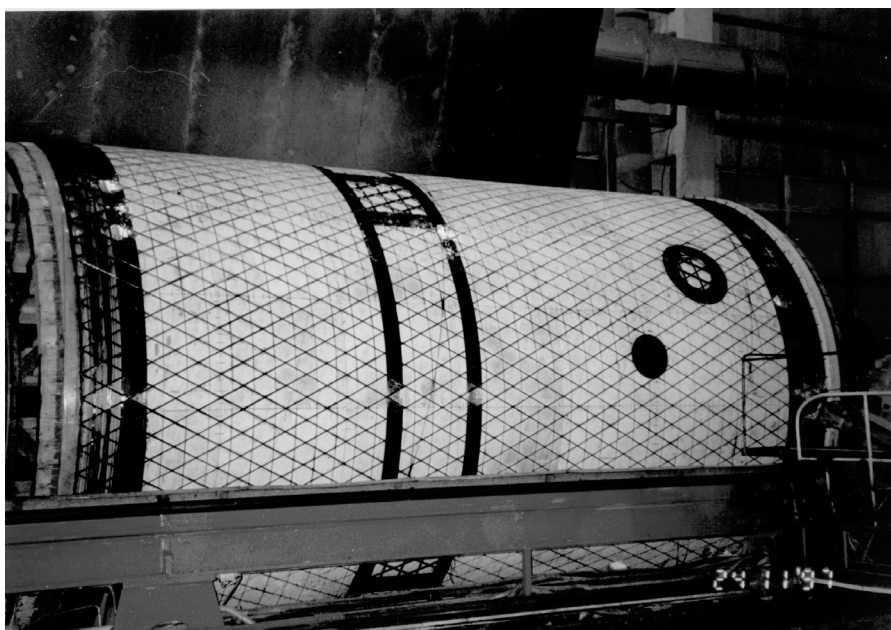


	Сетчатая	Трехслойная	Δ , %
Масса, кг	17.3	22.3	-22.4
Предельная нагрузка, МН	1.01	0.76	+33
Макс. деформация, %	0.4	0.8	-50

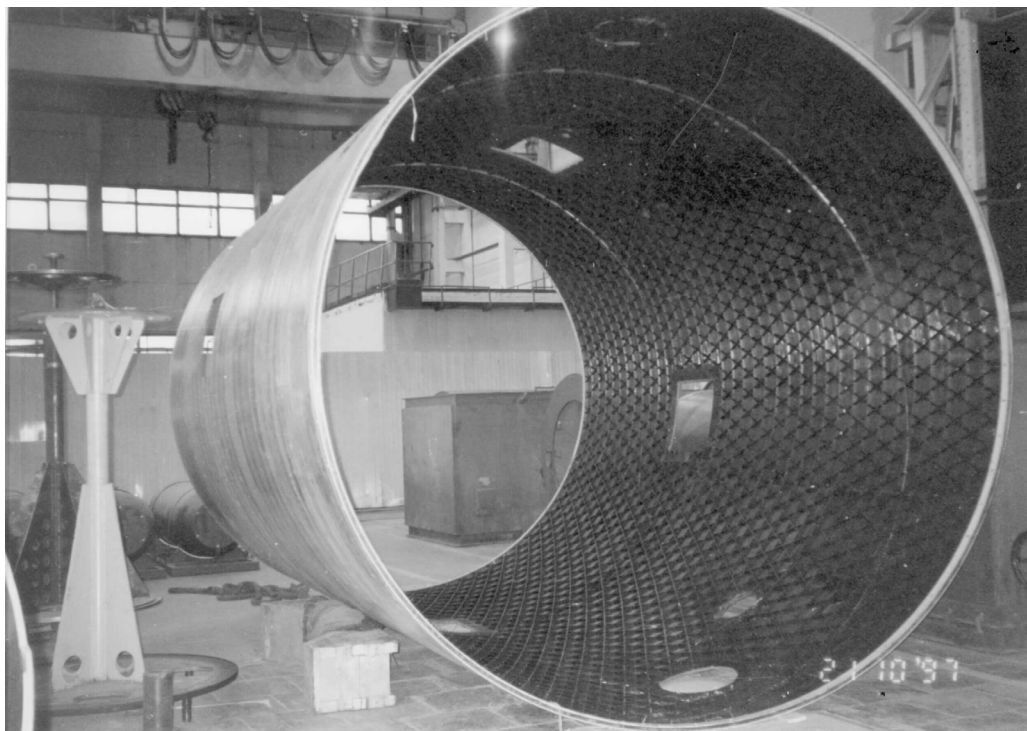
Слайд 25

ПРИЛОЖЕНИЯ

Космические конструкции

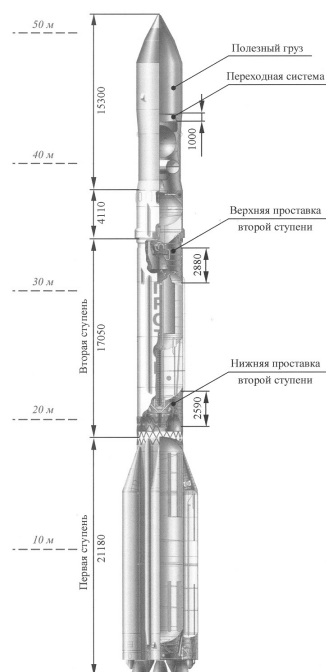


Слайд 26



Слайд 27

Протон-М



Слайд 28

Испытания панели



Слайд 29

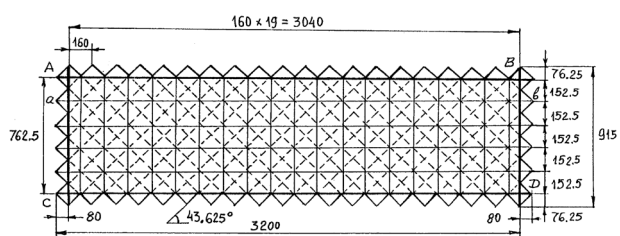
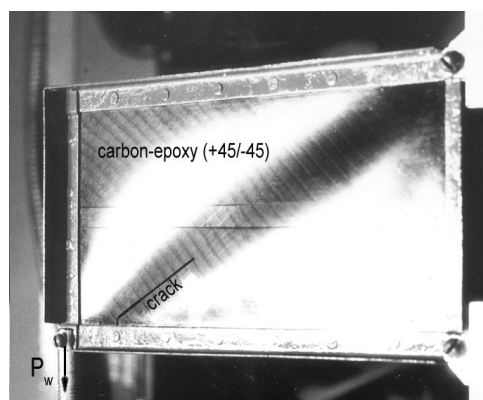
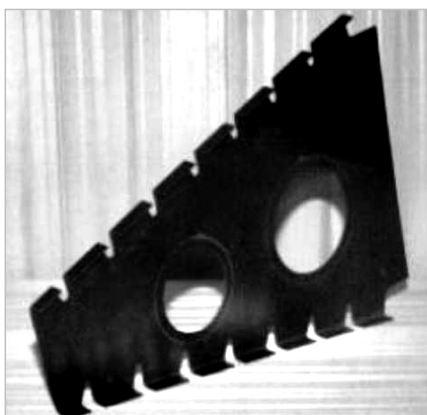
Авиационные конструкции

Секция фюзеляжа ИЛ-114

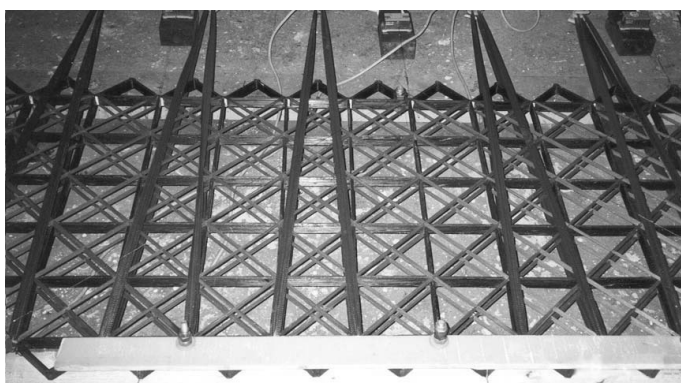
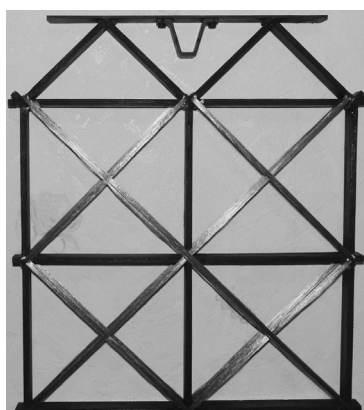


Слайд 30

Нервюра



Слайд 31



Слайд 32

Серджио Чиеза, Николе Виола “Усовершенствованные сверхлегкие и беспилотные самолеты, изучаемые в Политехническом Институте г. Турина ”

Презентация Серджио Чиеза, Николе Виола

“Усовершенствованные сверхлегкие и беспилотные самолеты, изучаемые в Политехническом Институте г. Турина ”

8th European Workshop on Aircraft Design Education (EWADE 2007)	SAMARA STATE AEROSPACE UNIVERSITY 30.05. - 02.06.2007	
Усовершенствованные сверхлегкие и беспилотные самолеты, изучаемые в Политехническом Институте г. Турина		
♣ Sergio CHIESA – Full Professor, A.S.S.E.T. ♣ Sabrina CORPINO – Assistant Professor, A.S.S.E.T. ♣ Nicole VIOLA – Researcher, A.S.S.E.T. ♣ Marco FIORITI – Ph.D. Student, A.S.S.E.T.		A: Aero S: Space S: System E: Engineering T: Team

Слайд 1

PRE-DESIGN TECHNICAL STUDIES	
	Landing gear still to be defined
Sergio CHIESA	10

Слайд 10

Сержио Чиеза, Николе Виола “Усовершенствованные сверхлегкие и беспилотные самолеты, изучаемые в Политехническом Институте г. Турина ”

Практически та же конструкция (несколько лет назад):

[Aceair](#) AERIKS 200 - швейцарский спортивный самолет крайне необычной конструкции. Он представлен в виде макета. AERIKS 200 имеет хорошо обтекаемый фюзеляж пулевидной формы, Т-образную схему оперения и большой подфюзеляжный киль, толкающий воздушный винт. Пассажир и пилот сидят друг за другом. Самолет имеет неподвижные стойки шасси.



Статус проекта

Проект Aceair прекратил существование в 2004 году. Это произошло из-за того, что компания Diamond Engines прекратила выпуск роторных двигателей, **которые должны были использоваться на [Aceair](#).**

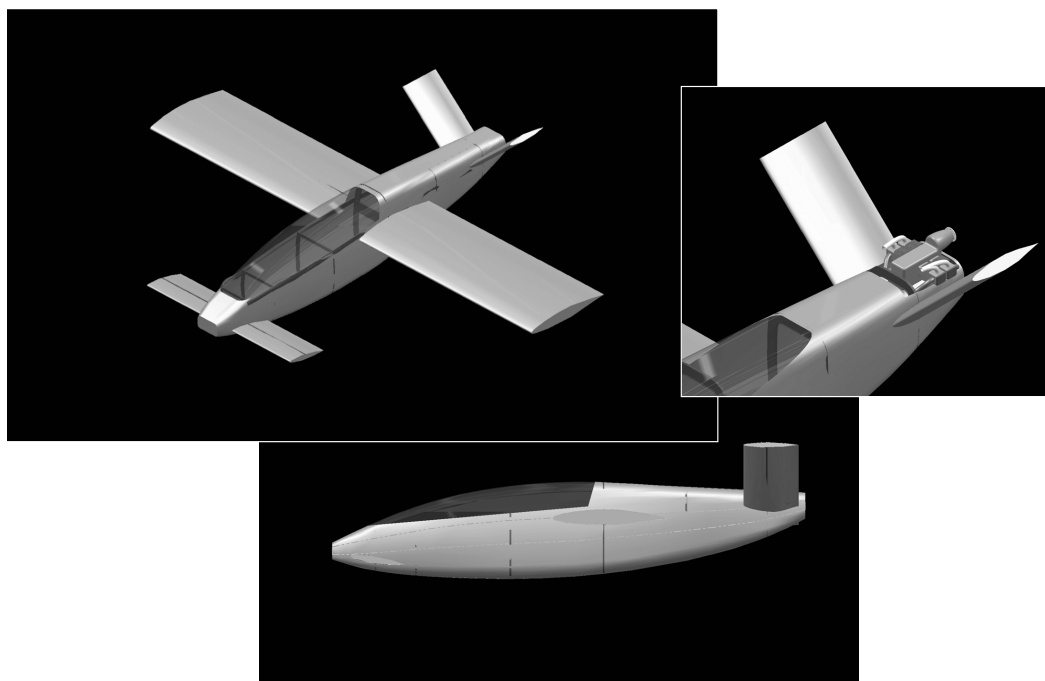
Наше исследование не зависит от двигателя !

Sergio CHIESA

14

Слайд 14

Изучение алюминиевой модификации



Sergio CHIESA

22

Слайд 22

Презентация Ярослава Юрака
“Научно-исследовательские проекты как поддержка образования”

Технологический Университет города Брно



Научно-исследовательские проекты как поддержка образования

Jaroslav Juracka, Assoc. Prof., Eng., Ph.D.

juracka@fme.vutbr.cz

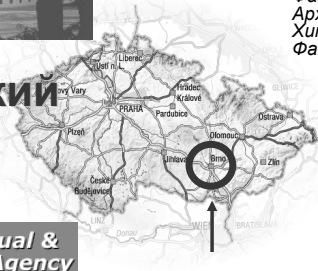
<http://lu.fme.vutbr.cz>

Слайд 1

www.vutbr.cz



**Технологический
Университет
г. Брно**




Основан в 1899 году и является вторым среди старейших и наиболее крупных технических университетов в Чехии

16.000 студентов
2.473 сотрудников (1.015 преподавателей)

8 факультетов
 Факультет гражданского строительства
 Факультет машиностроения
 Факультет электроники и связи
 Факультет информационных технологий
 Факультет бизнеса и управления
 Архитектурный факультет
 Химический факультет
 Факультет изобразительных искусств



**Education, Audiovisual &
Culture Executive Agency**

Слайд 3

ИНСТИТУТ САМОЛЕТО- И РАКЕТОСТРОЕНИЯ



Образовательная деятельность

- Бакалавриат (Bc.)
 - Школа пилотов гражданской авиации
- Магистратура (Ing.)
 - Самолетостроение
 - Космический транспорт
- Аспирантура (Ph.D.)

Направления научной и исследовательской деятельности

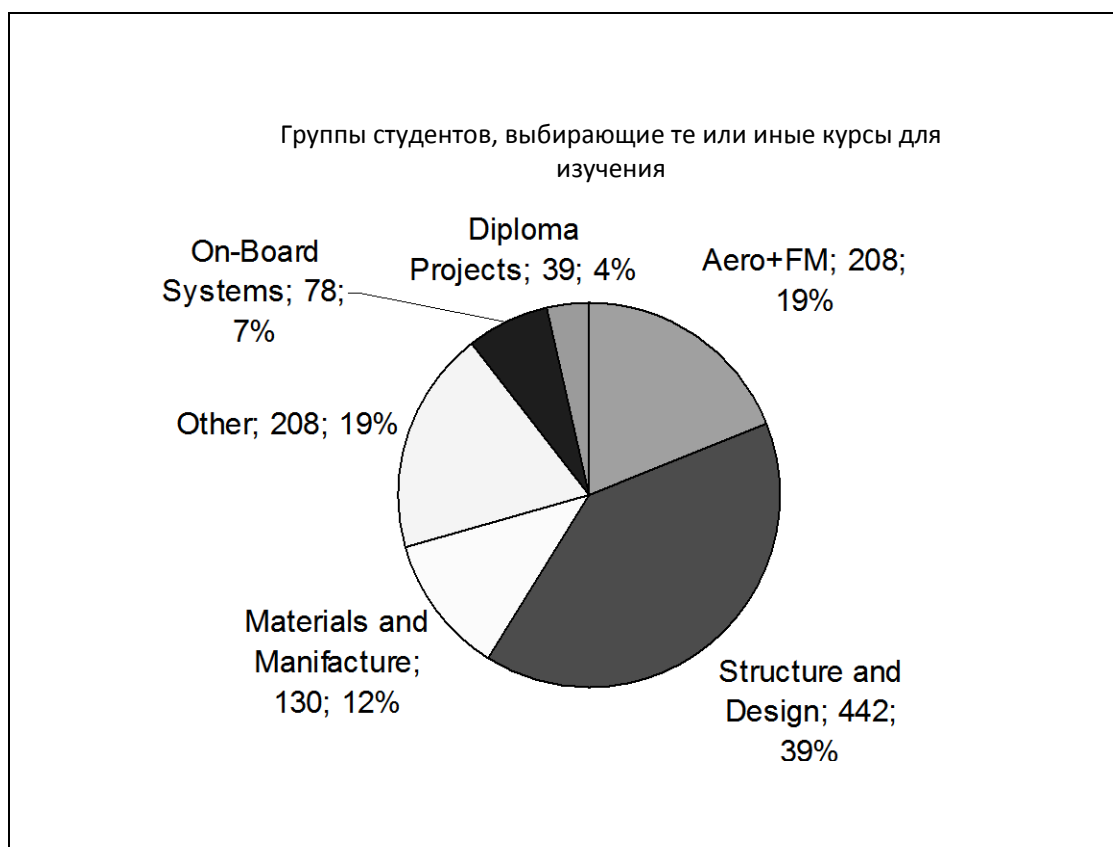
- Аэродинамические расчеты
- Прочностные расчеты
- Проектирование и компьютерное моделирование самолетных конструкций
- Статические и динамические испытания авиационных конструкций

Слайд 4

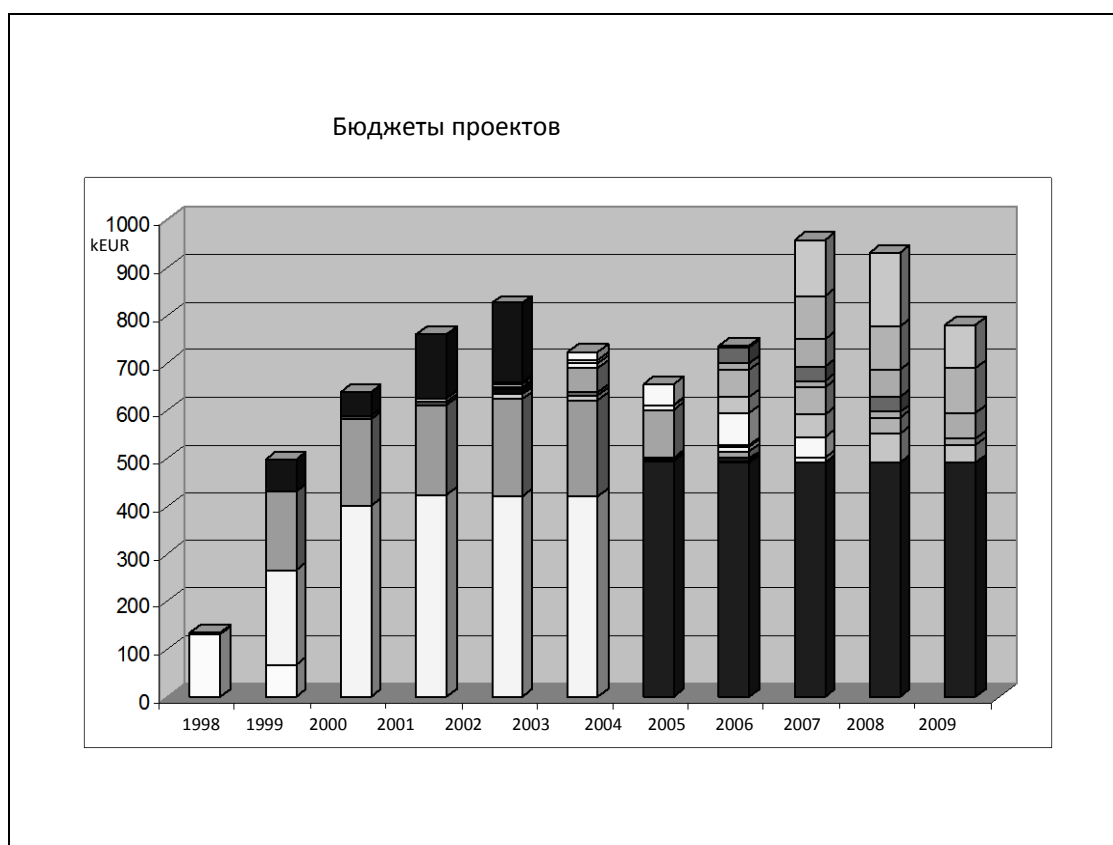
Учебный план для обучающихся в магистратуре (Ing.) по специальности «самолетостроение»

		1. year		2.
		winter semester	summer semester	winter semester
Aircraft Propulsion	Aircraft Propulsion			
Aviation Law and Regulations	Aviation Law and Regulations			
Reliability and Maintainability of Aircraft	Reliability and Maintainability of Aircraft			
In-Flight Experiments	In-Flight Experiments			
Semester Project	Semester Project			
<i>facultative lectures</i>				
Principles of Space Flight	Principles of Space Flight			
English in Aviation	English in Aviation			
English in Aviation	English in Aviation			
Aeroplane Propellers	Aeroplane Propellers			
Helicopters	Helicopters			
Aeroacoustics	Aeroacoustics			
Aircraft Testing	Aircraft Testing			
Diploma Seminar (M2325)	Diploma Seminar (M2325)			
Diploma Project (M2325)	Diploma Project (M2325)			

Слайд 9



Слайд 10



Слайд 12

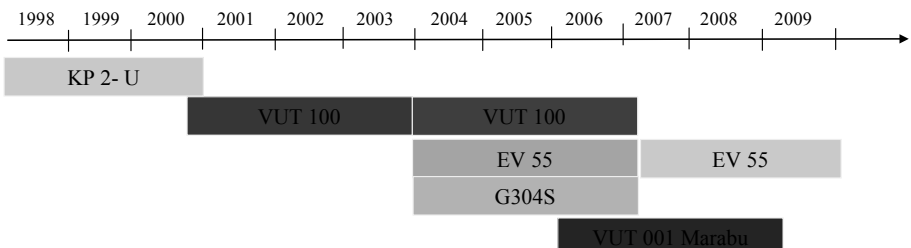


J.A.Komensky:

„Лучше один раз увидеть, чем сто раз услышать.“

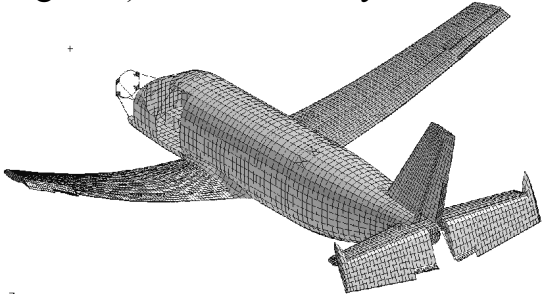
Слайд 19

Aircraft Design and Structure



FEM (MSC.Nastran, Dytran, Fatigue....) => nonlinearity

- landing gears
- aircraft aeroelasticity

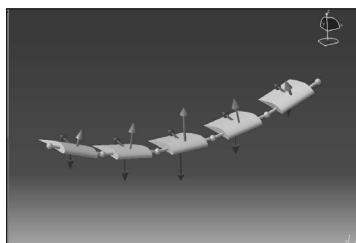
Слайд 20

Презентация Балаша Гати

“Проект открытой бортовой платформы для испытаний”

Balázs GÁTI

Проект открытой бортовой платформы для испытаний



1. NASA/AeroVironment Helios
2. Многодельная модель
3. Верификация модели
4. Открытая бортовая система для испытаний
5. Упругая модель с дистанционным управлением

Слайд 1

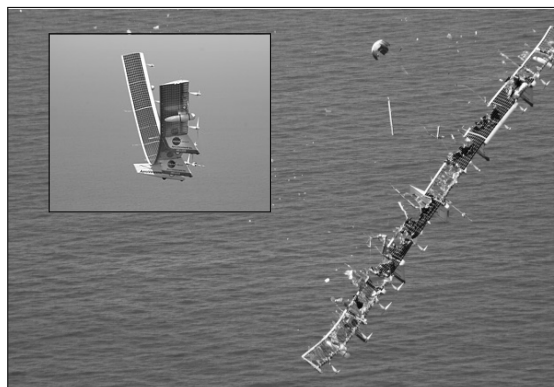
HALE UAV: Helios



Жесткость – Упругость – Гибкость

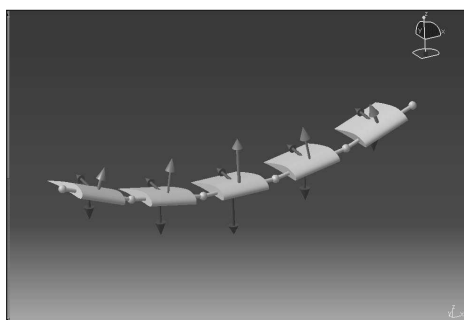
Основная причина 1:
„Отсутствие
адекватных методов
анализа приводит к
неточным оценкам риска

*Noll-Brown-Perez-Davis-Ishmael-Tiffany-Gaier:
 Investigation of the Helios Prototype Aircraft Mishap
 January 2004*



Слайд 2

Система уравнений



Уравнение импульсов:

$$m_i \cdot [\dot{V}_i + \Omega_i \times V_i] =$$

$$= \underline{M}_{iG} \cdot \underline{G}_i + \underline{M}_{iAi} \cdot \underline{R}_i - \underline{M}_{iG} \cdot \underline{M}_{GL} \cdot \underline{L} \cdot \underline{CF}_{iL}$$

$$+ \underline{CF}_{iR}$$

Уравнение моментов:

$$\underline{I}_{ii} \cdot \dot{\Omega}_i + \underline{I}_{ii} \cdot \Omega_i \times \Omega_i =$$

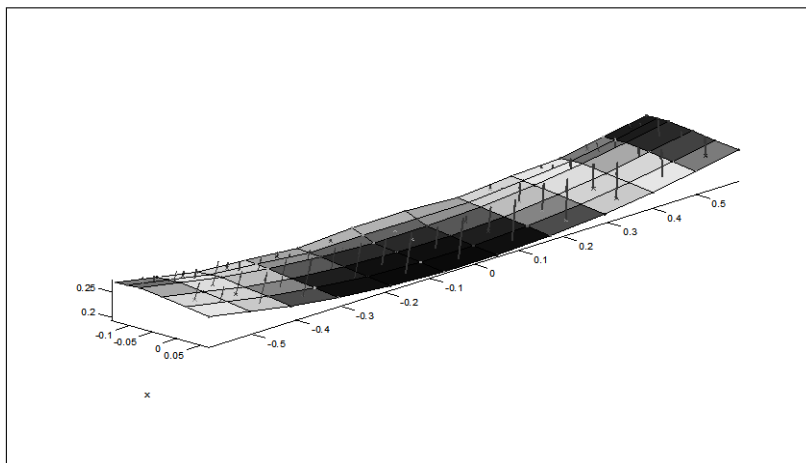
$$= - \underline{r}_{iCL} \times \underline{M}_{iG} \cdot \underline{M}_{GL} \cdot \underline{L} \cdot \underline{CF}_{iL} +$$

$$+ \underline{r}_{iCR} \times \underline{CF}_{iR} - \underline{M}_{iG} \cdot \underline{M}_{GL} \cdot \underline{L} \cdot \underline{CM}_{iL} +$$

$$+ \underline{CM}_{iR} + \underline{r}_{iACi} \times (\underline{M}_{iAi} \cdot \underline{R}_i) + \underline{M}_i$$

Слайд 3

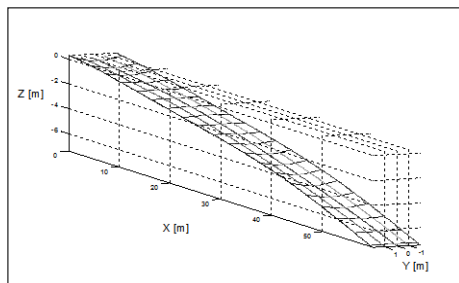
Панельный метод



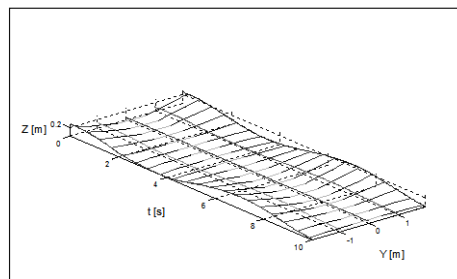
Панельный метод,
основанный на использовании рамочных вихрей

Слайд 4

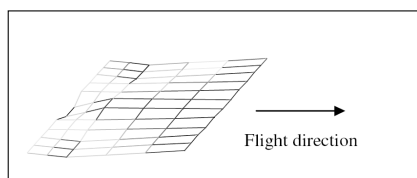
Первые результаты



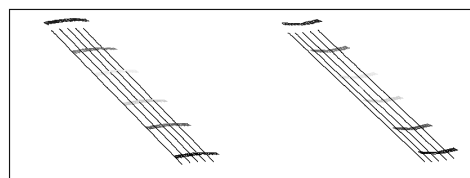
Flight path



Деформация в полете



Кручение крыла, обусловленное отклонением поверхности управления



Различное распределение веса

Слайд 5

Контроль

Стоимость в случае повреждения:

- 2 дня
- 20 EUR

Слайд 6

Балаш Гати “Проект открытой бортовой платформы для испытаний”

Проект Az OpenAir

Balogh, M. - sensors, telemetry

Chikány, D. - composite technology

Gáti, B. - flight mechanics

Kulcsár, B. - control

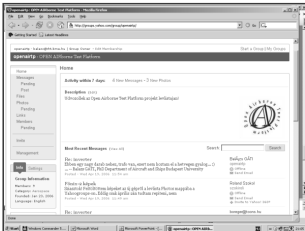
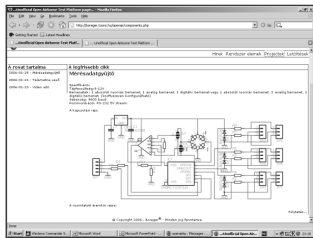
Pató, B. - morphology

Rédei, T. - installation aerodynamics

Somos, M. - Vortex panel method

Szokol, R. - RC model

Tóth, Cs. - telemetry

Слайд 7



Упругие модели с дистанционным управлением



Упругое крыло

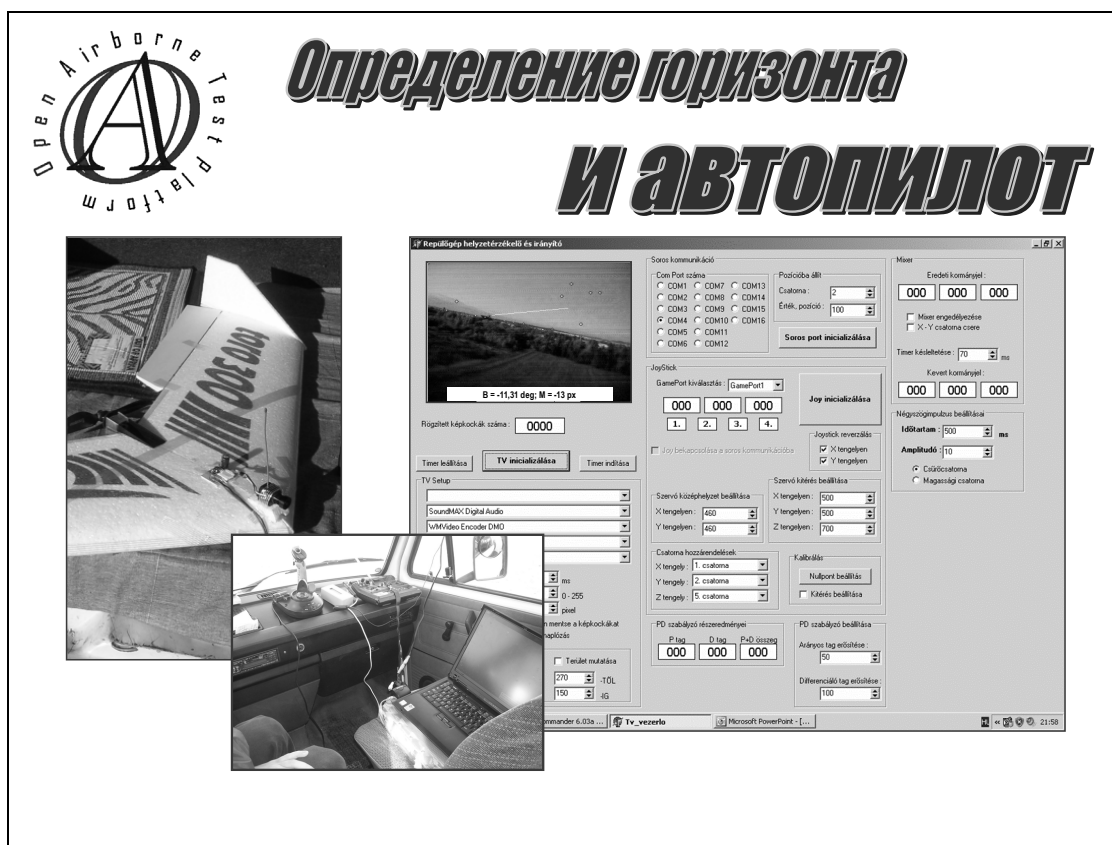


Модель для испытания электроники

Слайд 8



Слайд 9



Слайд 10



Слайд 11



Слайд 12



Слайд 13



Слайд 14

Презентация Эгберта Торенбика

“Самолеты с плавным переходом от крыла к фюзеляжу (схема BWB) и самолеты схемы «Летающее крыло»”

Самолеты с плавным переходом
от крыла к фюзеляжу (схема BWB)
и самолеты схемы «Летающее
крыло»

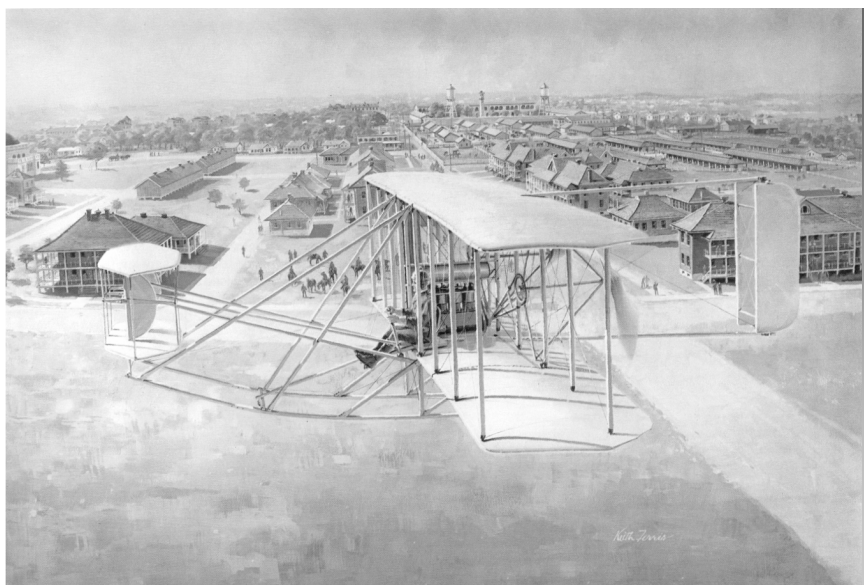
Эгберт Торенбик

European Workshop on Aircraft Design Education
(EWADE)

Samara, Russia, May/June 2007

Слайд 1

Самолет братьев Райт(1910)



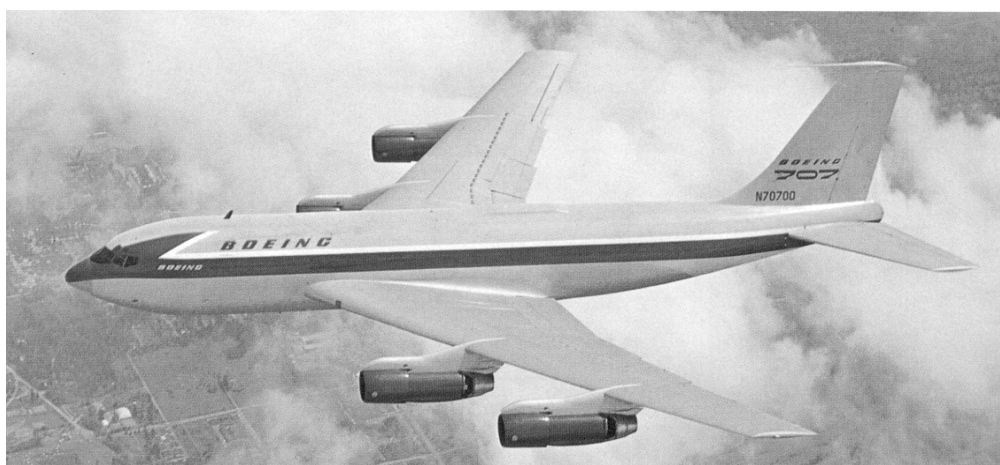
Слайд 2

PIAGGIO P-180 AVANTI (1986)



Слайд 3

Доминирующая схема самолетов



BOEING 707 (1954)

Слайд 4

Дримлайнер



BOEING 787 (2007)

Слайд 5

Эффективность преобразования энергии топлива

Пассажиро-километр на литр горючего:
$$\frac{H \eta L/D}{W_{to} / N}$$

- H - теплота от сгорания литра топлива
 η - эффективность преобразования энергии
 L/D - аэродинамическое качество
 W_{to}/N - полный вес самолета по отношению к числу пассажиров

Слайд 6

Основные варианты схем

Первичные

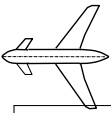
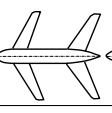
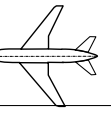
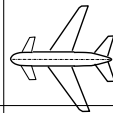
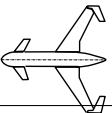
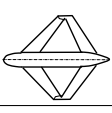
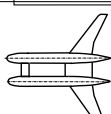
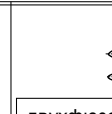
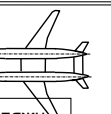
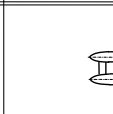
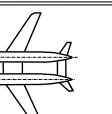
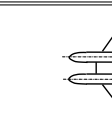
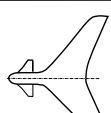
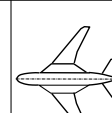
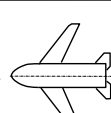
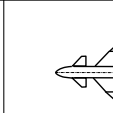
- Количество и продольное расположение несущих поверхностей
- Расположение полезных объемов (полезн. нагрузка, топливо) в крыле и фюзеляже (фюзеляжах)
- Класс силовой установки (турбовентиляторная, турбовинтовая,...)

Вторичные

- Вертикальное расположение несущих поверхностей
- Расположение двигателей

Слайд 7

Матрица Схем

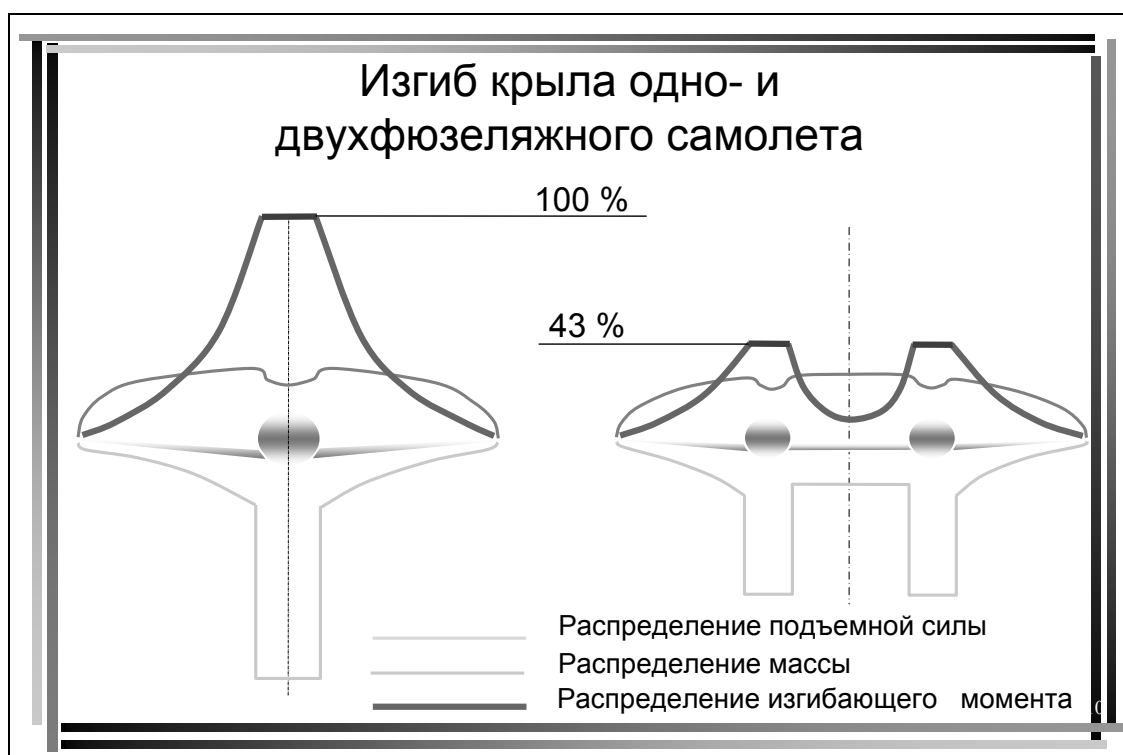
					
утка	тандем	классическая	three-surface	объед. крыло	бесхвостка
					
	двухфюзеляжн.				
					
		с С-образным крылом			BWB
					
					Летающее крыло

DASA (modified)

Слайд 8



Слайд 9



Слайд 10

Уменьшение веса при применении двухфюзеляжной схемы

Масса , kg	Традиц. схема	Двухфюзеляжн.	Δ %
максимальный взлётный вес	155,000	134,000	-13.5
максимальный посадочный вес	128,000	113,000	-11.7
максимальная масса без топлива	120,000	106,000	-11.7
масса пустого ЛА	84,000	70,000	-16.7
полезная нагрузка (предел)	36,000	36,000	0
запас топлива на 8,000 km	40,715	34,245	-15.9
располагаемая тяга, kN	2x222.5	2x178.0	-20.0

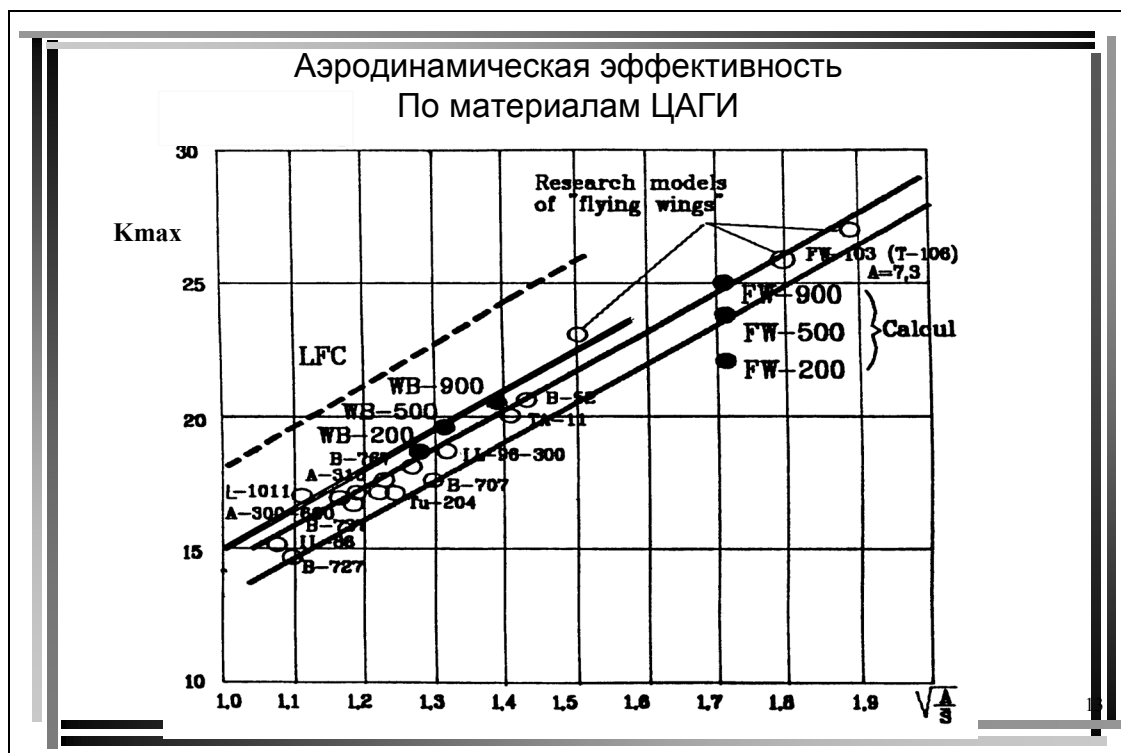
Слайд 11

Аэродинамическая эффективность

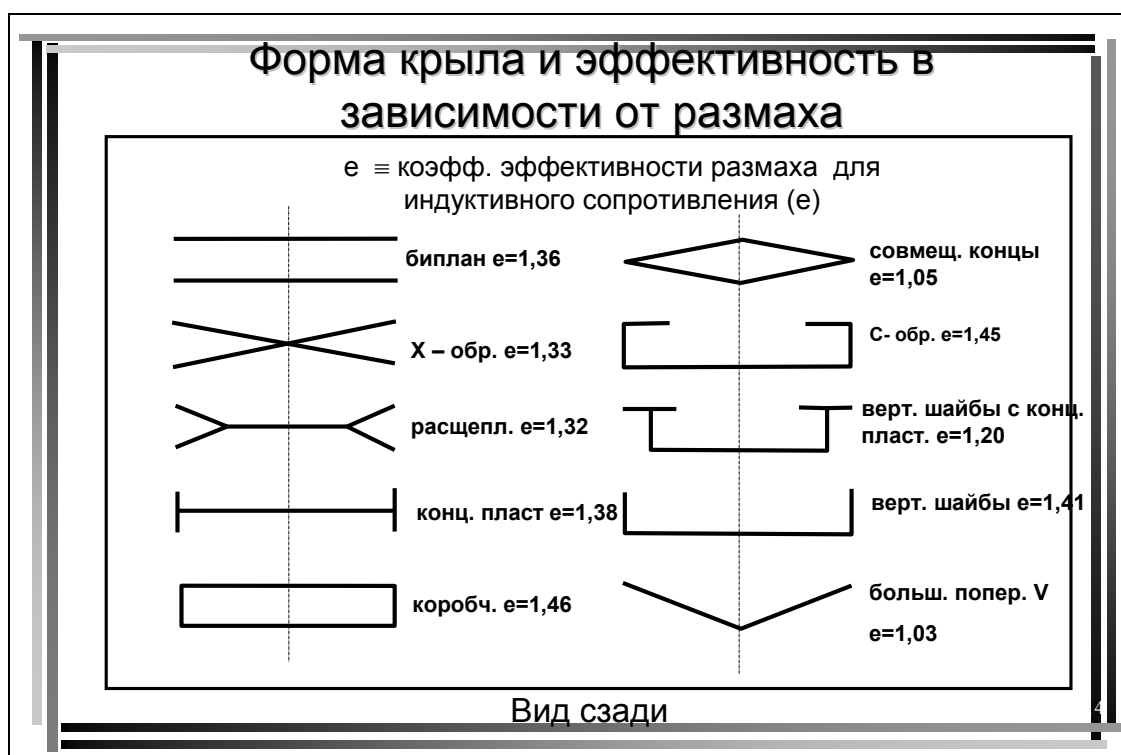
$$K_{\max} = \frac{1}{2} \frac{b}{\sqrt{S_{\text{wet}}}} \sqrt{\frac{\pi e}{C_{D_{\text{wet}}}}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\pi A e}{(C_D S)_{\text{wet}}/S}}$$

- b - размах крыла
 e - коэффициент Освальда
 S_{wet} - полная площадь смачиваемой поверхности в потоке
 $C_{D_{\text{wet}}}$ - коэффициент лобового профильного сопротивления, зависящий от площади смачиваемой поверхности S_{wet}

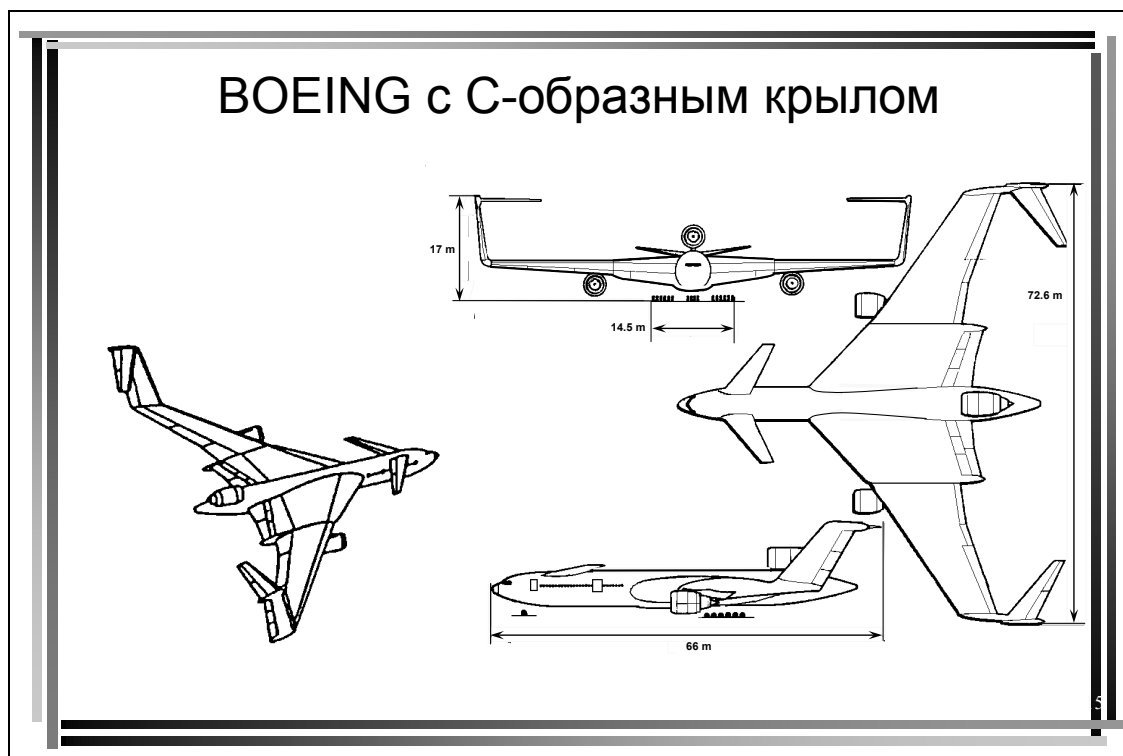
Слайд 12



Слайд 13



Слайд 14

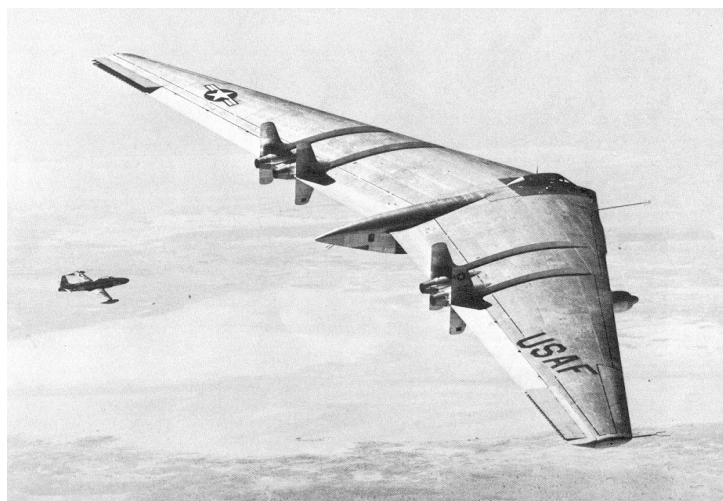


Слайд 15



Слайд 16

NORTRHOP YRB - 49A (1950)

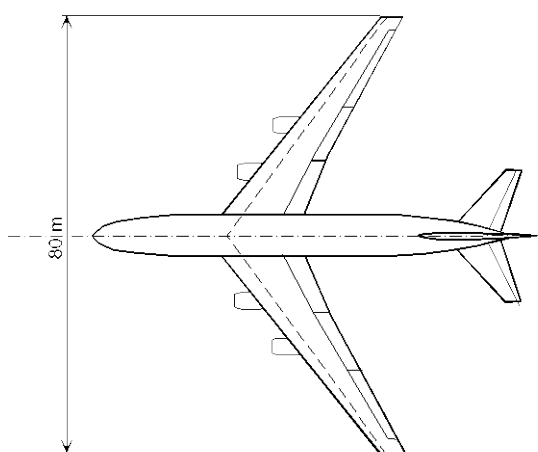


Уже давно признано, что «летающее крыло» с реактивными двигателями является неудачным вариантом для схемы самолета, предназначенного для полетов на большие дальности (J.V.Foa 1984)

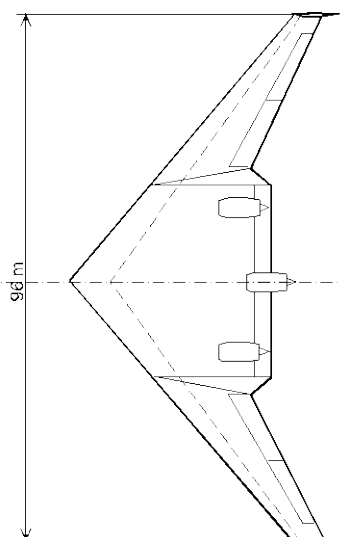
Слайд 17

Сравнение традиционной схемы и схемы «летающее крыло»

Полезный объем $2,000 \text{ m}^3$, $M = 0.82$

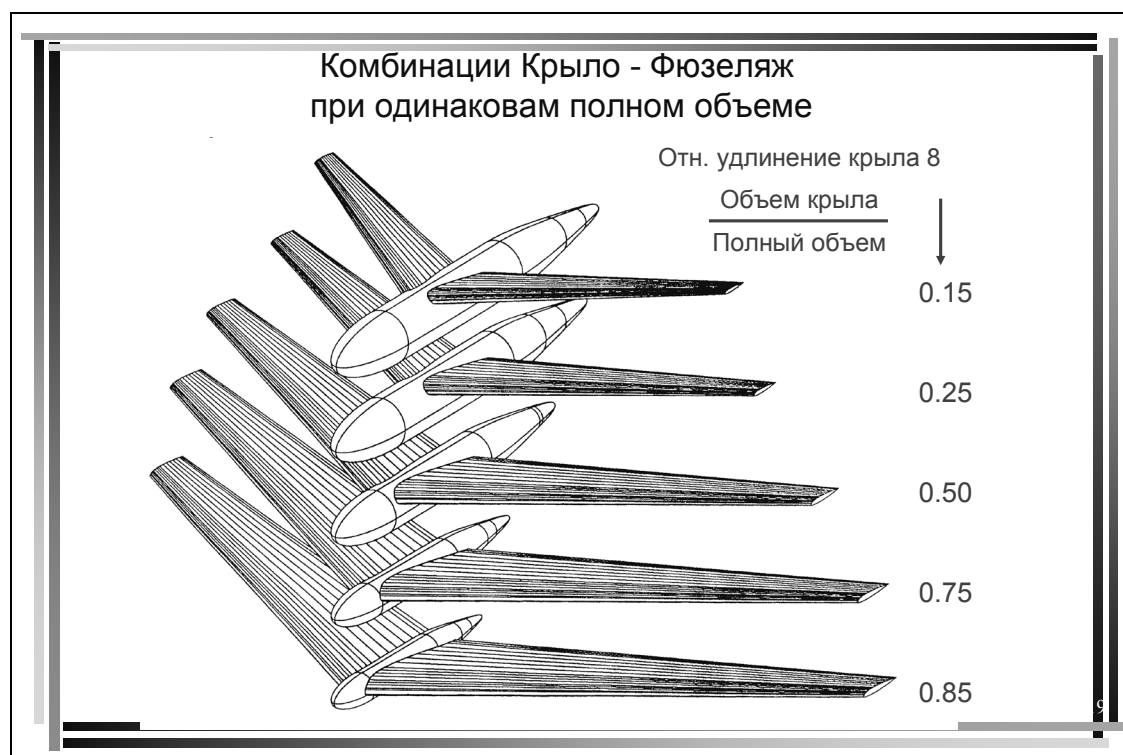


Традиционная схема, $K_{\max} = 20.6$



Летающее крыло, $K_{\max} = 25.7$

Слайд 18



Слайд 19

Основные допущения

- Комбинации Крыло/Фюзеляж сравниваются при постоянных полном полезном объеме и весе
- Аэродинамические характеристики при крейсерской скорости использовались в качестве сравнительного критерия для оценки различного распределения объема
- Сопротивление, обусловленное наличием хвостового оперения, интерференцией, неровностями и наплывами учитывалось в виде соответствующих коэффициентов
- Сопротивление от силовой установки учтено путем уменьшения располагаемой тяги

Слайд 20

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Отношение распределений объемов, X

$$X = \frac{\text{USEFUL VOLUME INSIDE WING}}{\text{TOTAL USEFUL VOLUME}} = \frac{Q_w}{Q_{\text{tot}}}$$

BODY VOLUME:

$$Q_b = (1 - X) Q_{\text{tot}} = \left(\frac{1}{X} - 1\right) Q_w \quad ; \quad 0 < X \leq 1$$

FLYING WING, THEORETICALLY: X = 1

APPROXIMATION FOR "WET" WINGS:

$$X \approx \frac{\text{VOLUME WING FUEL TANKS}}{\text{VOLUME (tanks + cabin + freighthold)}}$$

TYPICAL VALUES FOR CONVENTIONAL LONG-RANGE JET TRANSPORTS:

X = 0.15 TO 0.20

Размерный фактор k_{bw}

$$k_{bw} = \frac{\bar{C}_{D_b}}{\bar{C}_{D_w}} \left(\frac{\eta_w}{\eta_b} \right)^{2/3}$$

b = BODY
w = WING

$$\bar{C}_D = \frac{\text{ZERO-LIFT DRAG AREA}}{(\text{ENCLOSED VOLUME})^{2/3}} = \frac{C_D S}{Q^{2/3}}$$

$$\eta_w, \eta_b = \frac{(\text{NET}) \text{ USEFUL VOLUME}}{(\text{GROSS}) \text{ ENCLOSED VOLUME}}$$

TYPICAL NUMERICAL VALUE: $k_{bw} = 1/4 \text{ TO } 1/3$

PHYSICAL MEANING:

$$k_{bw} = \frac{\text{BODY (PARASITE) DRAG}}{\text{WING (PROFILE) DRAG}} \quad \text{for } Q_w = Q_b$$

Крыло имеет в три или четыре раза большее сопротивление по сравнению с фюзеляжем того же объема. Это обусловлено более благоприятным отношением смачиваемой поверхности к объему для тел вращения, по сравнению с двухразмерным крылом.

Слайд 21

Аэродинамическое Качество

$$\frac{C_D}{C_L} = \frac{C_{D_p}}{C_L} \left[1 + k_{bw} \left(\frac{1}{X} - 1 \right)^{2/3} \right] + \beta C_L$$

WHERE C_{D_p} = WING PROFILE DRAG COEFFICIENT

$$\beta = d C_{D_p} / d (C_L^2)$$

FOR GIVEN

- * ALL-UP WEIGHT
- W
- * DYNAMIC PRESSURE
- q = 1/2 ρ V²
- * TOTAL VOLUME
- Q_{tot}

THE LIFT COEFFICIENT IS:

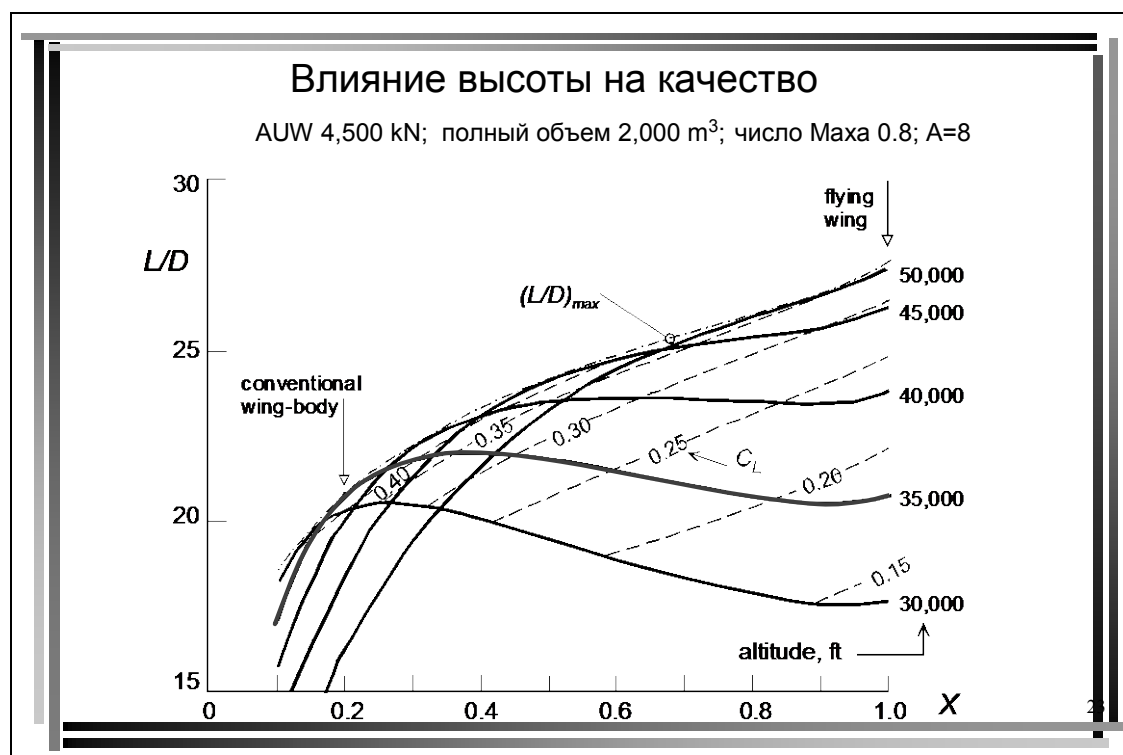
$$C_L = C_{L_{X=1}} X^{-2/3}$$

WHERE $(C_L)_{X=1}$ DENOTES THE LIFT COEFFICIENT OF A FLYING WING WITH VOLUME Q_{tot}

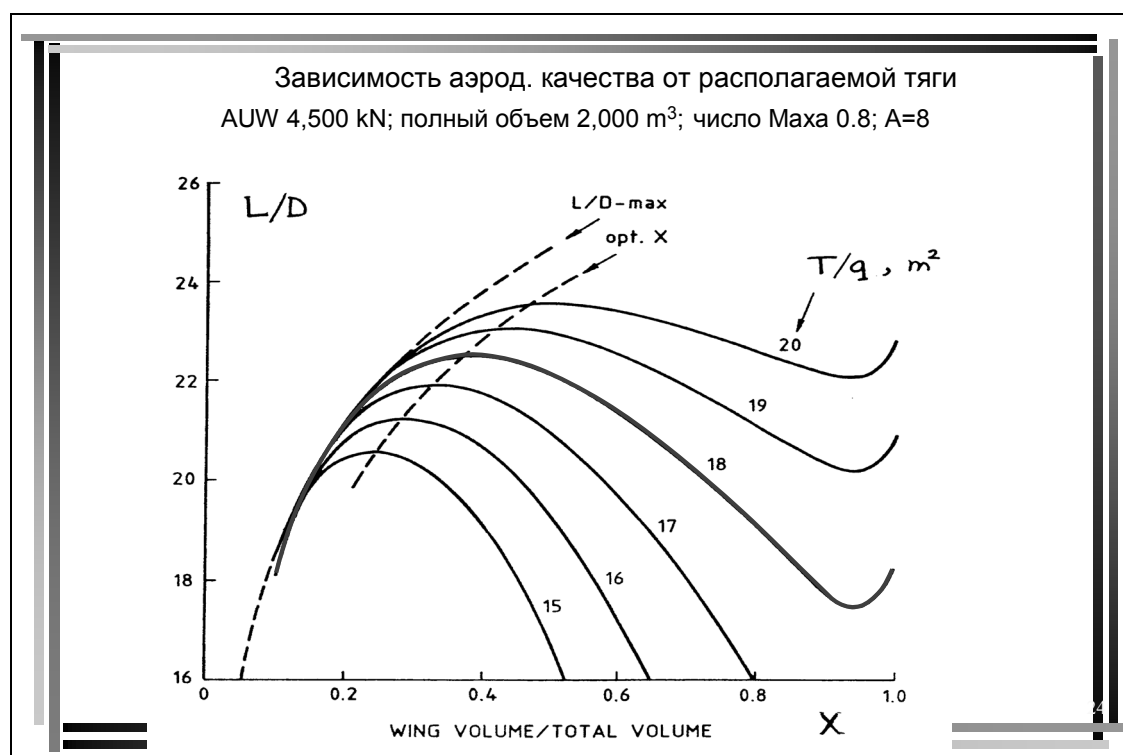
HENCE THE LIFT/DRAG RATIO IS OBTAINED FROM:

$$\frac{C_D}{C_L} = \frac{C_{D_p}}{C_{L_{X=1}}} \left[X^{2/3} + k_{bw} (1 - X)^{2/3} \right] + \beta C_{L_{X=1}} X^{-2/3}$$

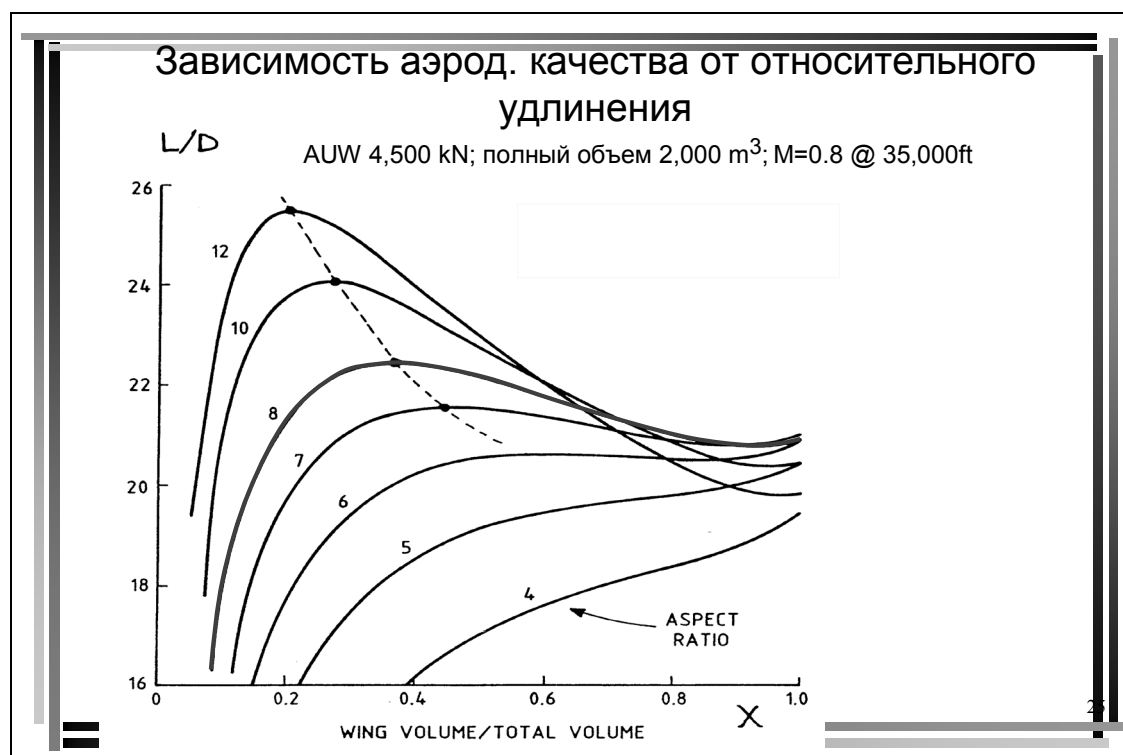
Слайд 22



Слайд 23



Слайд 24



Слайд 25

Первоначальные замечания

- Для данных условий полета наибольшее значение качества получается или для «летающего крыла», или для дискретной конфигурации крыло/фюзеляж
- Для определенной располагаемой тяги наибольшее значение качества в основном достигается для конфигурации крыло/фюзеляж
- Относительное удлинение оказывает значительное влияние на аэродинамическое качество схем крыло/фюзеляж
- «Летающее крыло» не выигрывает от высоких значений относительного удлинения

Слайд 26

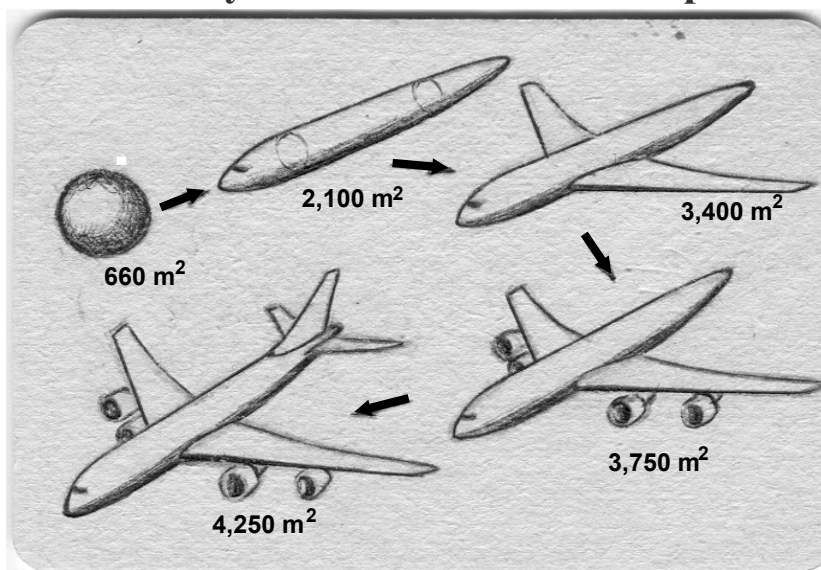
Летающее крыло

- Отношение вместимости к площади смачиваемой поверхности имеет худшее значение по сравнению с традиционной схемой ЛА
- На типичной околозвуковой высоте и скорости, самолет схемы «летающее крыло» не достигает наибольшего аэродинамического совершенства
- Наилучшие характеристики достигаются на больших высотах и при малых скоростях
- Большое относительное удлинение бесполезно

27

Слайд 27

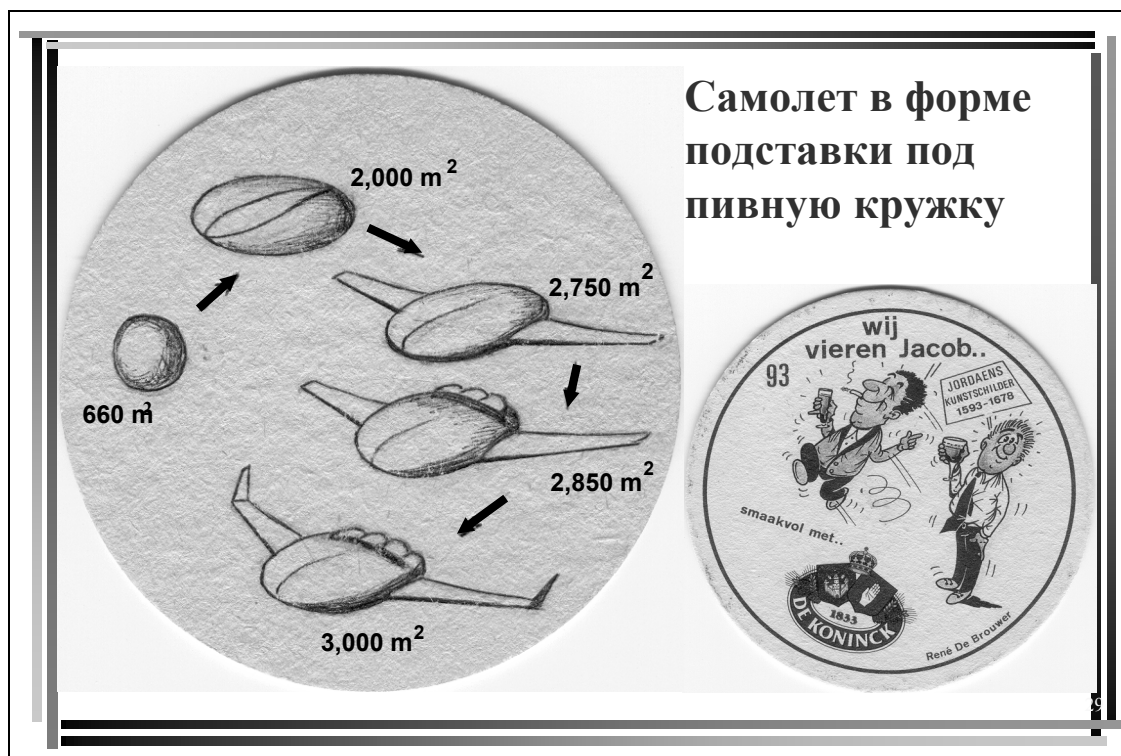
Получение самолета из шара



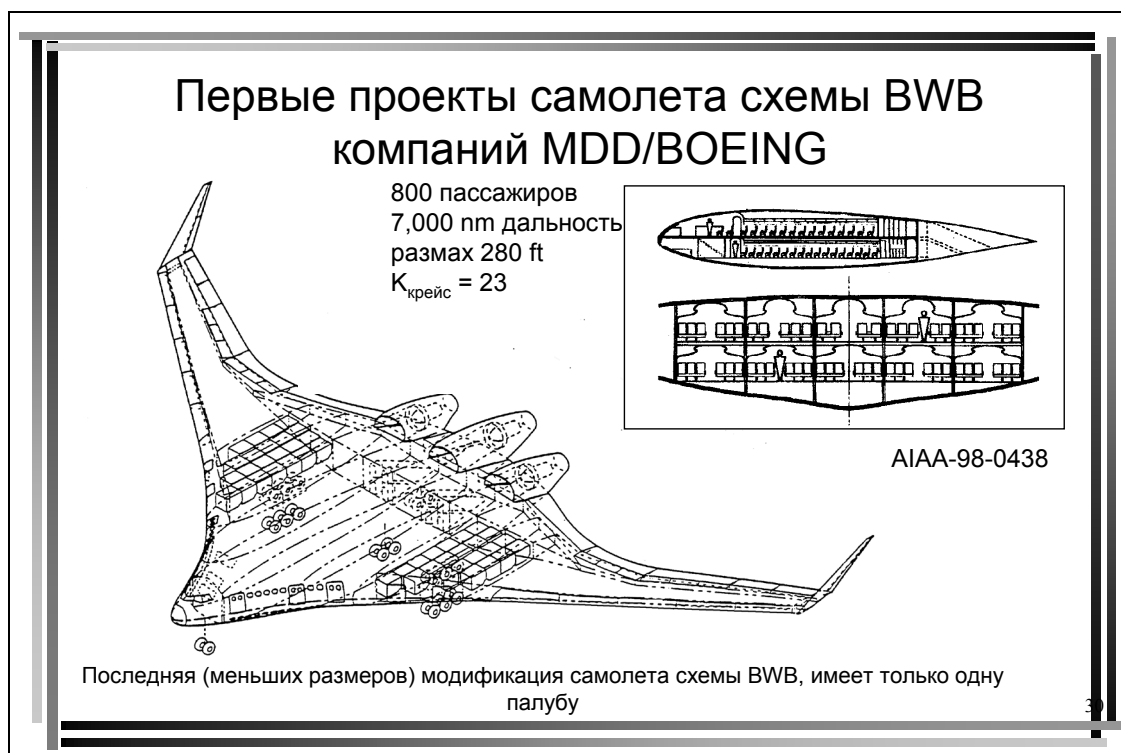
28

Слайд 28

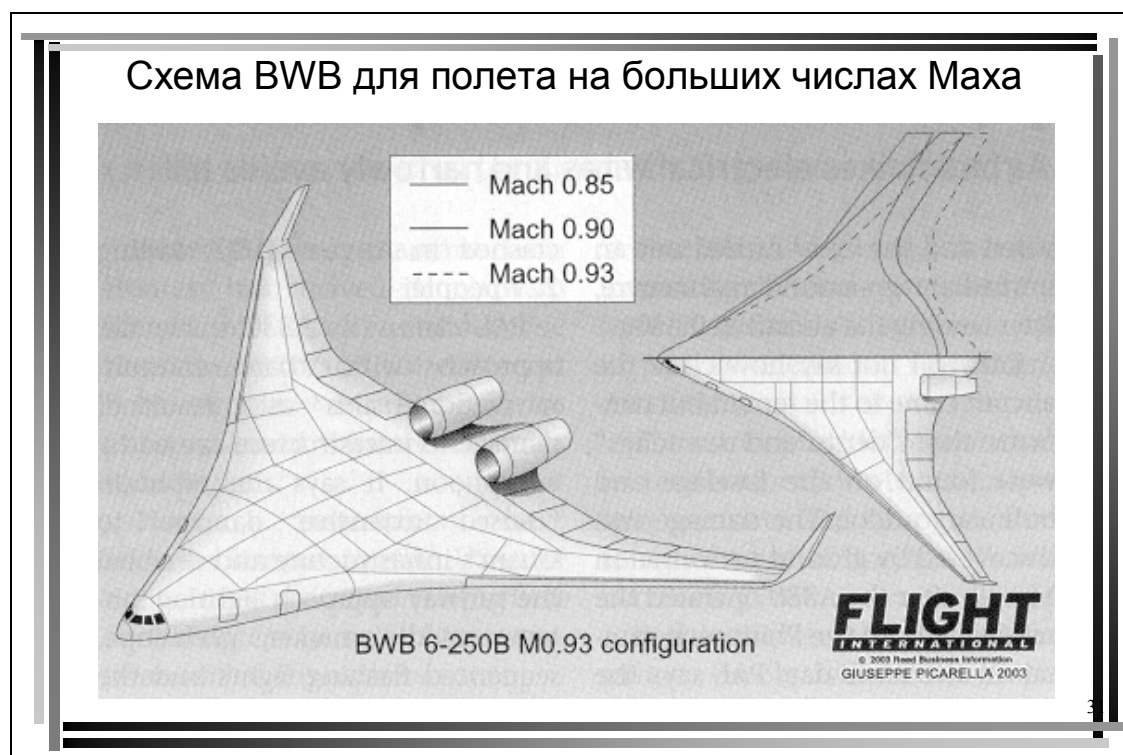
Эгберт Торенбик “Самолеты с плавным переходом от крыла к фюзеляжу (схема BWB) и самолеты схемы «Летающее крыло»”



Слайд 29



Слайд 30



Слайд 31

Комплексность расположения основных компонентов самолета схемы BWB

- Форма пассажирской кабины, расположение грузового отсека и топливного бака, сильно взаимосвязаны
- Фюзеляж также является крылом и поверхностью управления в канале тангажа; двигатели могут быть спрятаны внутрь
- Вертикальные поверхности обеспечивают продольную устойчивость и управляемость, и действуют как вертикальные шайбы
- Такая комплексность уменьшает полную смачиваемую поверхность на 30%, по сравнению с традиционным расположением и одинаковой полезной нагрузкой

Слайд 32

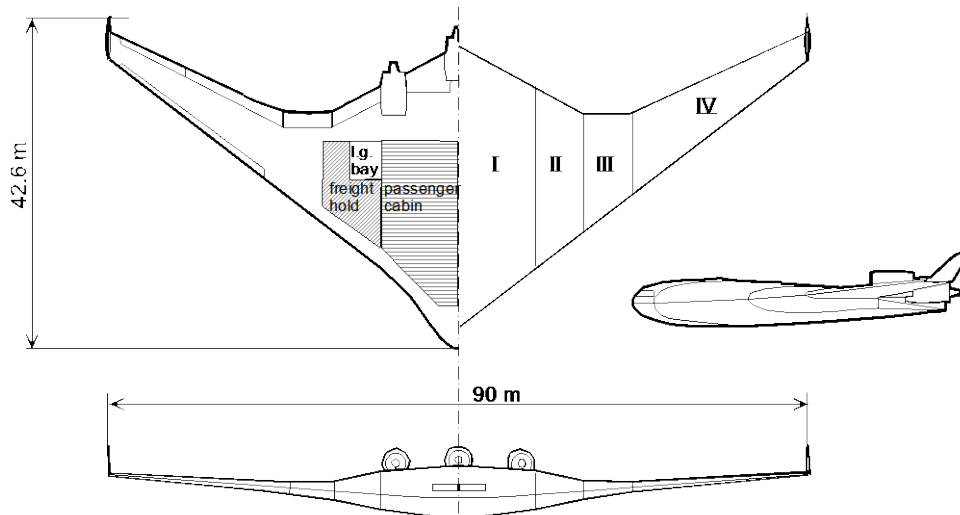
Необычный процесс проектирования самолета схемы BWB

- Взаимодействие базовых дисциплин (Аэродинамика, Конструкция самолетов, Весовое проектирование) необычайно сильное
- Традиционные подходы становятся сомнительными
- Незначительное изменение формы в плане приводит к полной перекомпоновке всего самолета
- Самолет схемы BWB должен быть самоуравновешен, чтобы избежать появления большого балансировочного сопротивления при отклонении управляющих поверхностей

33

Слайд 33

Типичный самолет схемы BWB



34

Слайд 34

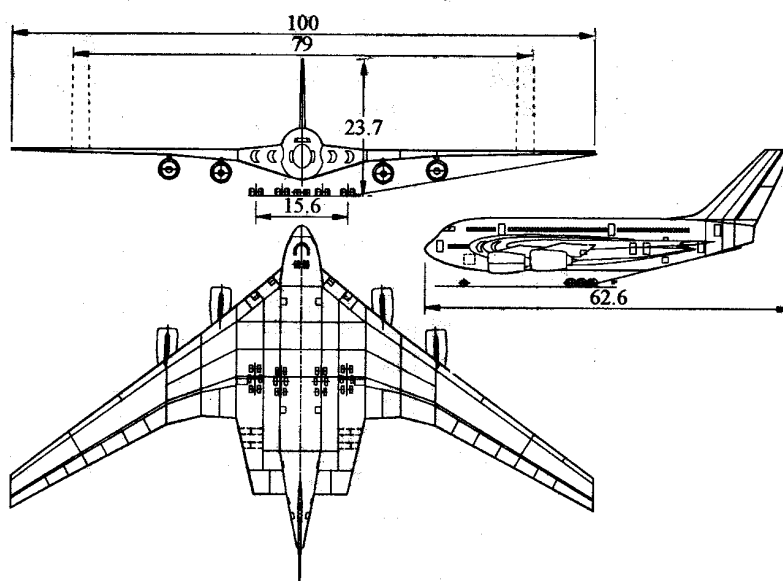
Сложности концепции BWB:

- Конструирование гермокабин из-за их неоптимального сечения
- Растяжение или сжатие должно происходить вдоль размаха в сильно нагруженных и нецилиндрических конструкциях
- Принятие пассажирами кабины без окон и больших углов атаки во время взлета и посадки
- Плавность полета при действии порывов ветра и выполнении маневров
- Необходимы новые правила аварийной эвакуации

35

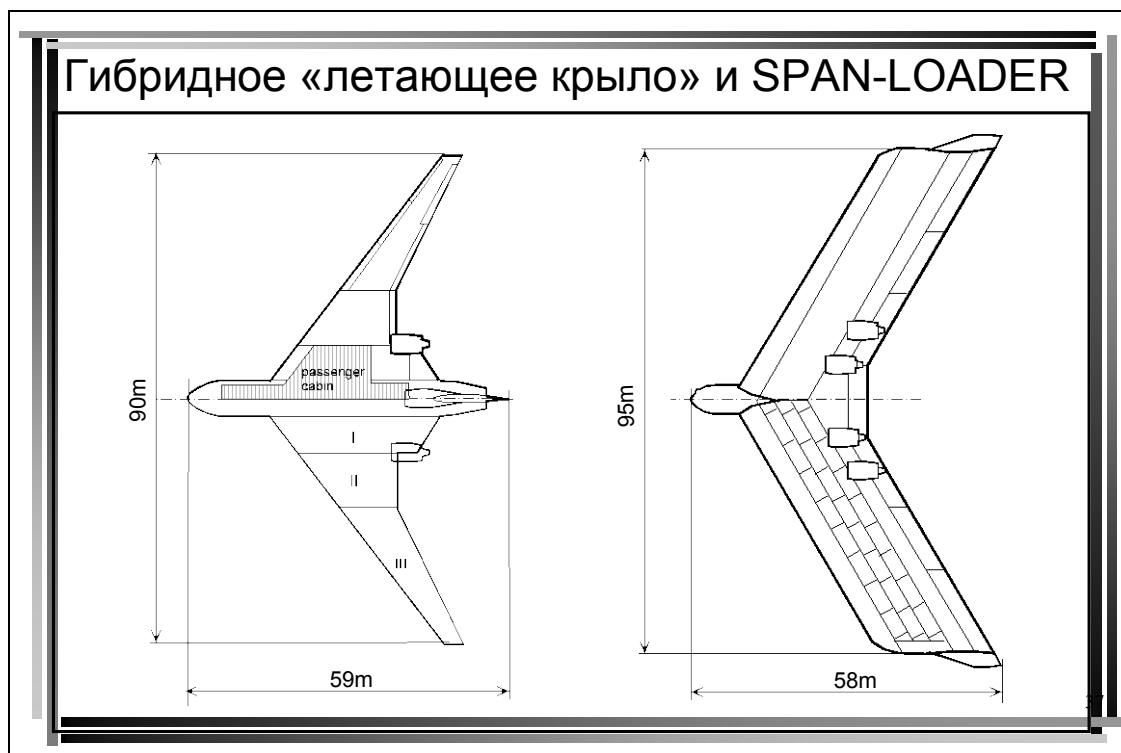
Слайд 35

Гибридная схема от ЦАГИ



36

Слайд 36



Слайд 37

Сравнение 5-ти схем

	Объем м ³	Смачиваемая поверхность м ²	$K_{\max}$ докритич.	C_L крейс	K крейс
традиционная	3,262	3,852	20.6	0.47	19.7
«летающее крыло»	3,319	3,562	25.7	0.24	23.2
BWB	3,025	3,040	26.1	0.28	24.4
Гибридное «лет. крыло»	3,230	3,445	24.5	0.36	22.7
SPANLOADER	6,700	4,800	24.0	0.26	22.1

Приблизительно равные полезная нагрузка, крейсерская
высота и скорость

Слайд 38

Выводы по схеме BWB

- Схема BWB является промежуточной между традиционной схемой и «летающим крылом»
- Схема характеризуется малым относительным удлинением внутренней части крыла, большим относительным удлинением внешней части крыла
- Самолет схемы BWB имеет потенциал для достижения того же или лучшего аэродинамического качества, что и самолет схемы «летающее крыло», имея при этом меньший размах
- Нагружение крыла и условия крейсерского полета хорошо согласованы
- Увеличение качества на крейсерском режиме – вплоть до 25%, а топлива и располагаемой тяги – даже выше

Слайд 39

Есть ли будущее для схемы BWB?

- Попытка промышленной реализации такого проекта повлечет за собой значительные трудности
- Большинство сомнений связано с принятием пассажирами самолета такой схемы
- Очень большой гражданский или военный грузовой вариант самолета этой схемы, видимо, имеет наилучшие шансы быть реализованным

Слайд 40

Родриго Мартинез-Вал “Развитие реактивных самолётов через призму уравнения дальности”

Презентация Родриго Мартинез-Вала

“Развитие реактивных самолётов через призму уравнения дальности”

EWADE 2007

Samara, Russia, May-June 2007

Martínez-Val, Pérez and Palacín

Universidad Politécnica de Madrid

РАЗВИТИЕ РЕАКТИВНЫХ САМОЛЕТОВ
ЧЕРЕЗ ПРИЗМУ УРАВНЕНИЯ ДАЛЬНОСТИ

Rodrigo Martínez-Val, Emilio Pérez and José F. Palacín
Universidad Politécnica de Madrid
Madrid, Spain

Слайд 1

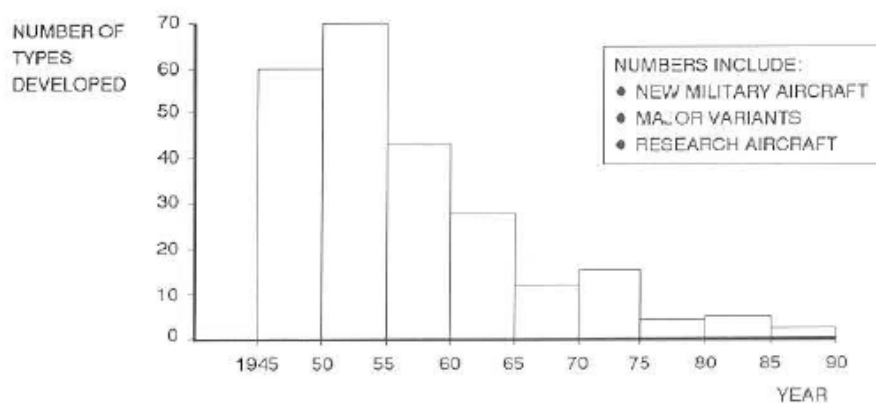
EWADE 2007

Samara, Russia, May-June 2007

Martínez-Val, Pérez and Palacín

Universidad Politécnica de Madrid

РАЗВИТИЕ АНГЛИЙСКИХ ВОЕННЫХ САМОЛЕТОВ



Слайд 3

Родриго Мартинез-Вал “Развитие реактивных самолётов через призму уравнения дальности”

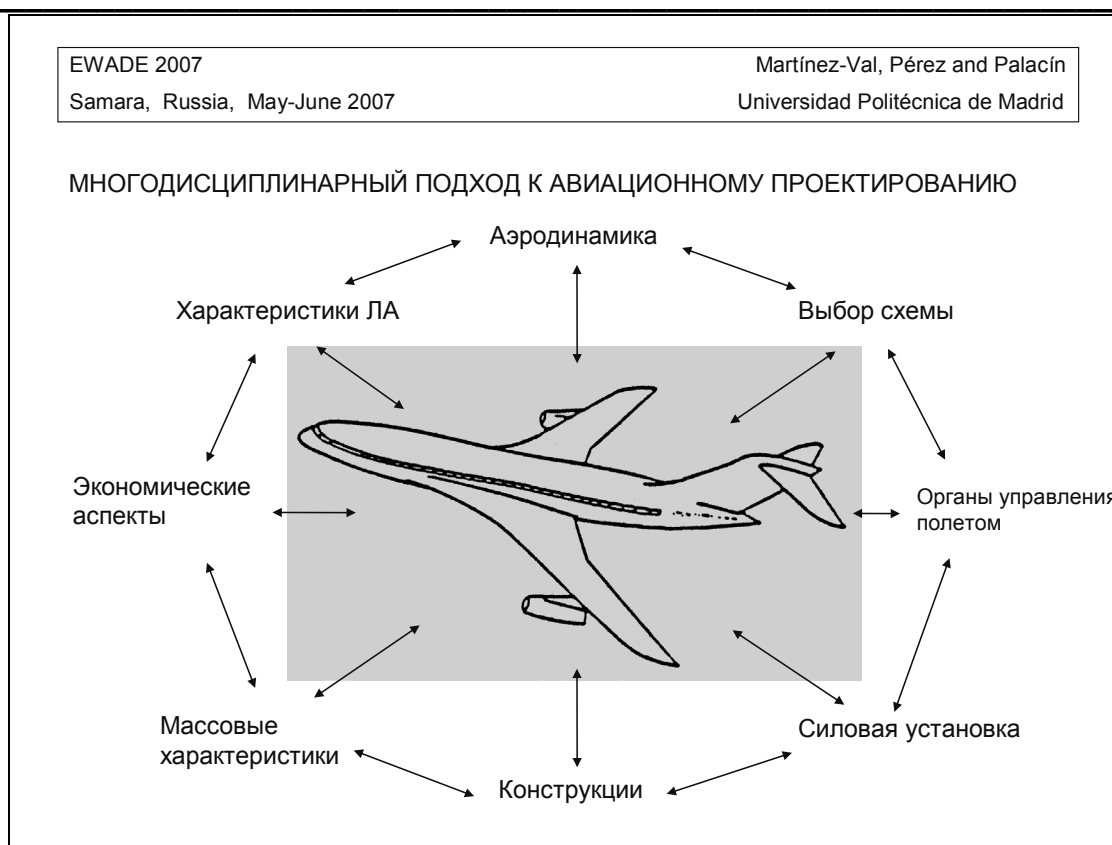


Слайд 7



Слайд 8

Родриго Мартинез-Вал “Развитие реактивных самолётов через призму уравнения дальности”



Слайд 16

EWADE 2007 Samara, Russia, May-June 2007	Martínez-Val, Pérez and Palacín Universidad Politécnica de Madrid
---	--

ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ ВЫВОДЫ

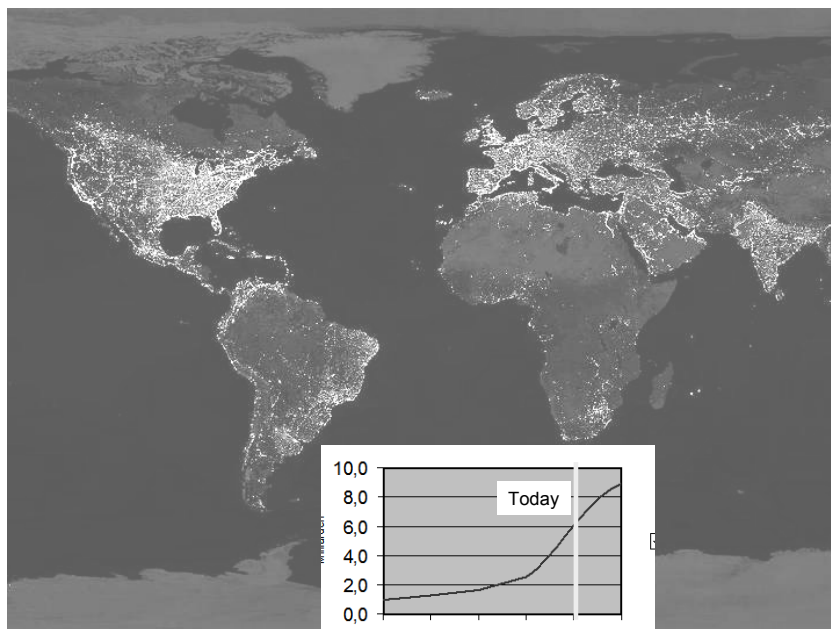
- ⇒ Простые методы полезны, мощны и педагогичны
- ⇒ Противоречивые требования курсов по проектированию
- ⇒ Сложности в преподавании самолетостроения
- ⇒ Кризис промышленности для экономики и геополитических изменений
- ⇒ Академический кризис (болонский процесс, бюджет ...)
- ⇒ Новые рынки труда для аэрокосмических инженеров
- ⇒ Кооперация между академической и промышленной областями

Слайд 24

Ханнес Росс “Вокруг света на самолёте на солнечных батареях”

Презентация Ханнеса Росса
“Вокруг света на самолёте на солнечных батареях”

Население Земли: более 6 миллиардов к 2006 году



Hannes Ross, 16.Nov.2006
Messerschmitt Lecture, RAeS

1

Слайд 1

Самолет, летающий за счет энергии солнца Полностью «электрический» самолет



1. Самолет на солнечных батареях, обзор
2. Технологический уровень
3. Солнечный импульс, пилотируемый самолет на солнечных батареях
4. Выводы



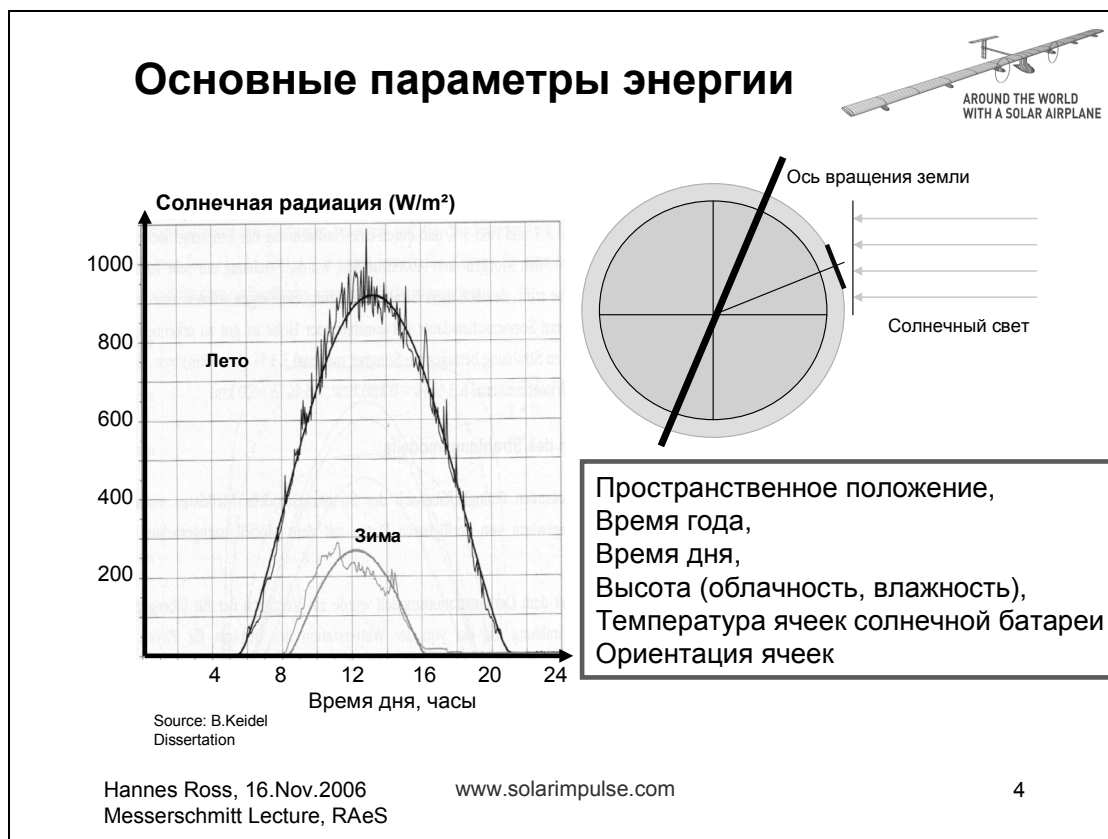
Hannes Ross, 16.Nov.2006
Messerschmitt Lecture, RAeS

www.solarimpulse.com

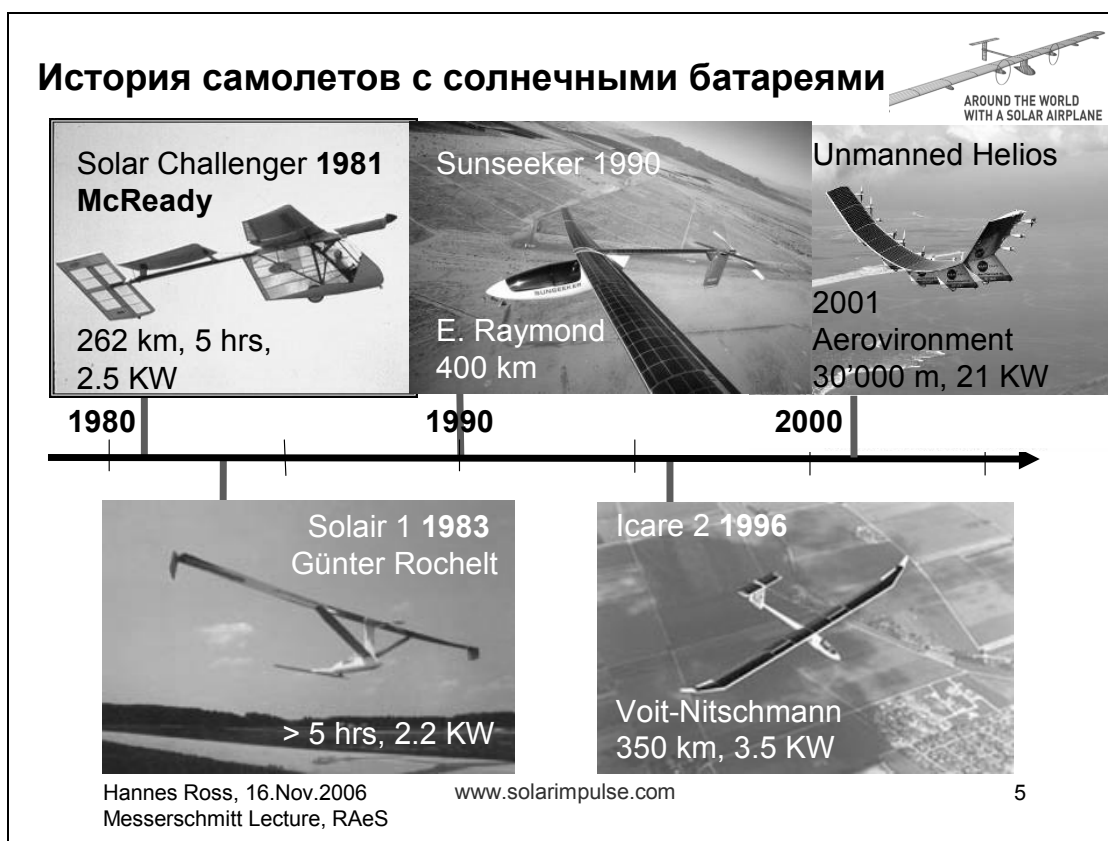
3

Слайд 3

Ханнес Росс “Вокруг света на самолёте на солнечных батареях”

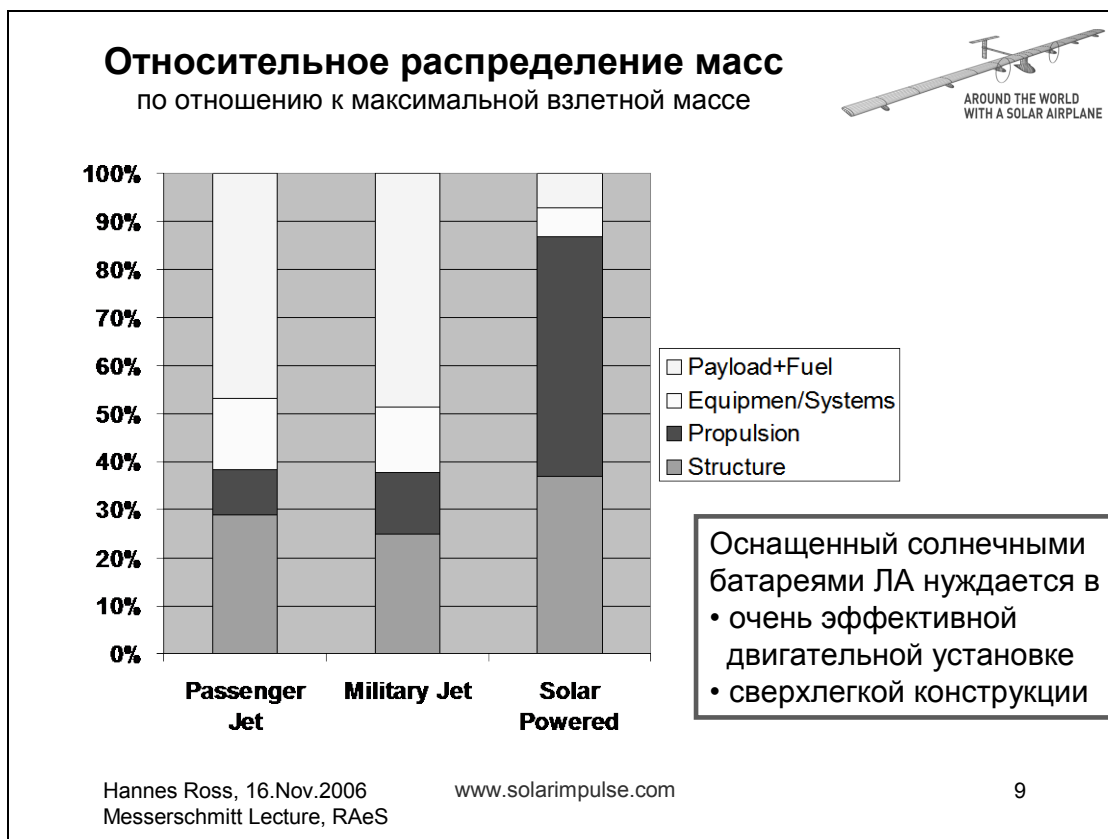


Слайд 4

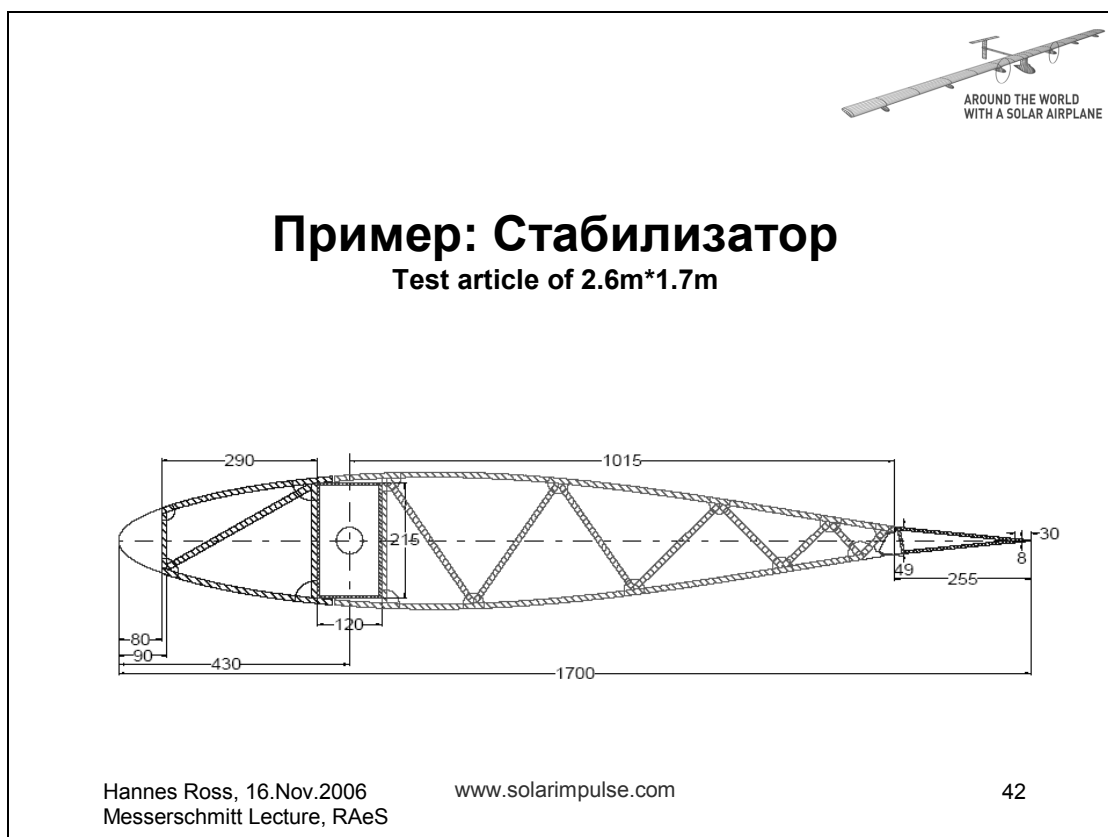


Слайд 5

Ханнес Росс “Вокруг света на самолёте на солнечных батареях”



Слайд 9



Слайд 42

Пример: Стабилизатор

Test article of 2.6m*1.7m



Hannes Ross, 16.Nov.2006
Messerschmitt Lecture, RAeS

www.solarimpulse.com

43

Слайд 43

Выводы



Необходимо разработать пилотируемый самолет, приводимый в движение за счет солнечной энергии и способный находиться в полете более 24 часов:

- Самолет будет обладать очень большими размерами (поверхность, размах)
- Ультралегие конструкции с большой жесткостью
- Солнечные батареи большой эффективности(> 20%)
- Батареи с большой плотностью энергоснабжения (>200 Wh/kg)
- Очень легкий и эффективный двигатель
- Минимум оборудования, которое должно иметь низкое энергопотребление

Hannes Ross, 16.Nov.2006
Messerschmitt Lecture, RAeS

www.solarimpulse.com

44

Слайд 44

Презентация Валерия Комарова

“Современные тенденции в проектировании авиационных конструкций”



EWADE 2007 Komarov V.A.

Современные тенденции в проектировании авиационных конструкций

Профессор Комаров В.А.
Директор института «АВИКОН»
Самарского государственного
аэрокосмического университета

1

Слайд 1



EWADE 2007 Komarov V.A.

План презентации

1. Обзор проблем проектирования самолетов.
2. Новые идеи по усовершенствованию процесса проектирования.
3. Пример использования новых идей для исследования аэродинамической и весовой эффективности трансформирующегося крыла.

2

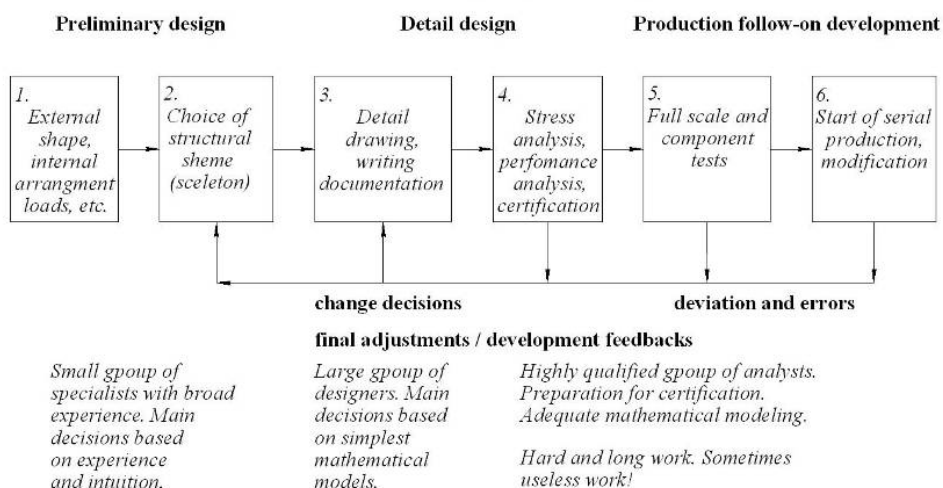
Слайд 2



EWADE 2007 Komarov V.A.

Процесс проектирования авиационных конструкций

Sequential design paradigm

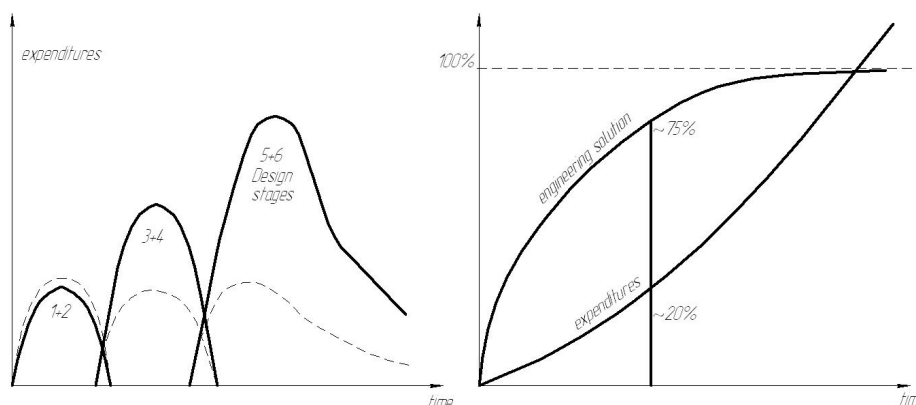


Слайд 3



EWADE 2007 Komarov V.A.

Затраты времени и ресурсов



Основной причиной больших затрат времени и ресурсов при последовательном проектировании является использование очень простых (недостаточно точных) математических моделей на ранних стадиях проектирования.

Для уменьшения времени проектирования целесообразно уже на ранних стадиях использовать высокоточные математические модели.

4

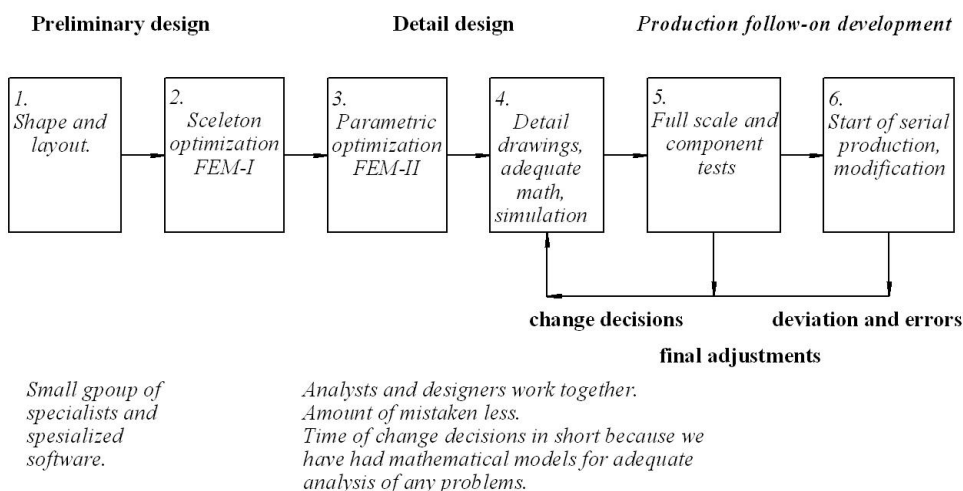
Слайд 4



EWADE 2007 Komarov V.A.

Новый принцип проектирования авиационных конструкций

Concurrent design paradigm



5

Слайд 5



EWADE 2007 Komarov V.A.

Проблема оценки веса при проектировании авиационных конструкций

1. Выбор топологии конструкции (проектирование каркаса).
2. Оценка относительной массы конструкции.
3. Весовая оценка крыла, фюзеляжа и т.д.
4. Проверка правильности весовых оценок.

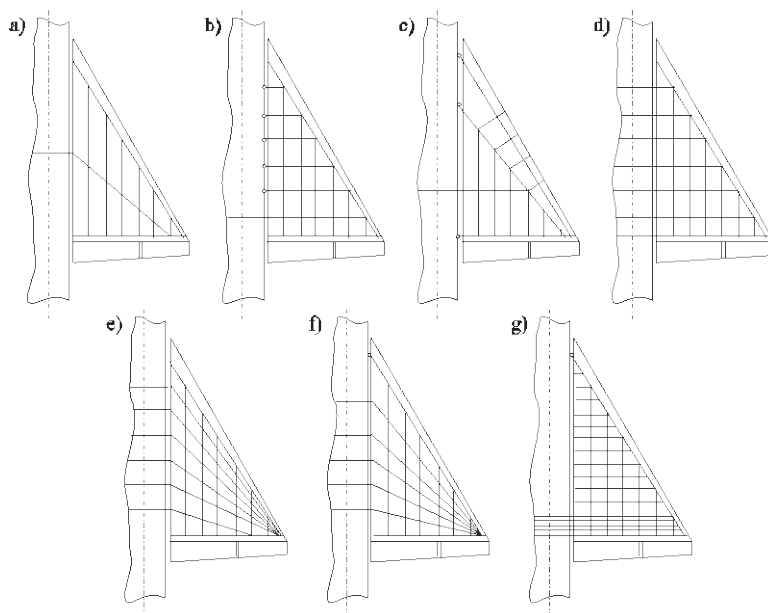
6

Слайд 6



EWADE 2007 Komarov V.A.

Выбор топологии конструкции



7

Слайд 7



EWADE 2007 Komarov V.A.

Оценка относительной массы конструкции

Определение взлетного веса ЛА
согласно “уравнению
существования”

$$m_o = \frac{m_{pl}}{1 - \bar{m}_{st} - \bar{m}_{sys} - \bar{m}_f - \bar{m}_{pp}}$$

где

$$\bar{m}_{st} = \frac{m_{st}}{m_o}$$

8

Слайд 8

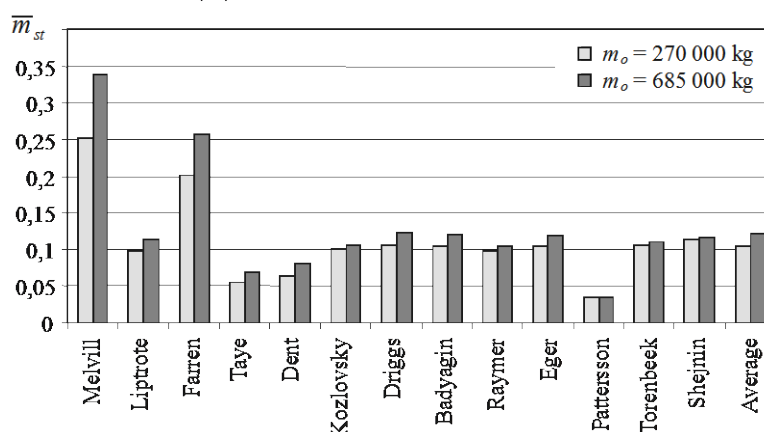


EWADE 2007 Komarov V.A.

Пример расчета относительной массы крыла по “уравнению существования”

Стандартное уравнение для определения массы крыла (Егер)

$$\bar{m}_a = \frac{7k_1 n_p \phi \lambda \sqrt{m_0}}{10^4 p_0 (c_0)^{0.75} \cos^{1.5} \chi} * \frac{\eta + 4}{\eta + 1} * \left(1 - \frac{\mu - 1}{\eta + 3}\right) + \frac{4,5k_2 k_3}{p_0} + 0,015$$



9

Слайд 9



EWADE 2007 Komarov V.A.

Проверка весовых оценок

1. Определение весовых пределов для различных частей конструкции перед началом проектирования.
2. Анализ спроектированной конструкции на предмет наличия в ней избыточной массы (если необходимо). Поиск путей уменьшения массы конструкции.

10

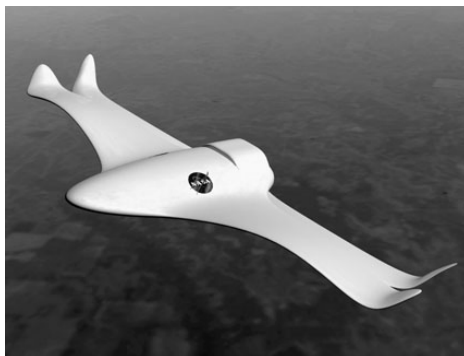
Слайд 10



EWADE 2007 Komarov V.A.

Нетрадиционные летательные аппараты

Трансформирующееся крыло (TUDelft)



(<http://www.lr.tudelft.nl/live/pagina.jsp?id=fd5540a7-0cfe-44e5-b1bc-c806fa0410b8&lang=en>)

$$m_{st} = ? \quad \bar{m}_{st} = ??$$

11

Слайд 11



EWADE 2007 Komarov V.A.

Новые идеи по усовершенствованию процесса проектирования

1^я идея. Силовой фактор

Стержневая конструкция $G = \sum_{i=1}^n |N_i| \cdot l_i$

Тонкостенная конструкция $G = \sum_{i=1}^n R_i \cdot S_i$

Пространственная конструкция $G = \int_V \sigma^{eqv} dV$

12

Слайд 12



EWADE 2007 Komarov V.A.

Определение массы конструкции через “силовой фактор”

Теоретически необходимый объем материала в конструкции

$$V_T = \sum_{i=1}^n \frac{N_i}{[\sigma]} \cdot l_i = \sum_{i=1}^n F_i \cdot l_i$$

Реальная масса конструкции

$$m_{st} = \varphi \cdot \rho \cdot V_T = \varphi \cdot \rho \cdot \frac{G}{[\sigma]} \quad \text{or} \quad m_{st} = \varphi \frac{G}{\bar{\sigma}}$$

G – учитывает топологию, геометрию и внешние нагрузки

$\bar{\sigma}$ – удельная прочность материала

φ – коэффициент, учитывающий конструктивно-технологическое совершенство

Силовой фактор позволяет рассчитывать полную массу нетрадиционных конструкций с большой точностью

13

Слайд 13



EWADE 2007 Komarov V.A.

2^я идея. Безразмерный критерий силового совершенства конструкций

Силовой фактор пропорционален линейным размерам (координатам узлов) конструкции и значениям узловых сил (при сохранении закона распределения внешних сил) –
т.е. это размерный параметр

Безразмерный критерий – это коэффициент силового фактора

$$C_K = \frac{G}{P \cdot L}$$

где P – удельная нагрузка

L – удельный размер

откуда $G = C_K PL$ (аэродинамическая аналогия: $Y = C_y q S$)

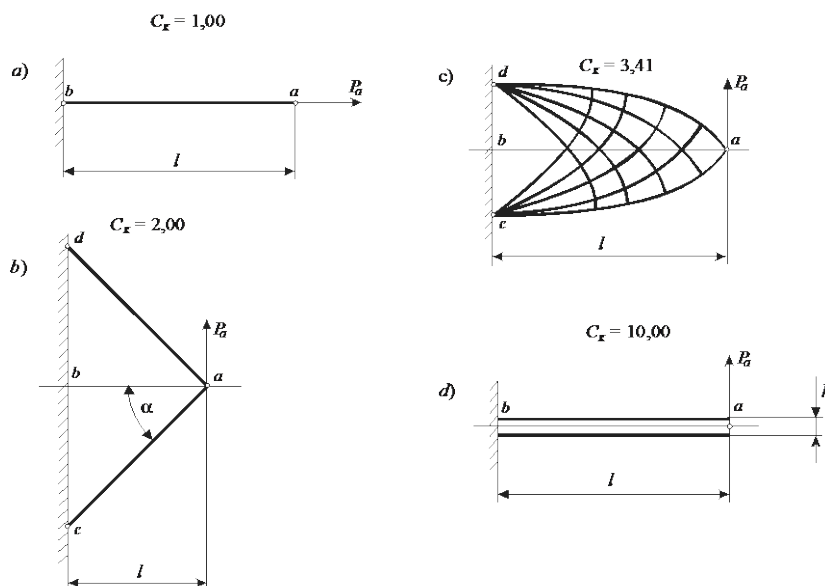
14

Слайд 14



EWADE 2007 Komarov V.A.

Примеры на простых конструкциях



15

Слайд 15



EWADE 2007 Komarov V.A.

Новое уравнение для определения полной массы крыла and и его относительной массы

Удельный размер – квадратный корень от площади крыла $\frac{1}{2} - \sqrt{S}$

Удельная нагрузка – подъемная сила $Y = n \cdot m_o \cdot g$

$$G = C_K \cdot n \cdot m_o \cdot g \cdot \sqrt{S}$$

$$C_K = \frac{G^*}{n^* \cdot m_o^* \cdot g \cdot \sqrt{S^*}}$$

откуда

Весовое уравнение :

$$\bar{m}_{wing} = \frac{\varphi}{\sigma} C_K \cdot n \cdot g \cdot \sqrt{S} \quad m_{wing} = \frac{\varphi}{\sigma} C_K \cdot n \cdot m_o \cdot g \cdot \sqrt{S}$$

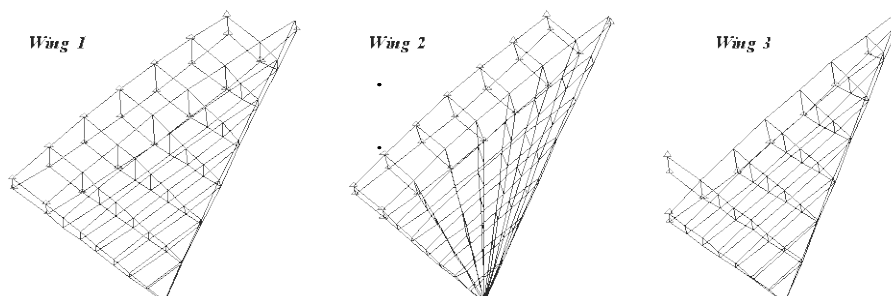
16

Слайд 16



EWADE 2007 Komarov V.A.

Пример выбора топологии конструкции



Wing	Membrane structures	Panel structures					
		Strategy I			Strategy II		
		$\bar{\delta} = 0,6$	$\bar{\delta} = 0,5$	$\bar{\delta} = 0,4$	$\bar{\delta} = 0,6$	$\bar{\delta} = 0,5$	$\bar{\delta} = 0,4$
1	1,62	1,68	1,70	1,71	1,84	1,94	2,07
2	1,68	1,76	1,78	1,81	1,83	1,89	1,98
3	2,55	2,69	2,75	2,83	2,68	3,03	3,56

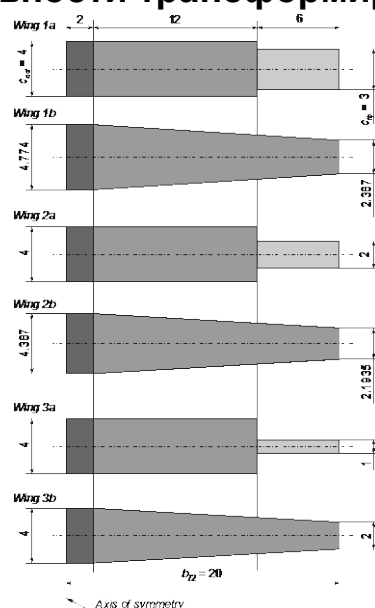
17

Слайд 17



EWADE 2007 Komarov V.A.

Пример исследования весовой и аэродинамической эффективности трансформирующегося крыла



Grant CRDF: REO-1386

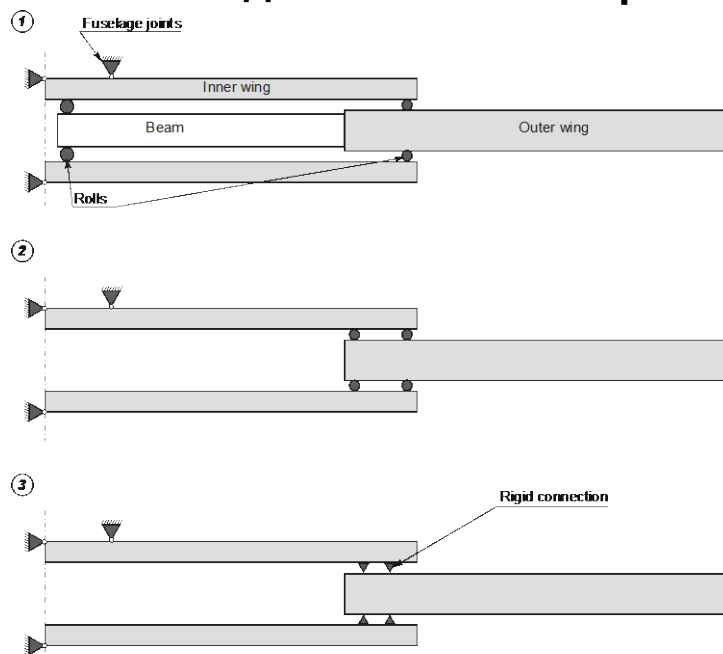
18

Слайд 18



EWADE 2007 Komarov V.A.

Схема соединения частей крыла



19

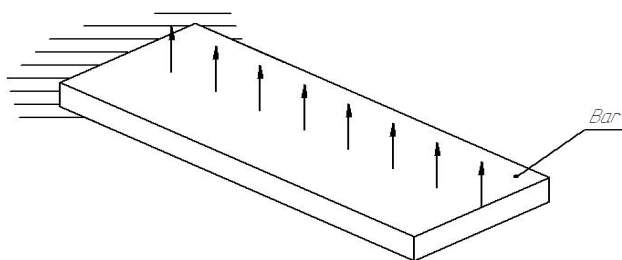
Слайд 19



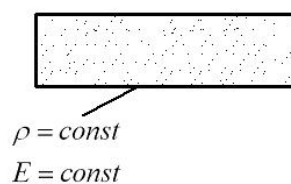
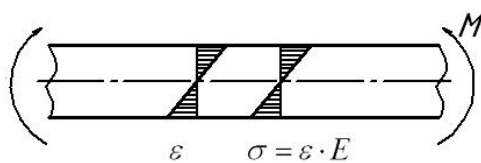
EWADE 2007 Komarov V.A.

3^я идея. Использование трехмерных моделей переменной плотности

Модель



Традиционный материал



20

Слайд 20

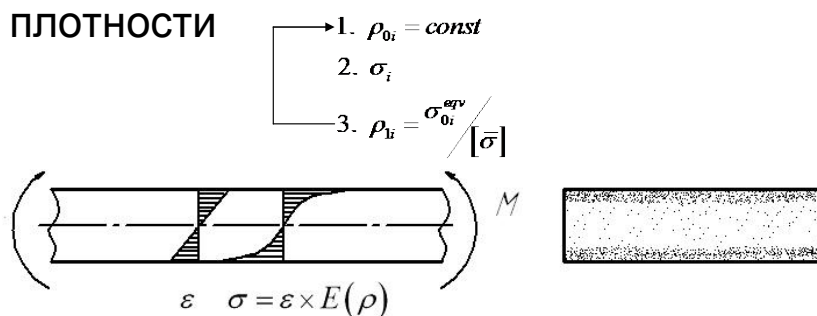


EWADE 2007 Komarov V.A.

Гипотетический материал с переменной
плотностью $[\sigma] = \rho \cdot [\bar{\sigma}]$

$$E = \rho \cdot \bar{E}$$

Алгоритм оптимизации распределения
плотности



21

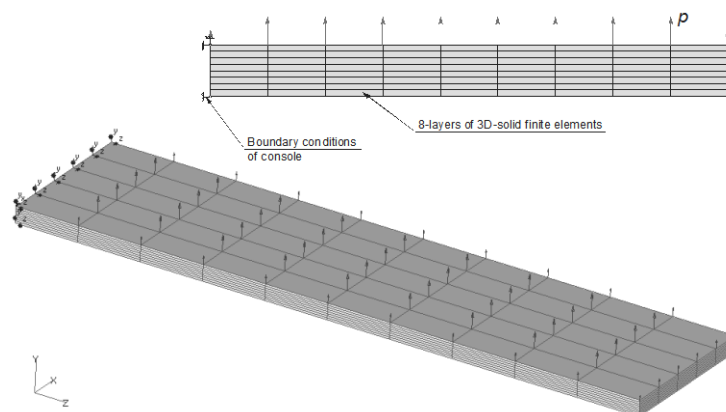
Слайд 21



EWADE 2007 Komarov V.A.

Испытание

Трехмерная модель крыла



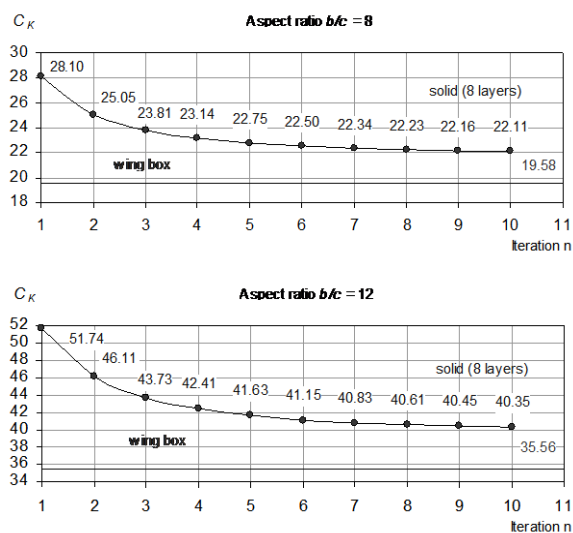
22

Слайд 22



EWADE 2007 Komarov V.A.

Сравнение вычислений коэффициента силового фактора для тонкостенной конструкции и трехмерной твердотельной модели с переменной плотностью



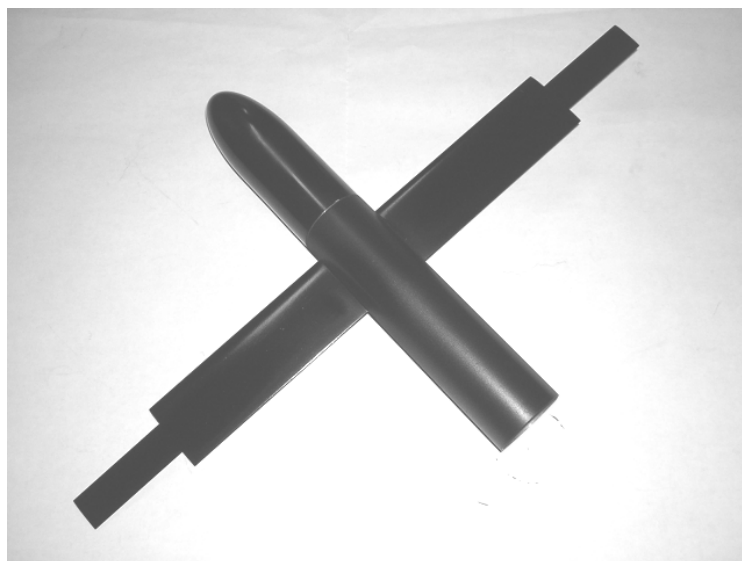
23

Слайд 23



EWADE 2007 Komarov V.A.

Продувочная модель 1



24

Слайд 24



EWADE 2007 Komarov V.A.

Продувочная модель 2



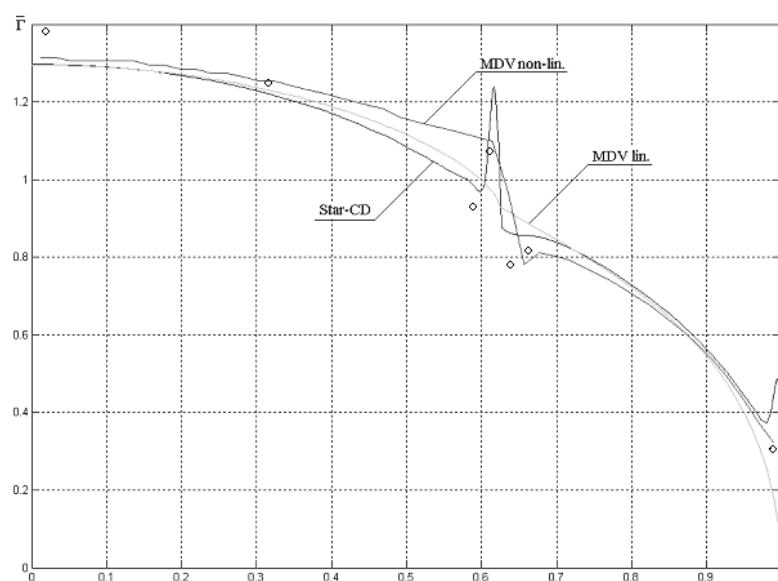
25

Слайд 25



EWADE 2007 Komarov V.A.

Распределение нагрузки по размаху



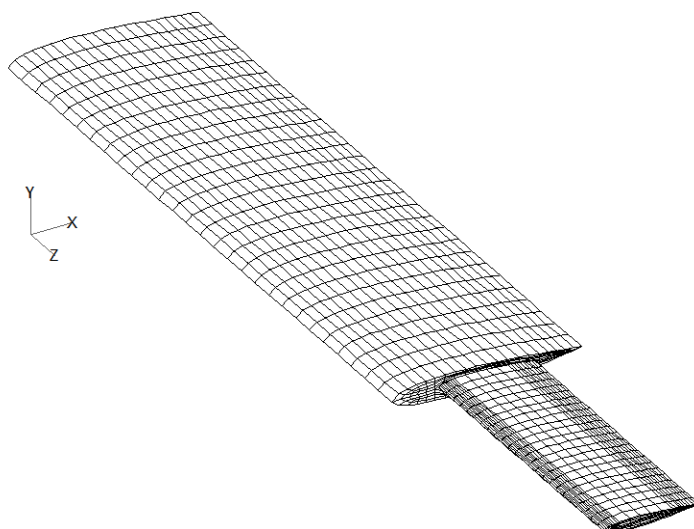
26

Слайд 26



EWADE 2007 Komarov V.A.

3D-модель с переменной плотностью материала



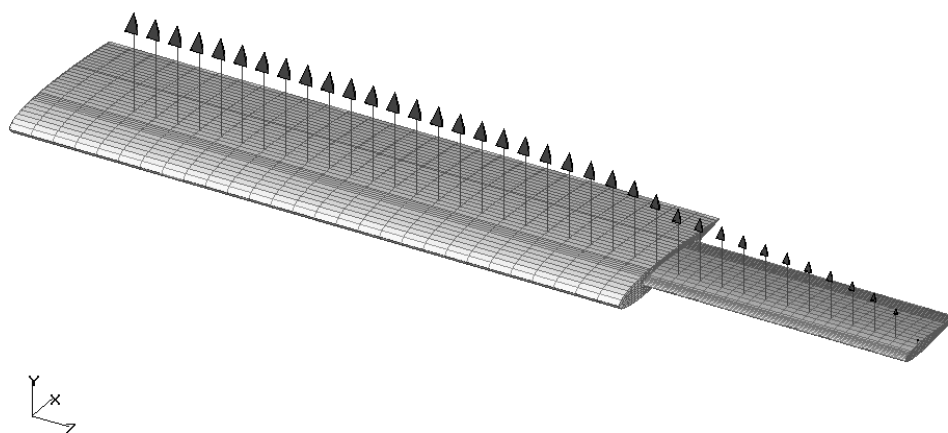
27

Слайд 27



EWADE 2007 Komarov V.A.

Внешние нагрузки



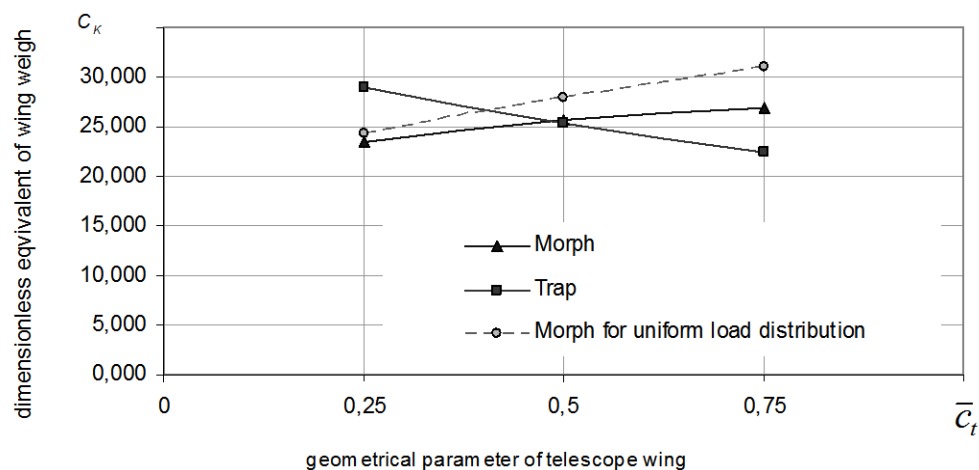
28

Слайд 28



EWADE 2007 Komarov V.A.

Сравнение весового совершенства



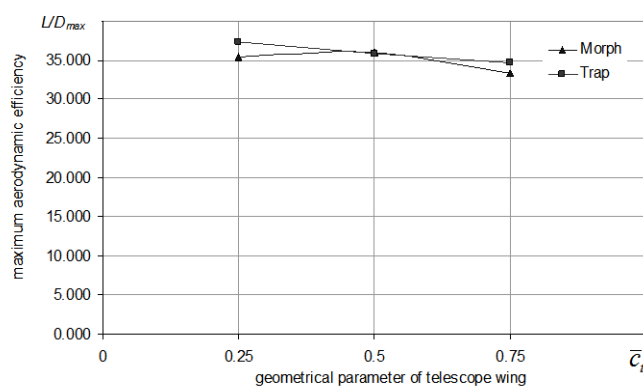
29

Слайд 29



EWADE 2007 Komarov V.A.

Сравнение максимальной аэродинамической эффективности



30

Слайд 30



EWADE 2007 Komarov V.A.

Гермокабина, сосуд высокого давления

Удельный объем – объем - V

Удельная нагрузка – давление – P

$$C_K = \frac{G}{P \cdot V}$$

Некоторые результаты для резервуаров:

Сферической формы – $C_K = \frac{3}{2}$

Цилиндрической – $C_K = \sqrt{3}$

Сферической из КМ – $C_K = 3$

Цилиндрической из КМ – $C_K = 3$

31

Слайд 31



EWADE 2007 Komarov V.A.

Выводы

Силовой фактор C_K позволяет:

1. Учитывать силовую схему (топологию конструкции) в виде некоторой безразмерной величины, которая определяет силовое совершенство конструкции.
2. Создавать весовые формулы для любых конструкций.
3. Накапливать знания в удобной форме (безразмерной!) для анализа существующих и перспективных конструкций.

В презентации рассказано о трех новых идеях, которые могут быть полезны для увеличения эффективности на ранних стадиях проектирования.

32

Слайд 32

Тревор Янг “Соревнования по созданию и испытанию моделей самолетов в Американском институте аэронавтики и астронавтики: Подход к обучению проектированию самолетов”

Презентация Тревоора Янга

“Соревнования по созданию и испытанию моделей самолетов в Американском институте аэронавтики и астронавтики: Подход к обучению проектированию самолетов”

Dr Trevor Young

Senior Lecturer
Mechanical and Aeronautical Engineering
University of Limerick
Ireland



Соревнования по созданию и испытанию моделей самолетов в
Американском институте аэронавтики и астронавтики :
Подход к обучению проектированию самолетов

European Workshop on Aircraft Design Education (EWADE)
Samara: 30 May – 1 June 2007

Слайд 1

содержание:

1. Введение
2. Правила соревнования
3. Оценка
4. Соревнования 2006/07 гг.
5. Академическое значение и управление
6. Итоговые замечания
7. Следующий шаг: некоторые приложения

Соревнования по созданию и испытанию моделей самолетов в Американском
институте аэронавтики и астронавтики :
Подход к обучению проектированию самолетов

European Workshop on Aircraft Design Education (EWADE)
Samara: 30 May – 1 June 2007

Samara: EWADE 2007

Слайд 2

Введение

● Цель презентации

● Точка отсчета:

Выполнить требования для получения разрешения на участие в конкурсе, безусловно, непросто. Создание самолетов с дистанционным управлением часто игнорируется как средство для обучения в связи с тем, что оно считается любительским занятием. Несмотря на то, что эти самолеты могут иметь малые размеры, они являются настоящими самолетами, и также требуют большого количества исследований в области конструкции, аэродинамики и силовой установки, как и полноразмерные самолеты. Кроме того, исследования должны быть выполнены студентами, у которых нет большого опыта, в короткий срок и при ограниченном бюджете. Сложность и масштабность этих проблем может стать значительной вехой на пути становления студента, и это должно входить как составная часть в каждую образовательную программу по подготовке инженерных кадров.

Adam Broughton, “An Approach to Integration of Academic Studies with Practical Applications: Georgia Tech Design, Build, Fly”, ATIO Conference, 25–27 Sep. 2006, Wichita, KS.

● Цель презентации: проверить это высказывание.

Samara: EWADE 2007

Слайд 3

Введение

● В чем суть соревнования?

- Это студенческое соревнование организовано американским институтом аэронавтики и астронавтики (AIAA), при поддержке промышленности, в основном, - компаний Cessna и Raytheon Missile Systems, а также Бюро морских исследований.
- Команды соревнуются в проектировании, конструировании и летных испытаниях радиоуправляемых самолетов, которые должны удовлетворять установленным требованиям (по дальности, ресурсу, полезной нагрузке, скорости и т.д.).
- Поставленная цель: это состязание инженерной мысли, а не соревнование авиамоделистов.
- Команда-победитель определяется из числа участников по следующим критериям
 - написание отчета(по установленной форме);
 - летные характеристики модели
 - конструкция

Samara: EWADE 2007

Слайд 4

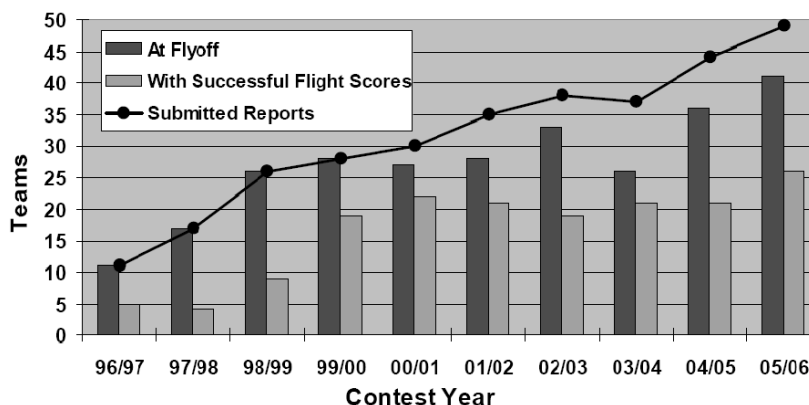
Тревор Янг “Соревнования по созданию и испытанию моделей самолетов в Американском институте аэронавтики и астронавтики: Подход к обучению проектированию самолетов”

Введение

История соревнований

Рост числа участников

Первое соревнование было проведено в 1997 году при участии 20 команд.



Ref: Bovais, et al. (2006).

Samara: EWADE 2007

Слайд 5

Соревнование в 2006/07 гг.

11^е ежегодное соревнование по проектированию, конструированию и испытаниям моделей самолетов

Итоги

Место: Tucson, Arizona

Время: 20 - 22 April 2007

Спонсор: Raytheon Missile Systems



Участники

Страны	Университеты	Команды
США	45	55
Шотландия	1	1
Турция	2	2
Израиль	1	1
ОАЭ	1	1
Всего*	50	60

* Приняло участие 49 команд (Ref:

<http://www.rcgroups.com/forums/showthread.php?t=678448>)

Samara: EWADE 2007

Слайд 19

Тревор Янг “Соревнования по созданию и испытанию моделей самолетов в Американском институте аэронавтики и астронавтики: Подход к обучению проектированию самолетов”

Соревнование в 2006/07 гг.

11^е ежегодное соревнование по проектированию, конструированию и испытаниям моделей самолетов

Победители

1. Массачусетский технологический институт (MIT)
2. Оклахомский государственный университет (OSU)
3. Университет Пердью

Денежные призы

\$2500 за 1-е место, \$1500 за 2-е и \$1000 за 3-е.

Samara: EWADE 2007

Слайд 23

Соревнование в 2006/07 гг.

11^е ежегодное соревнование по проектированию, конструированию и испытаниям моделей самолетов



Рис. 1^е место: Проект Массачусетского технологического университета : биплан с размахом крыла в 24 дюйма

Image credit: <http://web.mit.edu/aeroastro/news/design-build-flywinners.html>

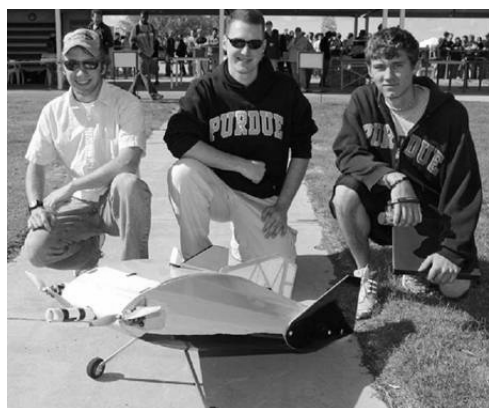


Рис. 3^е место: проект Университета Пердью : ЛА с 24-дюймовым размахом и двумя винтами противоположного вращения

Image credit: <http://www.rcgroups.com/forums/showthread.php?t=678448>

Samara: EWADE 2007

Слайд 24

Проект самолета 2007 Linköpings University



RAVEN
BizJet Medivac

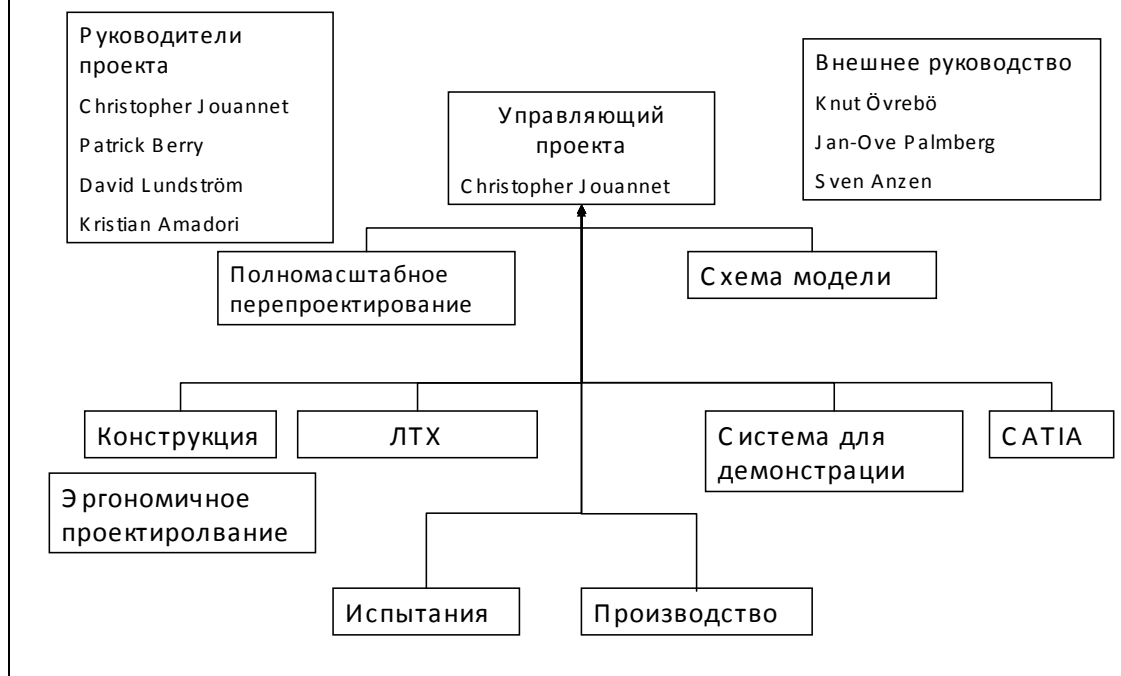
Слайд 1

Введение

- Курс читается на 4-м году обучения
- 13 студентов 4-х национальностей
- Два разных курса читаются параллельно
 - Проектирование самолетов
 - Эргономичное проектирование
- Спонсоры: Linklab и NFFP
- Бюджет порядка 20000€

Слайд 3

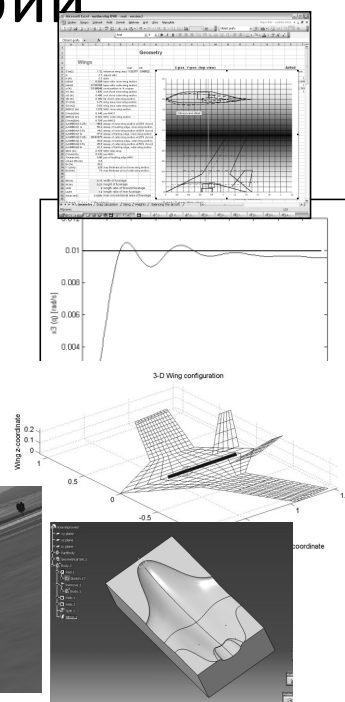
Управление проектом



Слайд 10

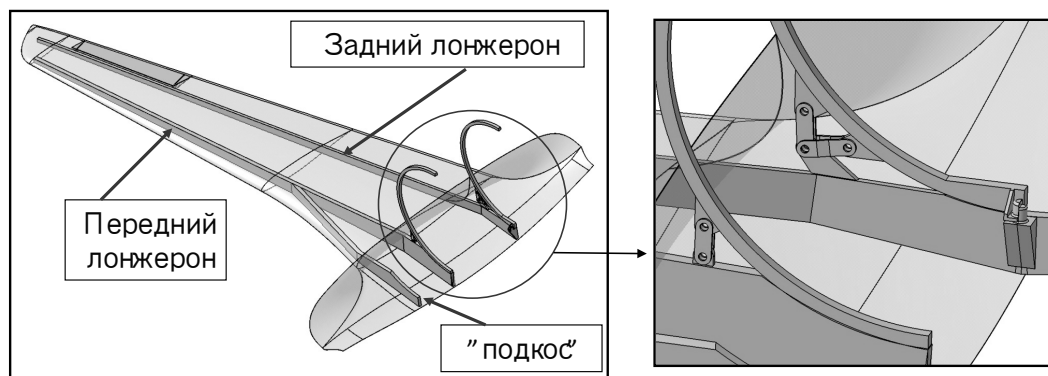
Инструментарий

- Размерная программа в excel
- DATCOM
- Matlab
 - Аэродинамика (Tornado)
 - Динамика полета
- Catia V5
- Flight Gear
- OVL (aerodynamic)
- Xfoil (aero)



Слайд 11

Крепление лонжеронов и крыла



Слайд 16

Установка для испытаний



Слайд 35

Производство



Слайд 41

Результат



Слайд 46

Дитер Шольц “Студенческий проект самолета типа «Летающее крыло (BWB)» – От проектирования до летных испытаний”

Презентация Дитера Шольца

“Студенческий проект самолета типа «Летающее крыло (BWB)» – От проектирования до летных испытаний”





Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences





Презентация на
EWADE 2007

**Студенческий
проект Самолета
типа «Летающее
крыло (BWB)» –
От проектирования
до летных
испытаний**

Prof. Dr.-Ing. Dieter Scholz, MSME

Слайд 1



Contents



Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences



Введение	Описание BWB, Закон квадратов-кубов
Проекты	Проекты BWB
Авиац. Дисциплины	Эскизное проектирование Аэродинамика Динамика полета Конструкция Определение массы Интегрирование систем
Авиа транспортные системы	Наземн. обслуживание Аварийные ситуации Спутный след Компоновка
AC20.30	AC20.30: Пробные полеты Испытания в аэрод. трубе Выводы

Слайд 2

Дитер Шольц “Студенческий проект самолета типа «Летающее крыло (BWB)» – От проектирования до летных испытаний”



Справочные данные



Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences



Данные для этой презентации были
взяты из:

Интернета
Литературы
Дипломных работ
Групповых исследований в HAW
Airbus
Персональных бесед

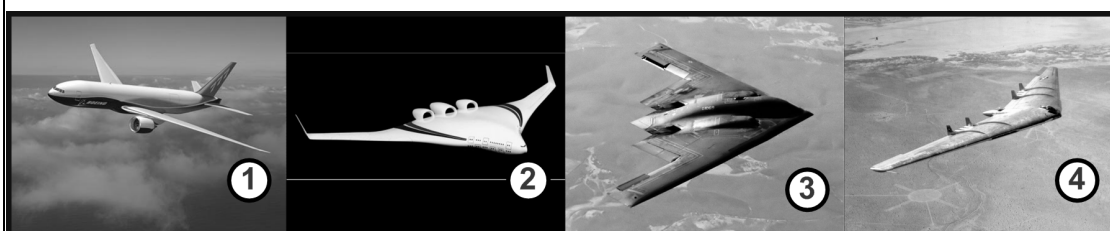
Слайд 3



Описание BWB



Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences



- 1) Традиционная конфигурация: «Фюзеляж + Крыло» или «Самолет с хвостовым оперением»
- 2) Летающее крыло (BWB)
- 3) Гибридное летающее крыло
- 4) Летающее крыло

Самолет типа BWB имеет переходную конфигурацию от традиционной схемы к самолету, который представляет собой только летающее крыло, т.е. это объект значительных размеров, создающий подъемную силу и вмещающий полезную нагрузку, сопряженный с крыльями традиционного типа.

Слайд 4

Дитер Шольц “Студенческий проект самолета типа «Летающее крыло (BWB)» – От проектирования до летных испытаний”



Закон «Квадратов-Кубов»



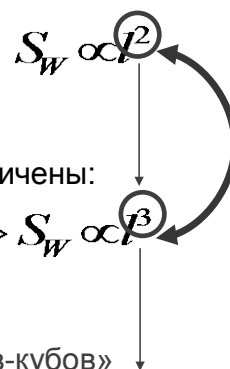
Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Конфигурация типа BWB является наиболее подходящей для самолетов сверхбольших размеров.

Почему физика требует создания BWB?

Геометрическое
масштабирование:

$$V \propto l^3 \quad m \propto l^3 \quad m_{MIO} \propto l^3$$



Площадь для посадки и скорость захода на нее ограничены:

$$\Rightarrow \frac{m_{MIO}}{S_W} = \text{const} \wedge m_{MIO} \propto l^3 \Rightarrow S_W \propto l^3$$

Закон «квадратов-кубов»

Слайд 5



Закон «Квадратов-Кубов»

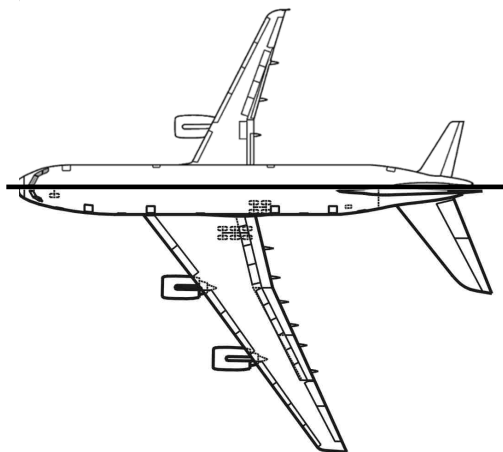


Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Конфигурация типа BWB является наиболее подходящей для самолетов сверхбольших размеров.

Почему физика требует создания BWB?

$$S_W \propto l^3$$



A321, увеличенный до
размеров A380.

A321: $\frac{m_{MIO}}{S_W} = 727 \text{ kg/m}^2$

A380-800F: $\frac{m_{MIO}}{S_W} = 698 \text{ kg/m}^2$

Самолет больше => BWB

Слайд 6

Дитер Шольц “Студенческий проект самолета типа «Летающее крыло (BWB)» – От проектирования до летных испытаний”



Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences



Выбранные проекты BWB

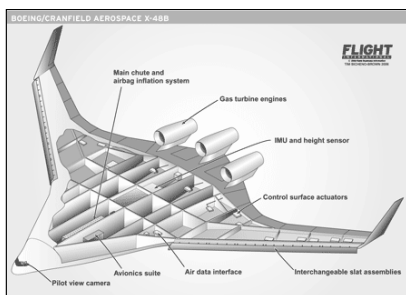
Слайд 7



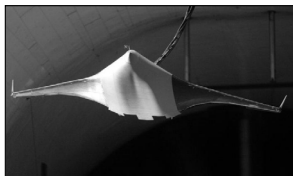
Проекты BWB

Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Boeing X-48B



2006: Boeing, NASA, BBC США.
21-футовая азрод. труба и and модель для летных
испытаний. Two X-48B are built. В оригинале:
450 мест,
дальность 7000 NM,
размах 75.3 m,
Крейсерская скорость:
высокая дозвуковая.



Слайд 8

Дитер Шольц “Студенческий проект самолета типа «Летающее крыло (BWB)» – От проектирования до летных испытаний”

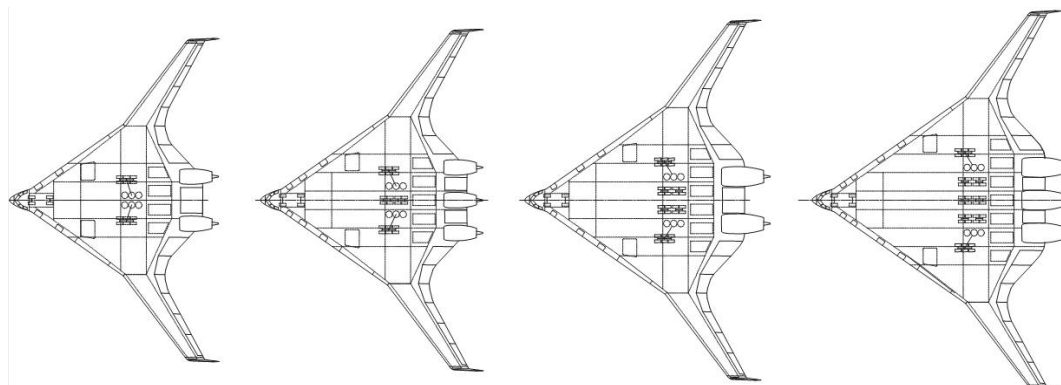


Проекты BWB



Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Boeing BWB-250 ... BWB-550



250-Sitzer

350-Sitzer

450-Sitzer

550-Sitzer

Boeing: изучение семейства самолетов типа BWB

Сегодня BWB не является для Boeing схемой самолета гражданской авиации!

Слайд 9

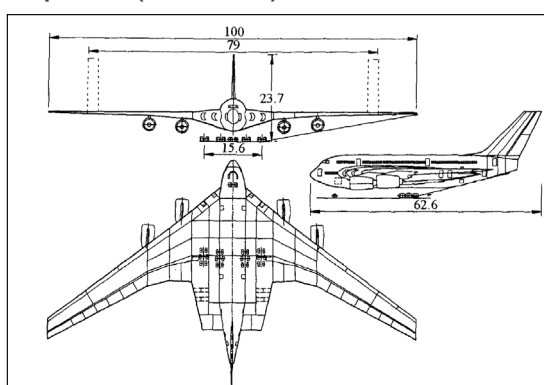


Проекты BWB



Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

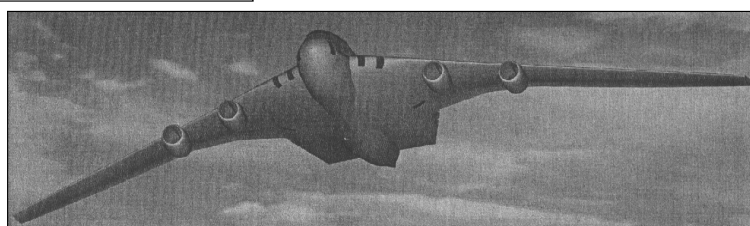
ЦАГИ (Россия) Самолет с интегрированным крылом (IWB)



Лучшая схема по сравнению с четырьмя
схемами новых больших самолетов,
на основе VELA-спецификации.

Исследования финансировались
AIRBUS INDUSTRIE

AIRCRAFT DESIGN, Vol 4 (2001)



Слайд 10

Дитер Шольц “Студенческий проект самолета типа «Летающее крыло (BWB)» – От проектирования до летных испытаний”



Проекты BWB



Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

5-я Программа в рамках Еврокомиссии: VELA and MOB



1999 - 2002



17 партнеров: D, F, UK, E,
I, NL, CZ, P

Очень Эффективный Большой Самолет (Very Efficient Large Aircraft, VELA)

Две базовые конфигурации «Летающего крыла» (VELA 1 и VELA 2).
Первым шагом в долгосрочном плане работы станут дополнительные
исследования. Пассажирский самолет.

Многофункциональная Оптимизация BWB (Multidisciplinary Optimisation
of a BWB, MOB)
Транспортный самолет.

Слайд 11

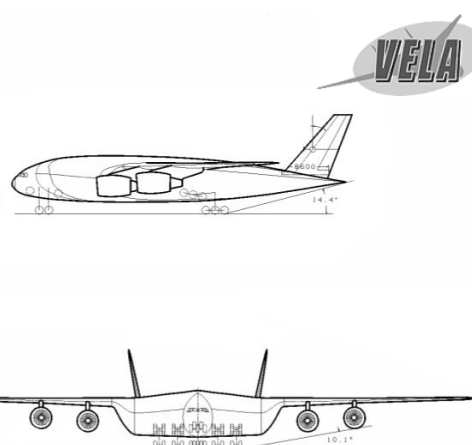
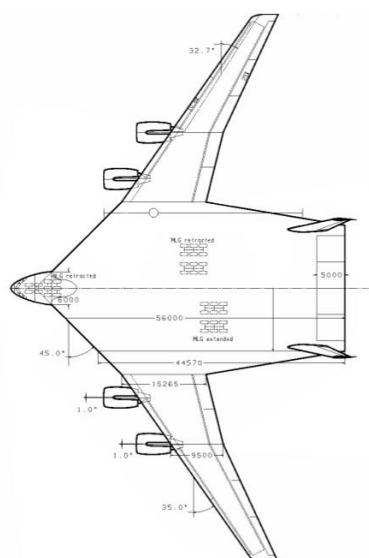


Проекты BWB



Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

VELA 1



750 PAX 3 class VLR

Engines: Trent900/15 (116"fan)

Door positions lbd

Area	Wing	Fus
Area	2016.22	54.3
Aspect ratio	4.871	1.831
Wing ratio	0.0003	0.336

VELA 1 Baseline			
Year	Wing	Fus	Wing/Fus
2002	VELA 1/6A03		
2003			
2004			
2005			
2006			
2007			
2008			
2009			
2010			
2011			
2012			
2013			
2014			
2015			
2016			
2017			
2018			
2019			
2020			
2021			
2022			
2023			
2024			
2025			
2026			
2027			
2028			
2029			
2030			

Слайд 12

Дитер Шольц “Студенческий проект самолета типа «Летающее крыло (BWB)» – От проектирования до летных испытаний”

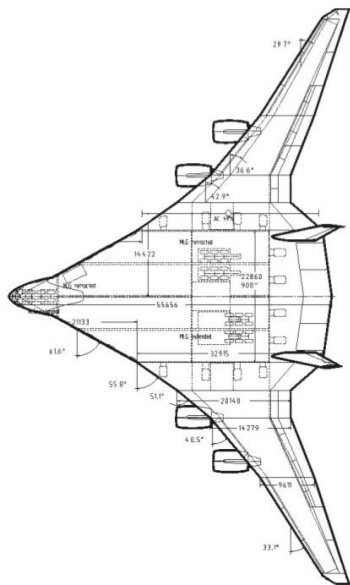


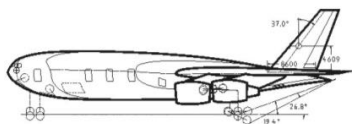
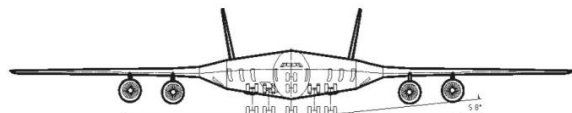
Проекты BWB



Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

VELA 2



	Wing	Fin
Area, sqm	1972.7	2 x 64.29
Aspect ratio	15.99	18.9
Taper ratio	0.04	0.378

VELA 2 Baseline			
DATE	NAME	STATUS	REV
2003	VELA 2	BASELINE	1
VELA 2/GA05			
Airbus			

750 PAX 3 class VLR

Слайд 13



Проекты BWB



Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

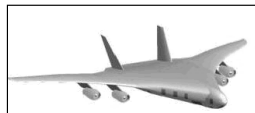
6-я Программа в рамках Еврокомиссии: : NACRE с PDA



SIXTH FRAMEWORK
PROGRAMME
2003 - 2006

WP3: Самолет для перевозки полезной нагрузки (Payload Driven Aircraft, PDA) (VELA 3)

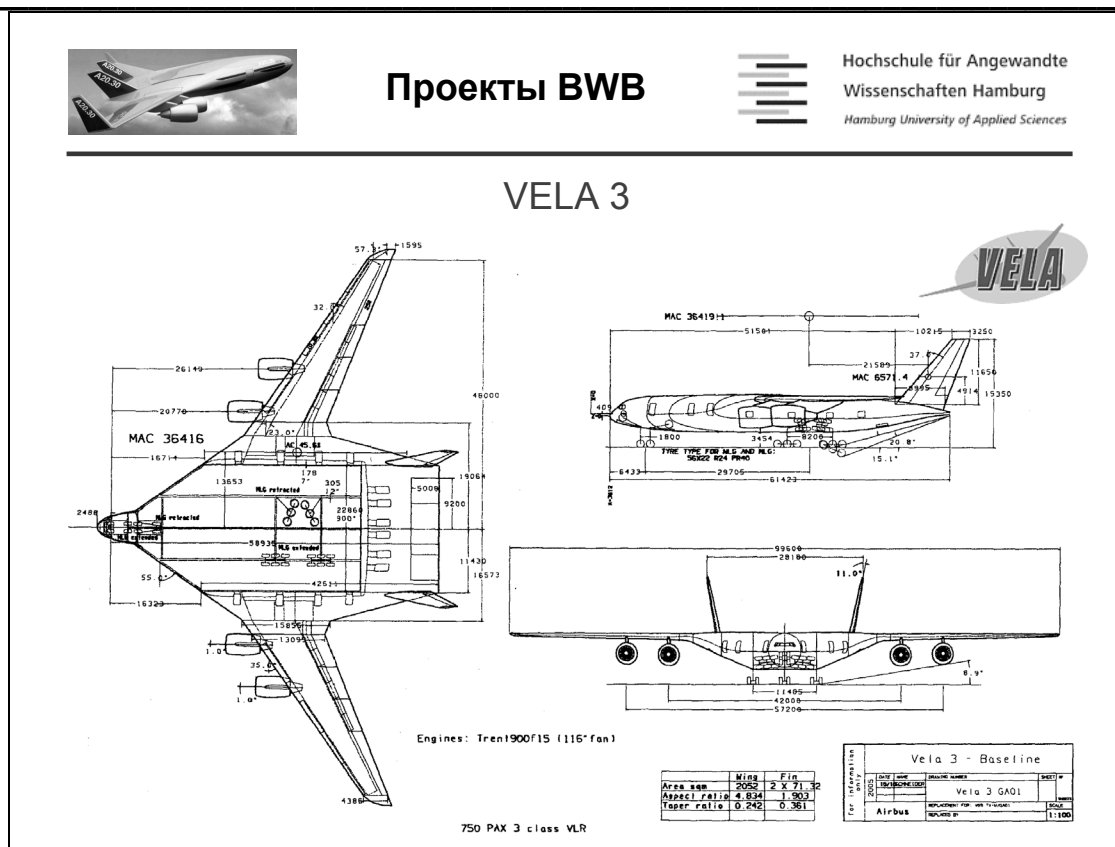
WP4: Масштабированная модель Самолета новейшей схемы



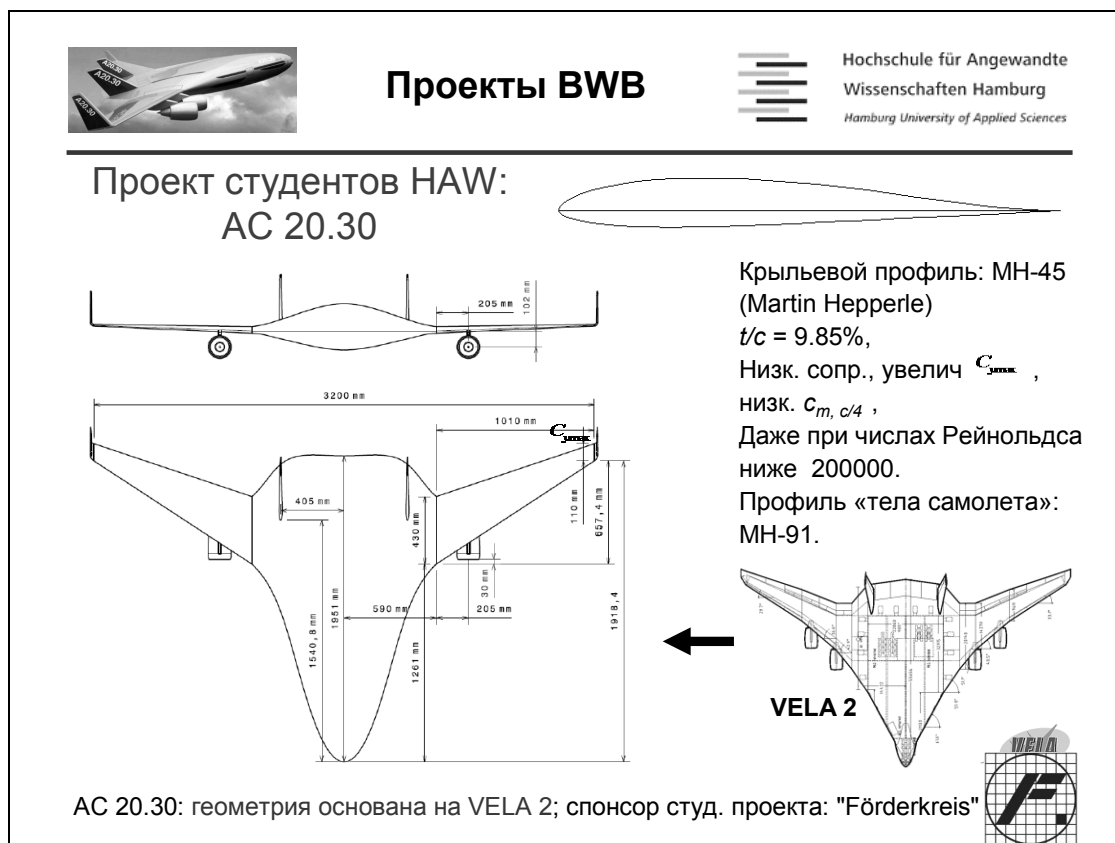
Payload Driven Aircraft
(PDA)

Слайд 14

Дитер Шольц "Студенческий проект самолета типа «Летающее крыло (BWB)» – От проектирования до летных испытаний"



Слайд 15



Слайд 16

Дитер Шольц “Студенческий проект самолета типа «Летающее крыло (BWB)» – От проектирования до летных испытаний”



Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences



BWB

Эскизный проект

Слайд 17



Эскизный проект

Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Технические характеристики VELA 2



Требования:

3 класса: 750 пассажиров (22 / 136 / 592)
Вместимость > 10 t
Дальность : 7500 м
При 1-м классе : 1040 пассажиров
Крейсерское число Маха: 0.85
 M_{MO} : 0.89
Взлетная дистанция < 3350 m (MTOW, SL, ISA +15°C)
Скорость захода на посадку < 145
ICA (300 ft/min, max. climb) > 35000 ft
Время до ICA (ISA) < 30 min.
Потолок > 45000 ft ($\Rightarrow \Delta p$ в кабине)
Нагрузка на ВПП (ACN, Flex. B) < 70
Размах < 100 m
Колея < 16 m



Слайд 18

Дитер Шольц “Студенческий проект самолета типа «Летающее крыло (BWB)» – От проектирования до летных испытаний”



Эскизный проект



Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Входные параметры для эскизного проектирования

Вычисление максимального отношения $E = L/D$

A : относительное удлинение

S_{wet} : смачиваемая поверхность

S_W : расчетная площадь крыла

e : число Освальда; для пассажирских самолетов: $e \approx 0.85$

$$E_{max} = k_E \sqrt{\frac{A}{S_{wet}/S_W}}$$

Из статистики: $k_E = 15,8$

$$k_E = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\pi e}{c_f}} = 14,9$$

S_{wet}/S_W : традиц. самолет 6.0 ... 6.2
BWB ≈ 2.4

$$\overline{c_f} = 0.003$$

A : традиц. самолет 7.0 ... 10.0
VELA 2 5.2

$$E_{max} = 23,2$$

Слайд 19



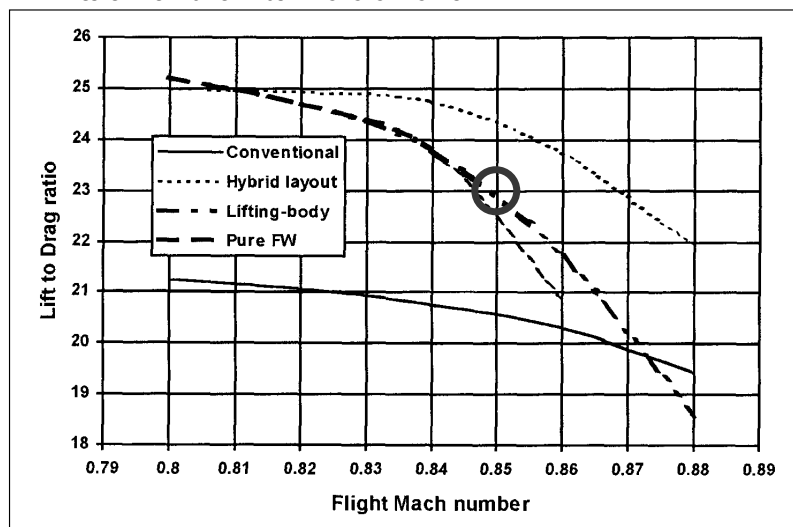
Эскизный проект



Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Входные параметры для эскизного проектирования

Вычисление максимального отношения $E = L/D$



ЦАГИ для AIRBUS

Слайд 20

Дитер Шольц “Студенческий проект самолета типа «Летающее крыло (BWB)» – От проектирования до летных испытаний”



Эскизный проект



Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Входные параметры для эскизного проектирования

Вычисление максимального коэфф. подъемной силы при взлете и посадке

$$C_{L_{max}} = C_{L,0} + \frac{\partial C_L}{\partial \alpha} \alpha + \frac{\partial C_L}{\partial \eta_W} \eta_W + \frac{\partial C_L}{\partial \eta_B} \eta_B = 0.73$$

Измерения в аэрод. трубе для AC 20.30:

$$C_{L,0} = 0$$

$$\frac{\partial C_L}{\partial \eta_W} = 0.22$$

$$\frac{\partial C_L}{\partial \eta_B} = 0.43$$

$$\frac{\partial C_L}{\partial \alpha} = 2,5$$

$$\alpha = 12^\circ$$

$$\eta_W = 18^\circ$$

$$\eta_B = 18^\circ$$

Слайд 21



Эскизный проект



Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

VELA 2

Допущения:

OEW / MTOW = 0,5

LOFTIN: 0,52 (T/W!) A380: 0,49 VELA 2: 0,55 → 0,48

SFC = 1.4 mg/(Ns)

по новейшей технологии

скорость захода на посадку= 165 kt

Масса пассажиров и багажа при продолжительном полете: 97.5 kg на пассажира

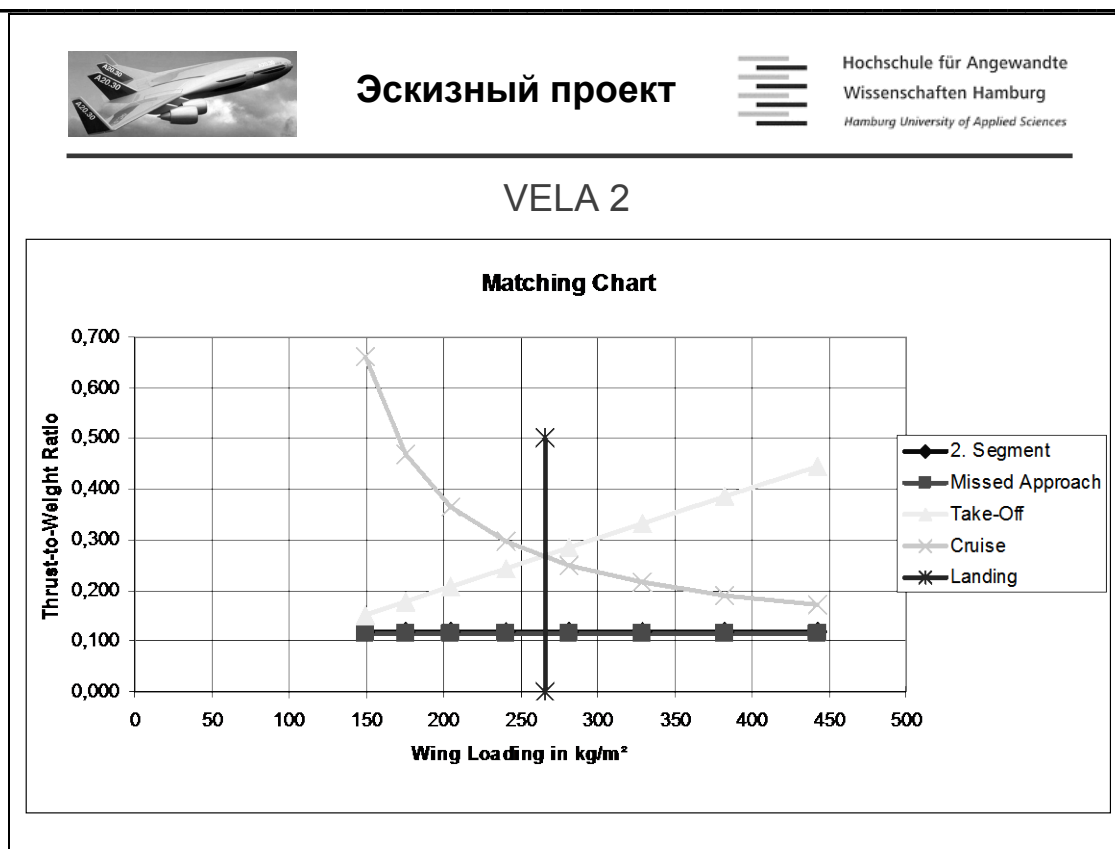
Дано:

Площадь крыла:

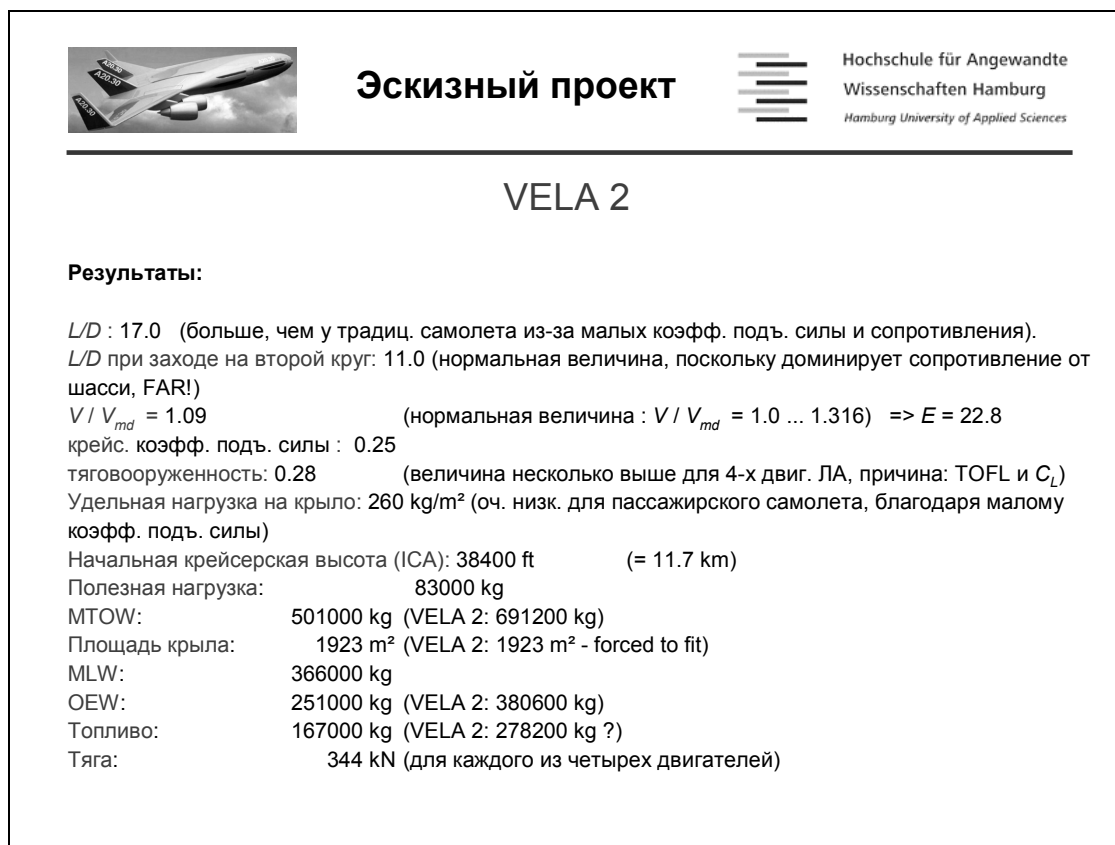
1923 m²

Слайд 22

Дитер Шольц “Студенческий проект самолета типа «Летающее крыло (BWB)» – От проектирования до летных испытаний”



Слайд 23



Слайд 24

Дитер Шольц “Студенческий проект самолета типа «Летающее крыло (BWB)» – От проектирования до летных испытаний”



Эскизный проект



Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

VELA 3

Допущения:

OEW / MTOW = 0,5
преимущества BWB?

SFC

LOFTIN: 0,52 (T/W!) A380: 0,49 конструктивные

= 1.6 mg/(Ns) предполагался нормальный технологический уровень

скорость захода на посадку = 165 kt

резервы: 200 NM to alternate, 30 min. holding, 5% trip fuel allowance

Дано:

дальность: 7650 NM

MTOW: 700000 kg

площадь крыла: 2052 m²

удельная нагрузка: 341 kg/m² (very low for pass. transp. due to low lift coeff.)

масса пасс. и багажа: 95.0 kg per pax

полезн. нагрузка: 71250 kg

Слайд 25



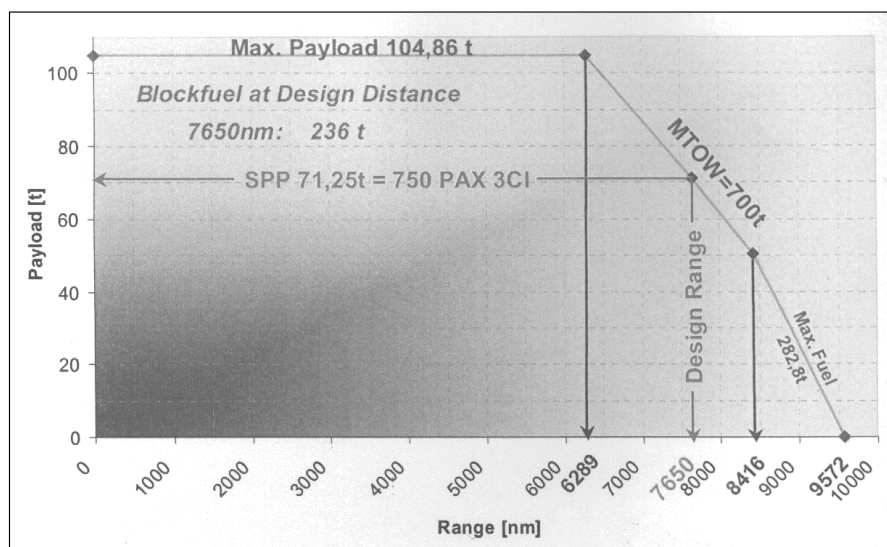
Эскизный проект



Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

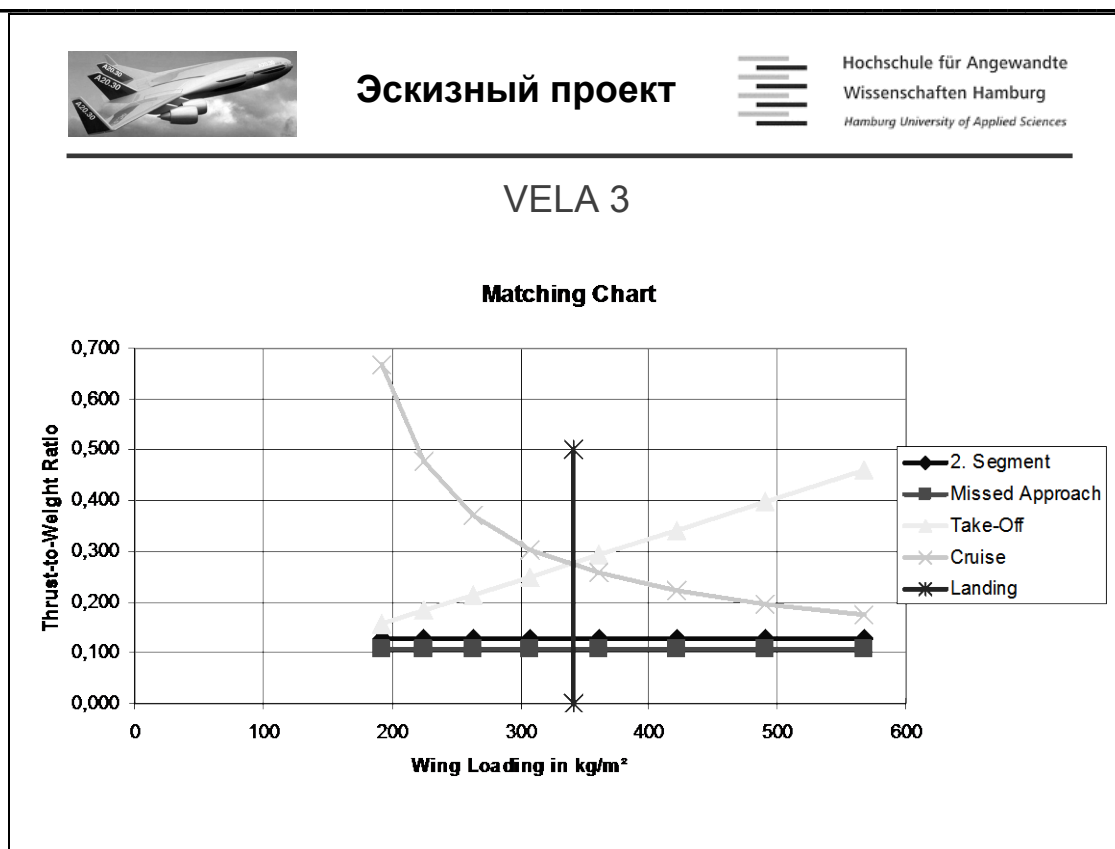
VELA 3

Дано:

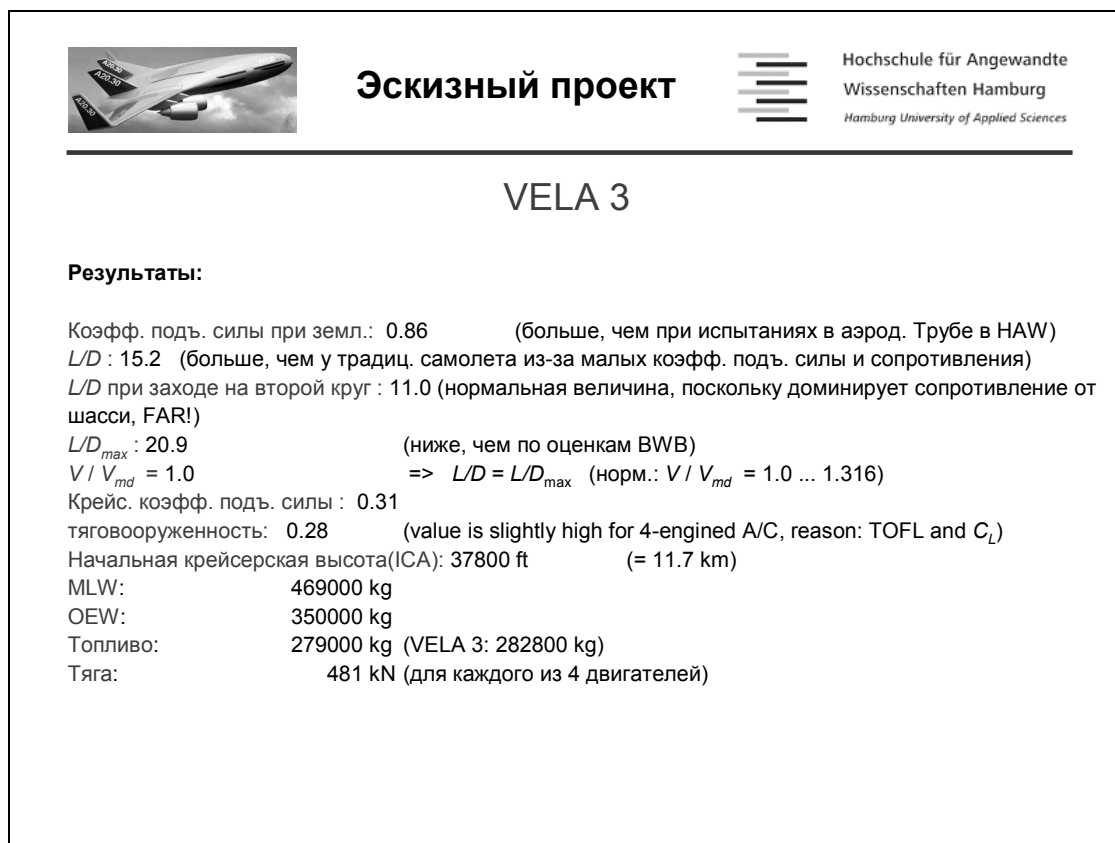


Слайд 26

Дитер Шольц “Студенческий проект самолета типа «Летающее крыло (BWB)» – От проектирования до летных испытаний”



Слайд 27



Слайд 28

Дитер Шольц “Студенческий проект самолета типа «Летающее крыло (BWB)» – От проектирования до летных испытаний”



Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences



BWB

**сводка результатов из
других областей**

Слайд 29

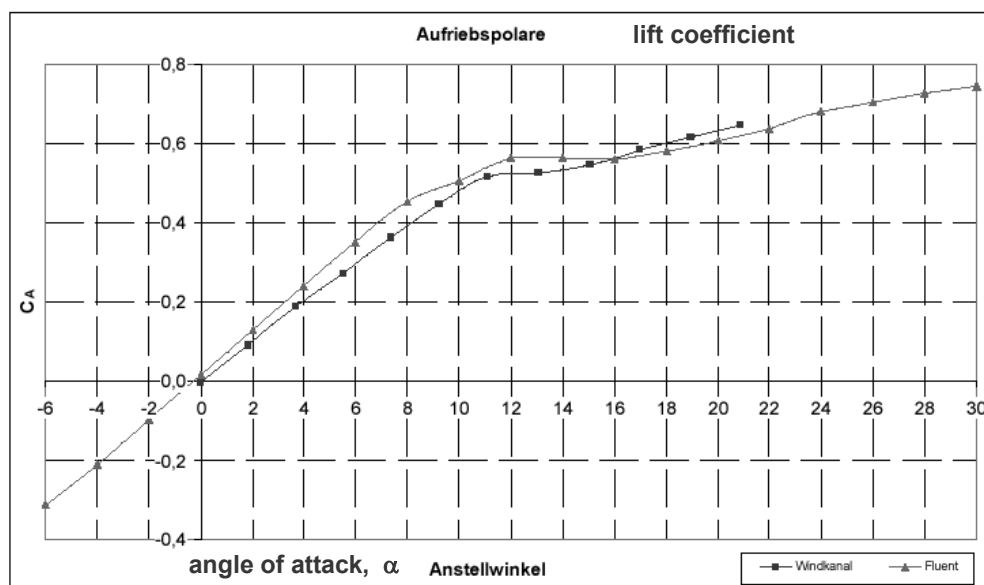


Аэродинамика

Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

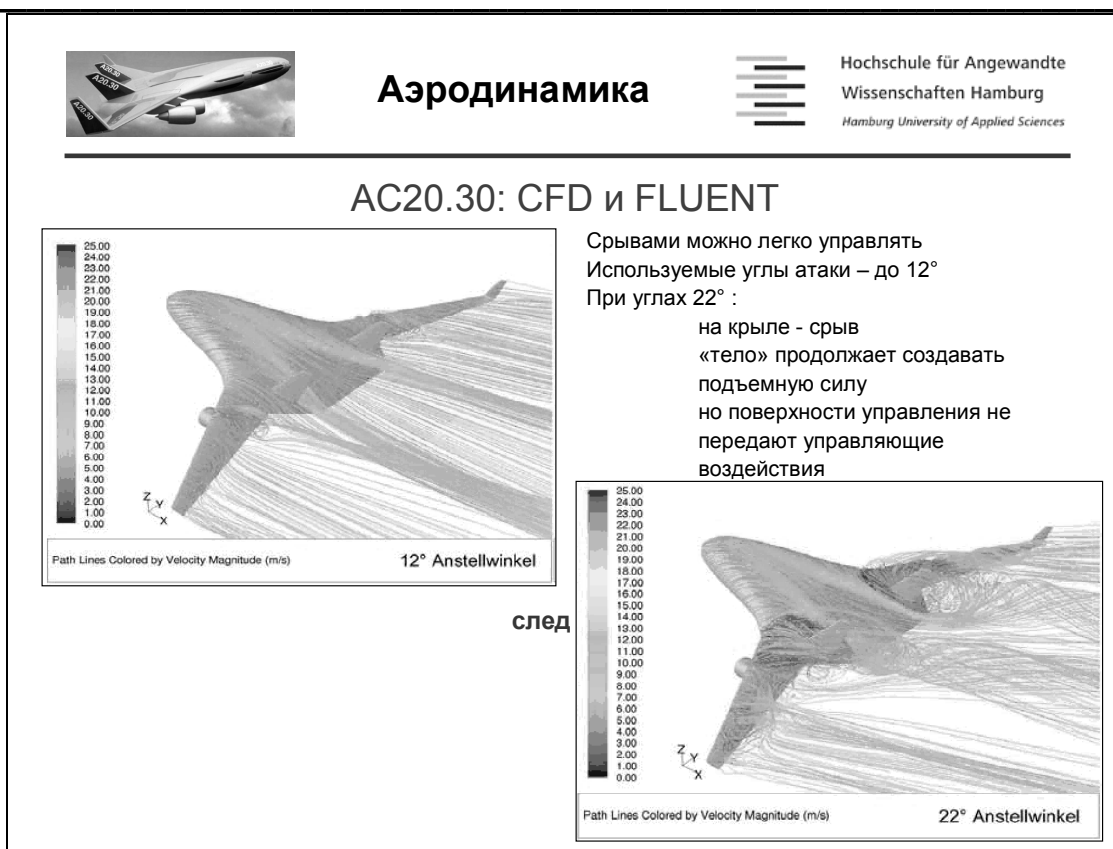
AC20.30: CFD и FLUENT

Дипломная работа: Н. Brunswig

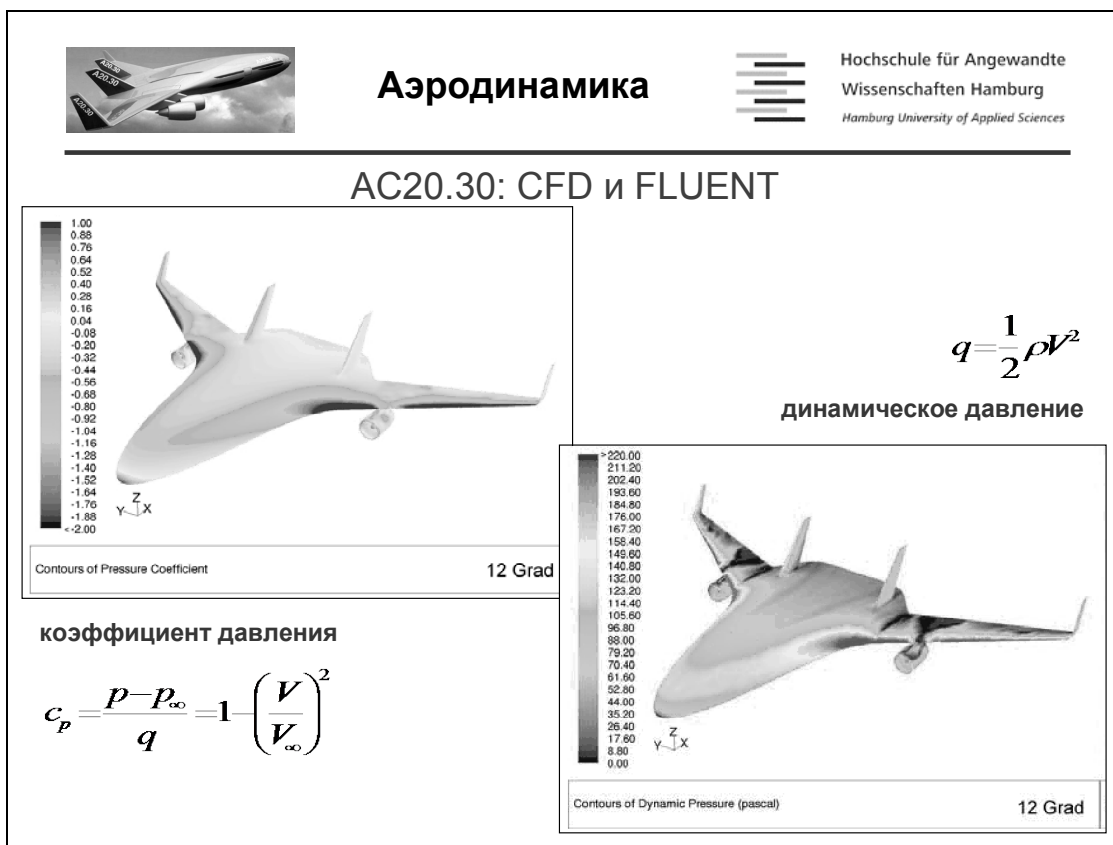


Слайд 30

Дитер Шольц “Студенческий проект самолета типа «Летающее крыло (BWB)» – От проектирования до летных испытаний”



Слайд 31



Слайд 32

Дитер Шольц “Студенческий проект самолета типа «Летающее крыло (BWB)» – От проектирования до летных испытаний”

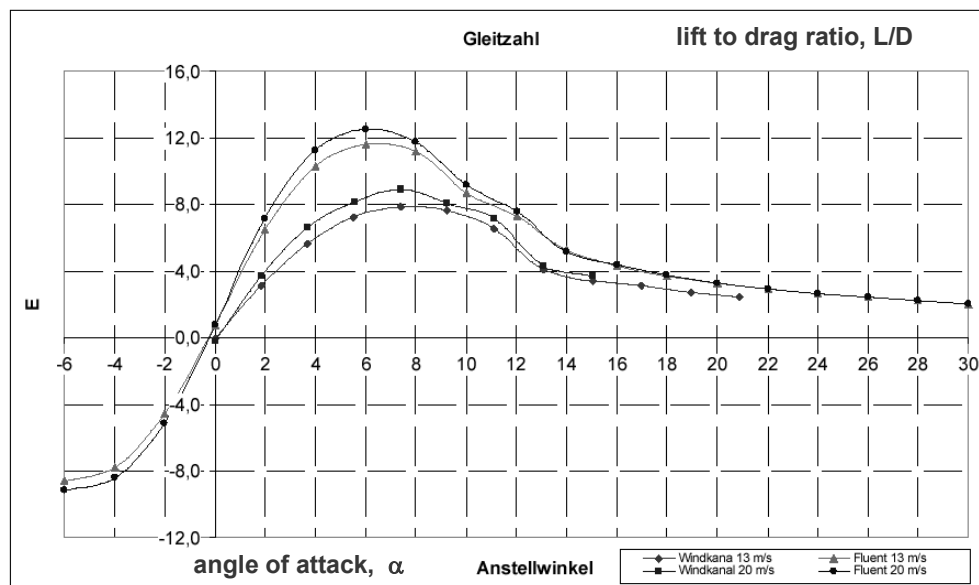


Аэродинамика



Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

AC20.30: CFD with FLUENT



Слайд 33

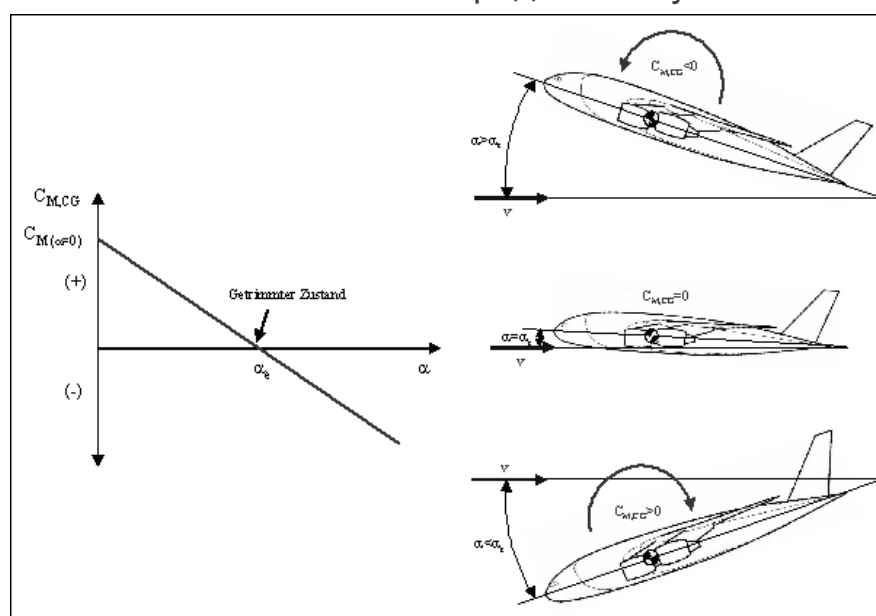


Динамика полета



Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Обеспечение статической продольной устойчивости



Слайд 34

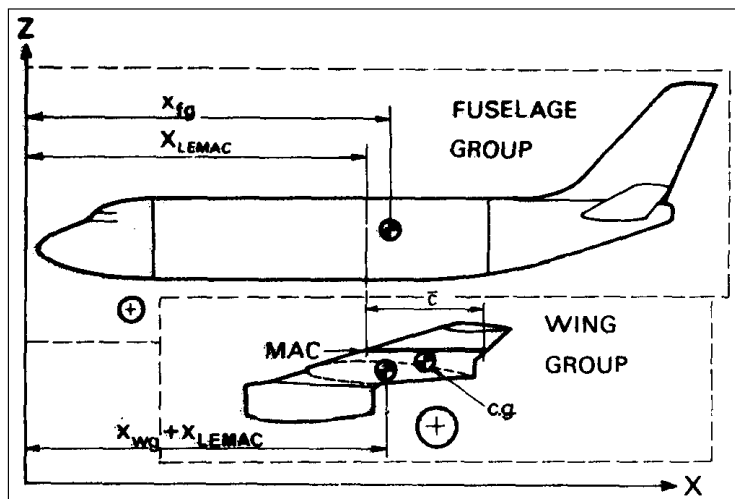
Дитер Шольц “Студенческий проект самолета типа «Летающее крыло (BWB)» – От проектирования до летных испытаний”



Динамика полета



Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences



Нужное положение центра тяжести на САХ для обеспечения запаса статической устойчивости достигается на традиционных ЛА путем смещения крыла относительно фюзеляжа. Этот подход не годится для BWB!

$$x_{LEMAC} = x_{fg} - x_{cg} + \frac{m_{wg}}{m_{fg}} (x_{wg} - x_{cg})$$

Слайд 35

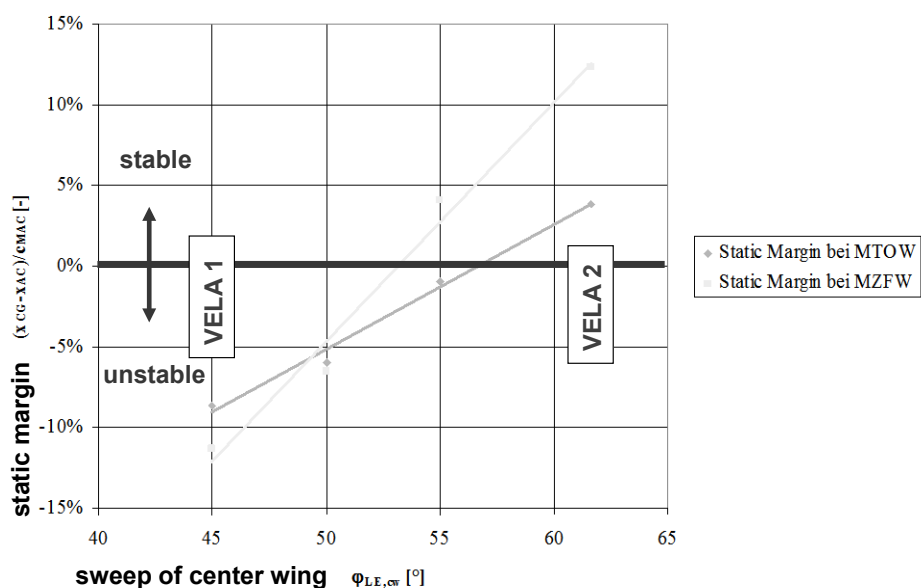


Динамика полета



Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Статическая продольная устойчивость для схем VELA



Слайд 36

Дитер Шольц “Студенческий проект самолета типа «Летающее крыло (BWB)» – От проектирования до летных испытаний”

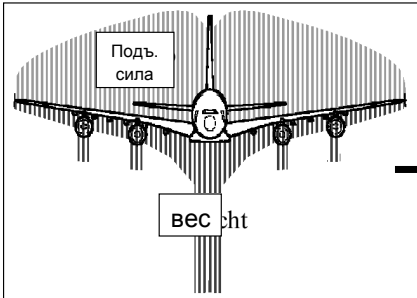


Конструкции

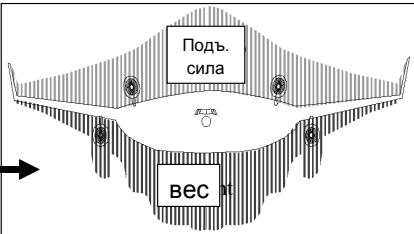


Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Потенциал для уменьшения веса у схемы BWB

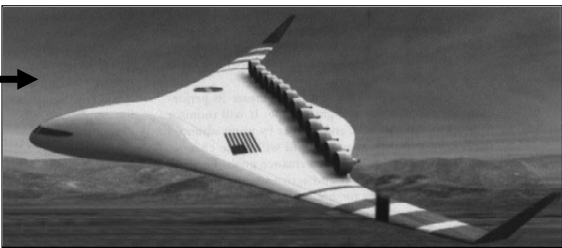


Подъ. сила
вес



Подъ. сила
вес

У «летающего крыла» и BWB меньшие изгибающие моменты

Проект BWB с распределенной СУ (Virginia Polytechnic)

Слайд 37

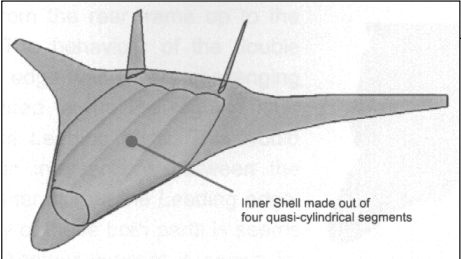


Конструкции

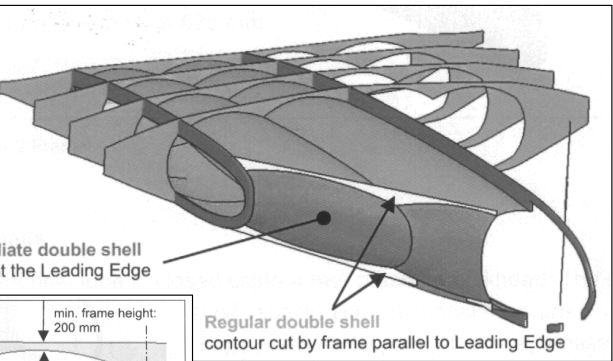


Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

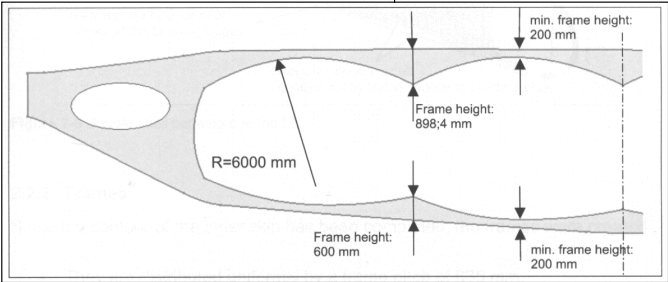
VELA 2 – Основная конструктивная схема Thesis: T. Kumar Turai



Inner Shell made out of four quasi-cylindrical segments



Intermediate double shell contour at the Leading Edge
Regular double shell contour cut by frame parallel to Leading Edge



$R=6000 \text{ mm}$
min. frame height: 200 mm
Frame height: 698,4 mm
Frame height: 600 mm
min. frame height: 200 mm

Слайд 38

Дитер Шольц “Студенческий проект самолета типа «Летающее крыло (BWB)» – От проектирования до летных испытаний”

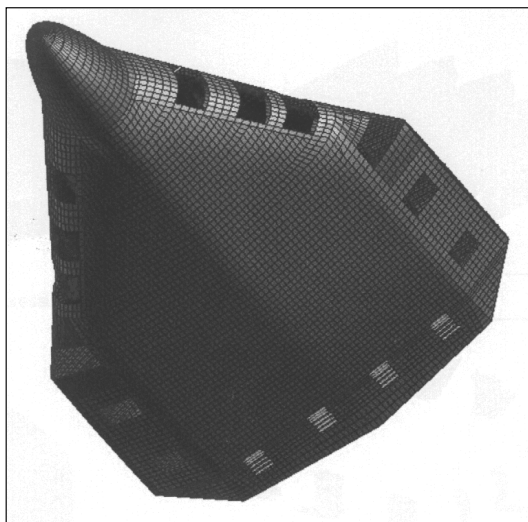


Конструкции

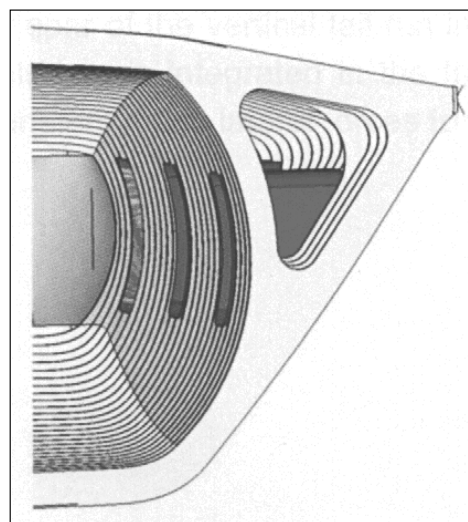


Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

VELA 2 – Расположение дверей



Вырезы для дверей



«Внедрение» дверей

Слайд 39



Массовый Прогноз



Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

VELA 2

Вес	F. Bansa	T. Kumar Turai	T. Kumar Turai (FEM)
10 Конструкция	234669 kg	253529 kg	210070 kg
20 СУ	37731 kg	36603 kg	->
30/40 Системы	19795 kg	23302 kg	->
50 Оборуд. салона	35313 kg	27588 kg	->
60 Operator Items	35313 kg	39578 kg	->
OWE	362820 kg	380600 kg	337141 kg
OWE/MTOW	0.525	0.551	0.488
Loftin	0.521		
Marckwardt	0.462		
A380-800	0.501		
A340-600	0.475		
Для расчетов первого приближения взята цифра: 0.500			
Результат: Конструкция BWB незначительно изменяет отношение OWE/MTOW!			
Последние данные: Схема с одной оболочкой может дать OWE/MTWO = 0.44 ... 0.46 !			

Слайд 40

Дитер Шольц “Студенческий проект самолета типа «Летающее крыло (BWB)» – От проектирования до летных испытаний”



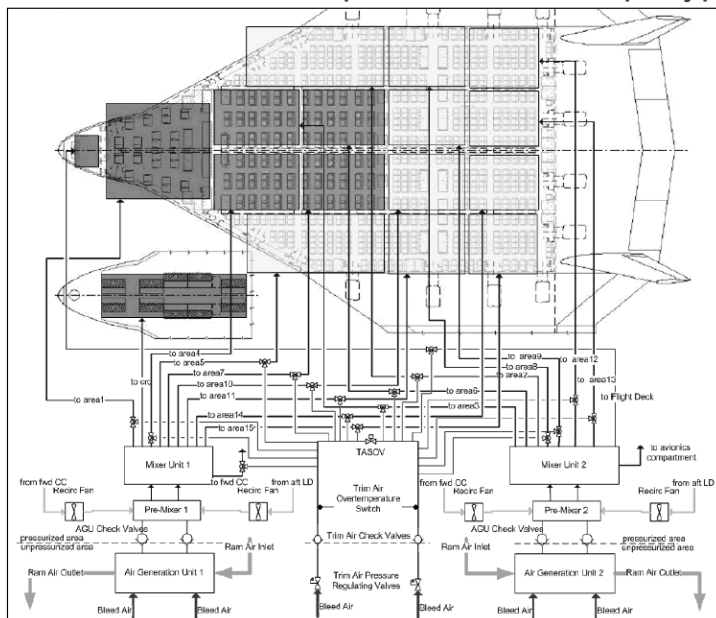
Интегрирование систем



Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

VELA 2 - ATA 21 – Управление температурой и Вентиляция

Diplomarbeit: M. Mahnken



Шаги по интегрированию системы:
1.) Разработка схемы
2.) Образмеривание
3.) Прокладка

Слайд 41

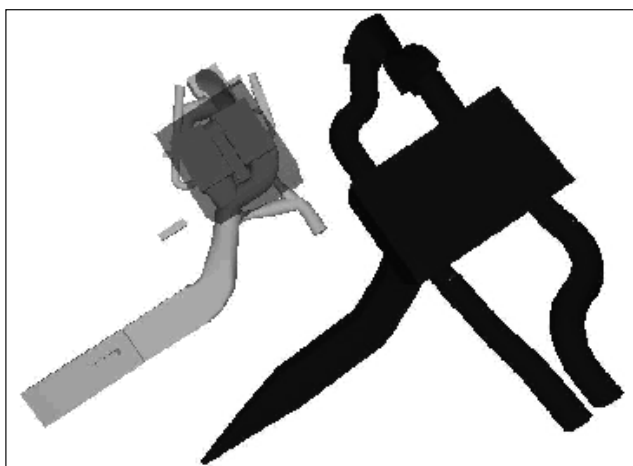


Интегрирование систем



Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

VELA 2 - ATA 21 - Компоновка



Air Generation Unit (pack): A380 and VELA 2

Шаги по интегрированию системы:
1.) Разработка схемы
2.) Образмеривание
3.) Прокладка

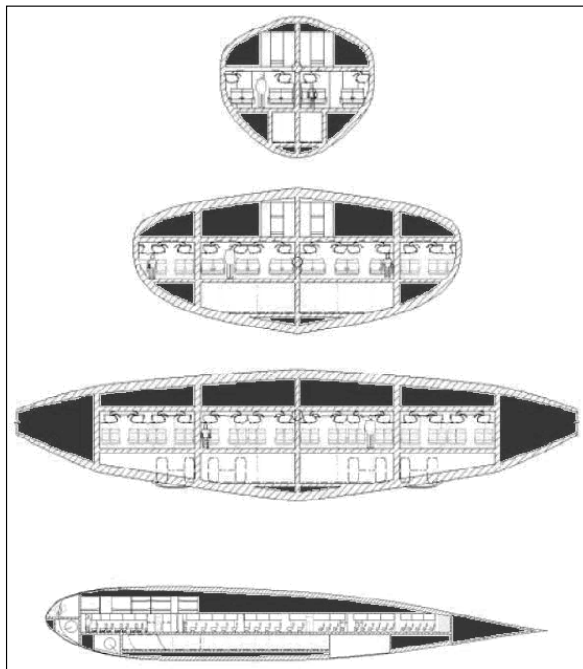
Слайд 42

Дитер Шольц “Студенческий проект самолета типа «Летающее крыло (BWB)» – От проектирования до летных испытаний”



Интегрирование систем

Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences



VELA 2 - Места установки

Шаги по интегрированию системы:

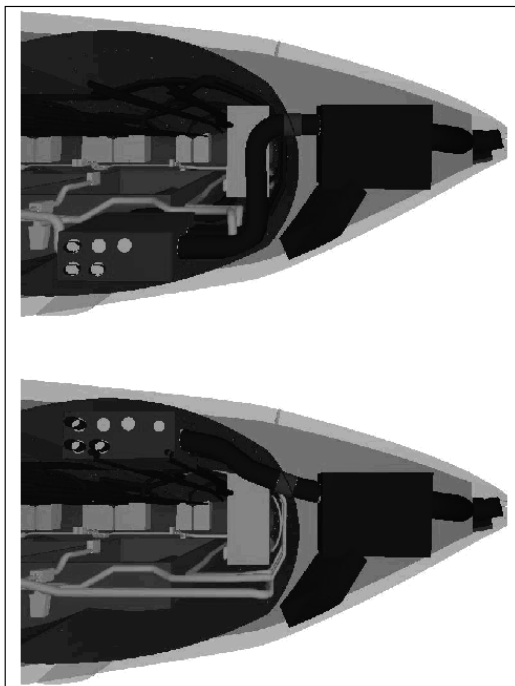
- 1.) Разработка схемы
- 2.) Образмеривание
- 3.) Прокладка

Слайд 43



Интегрирование систем

Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences



VELA 2 - ATA 21 – Расположение смесительного блока

Шаги по интегрированию системы:

- 1.) Разработка схемы
- 2.) Образмеривание
- 3.) Прокладка

Воздушный Генератор расположен в крыле.

Альтернативный вариант (над кабиной) расположения смесителя исключает вертикальные каналы.

Каналы для циркуляции воздуха.

Слайд 44

Дитер Шольц “Студенческий проект самолета типа «Летающее крыло (BWB)» – От проектирования до летных испытаний”

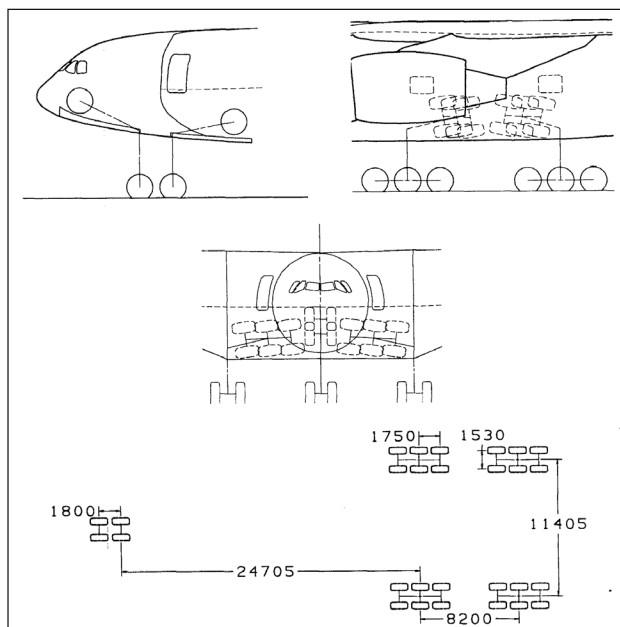


Интегрирование систем



Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

VELA 3 – Компонировка шасси



Две передние стойки со
сдвоенными колесами.
Два уборочных механизма.

Две основные стойки по 6
колес .
Специальный механизм
уборки/выпуска.

Расстояние между основными
опорами - всего 11.4 m из-за
расположения нервюр
(требуемое расстояние < 16 m)

Эмпирическое правило : 30 t /
на колесо ООШ
=> max. MTOW: 720 t

Слайд 45



Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences



Авиа-Транспортная Система

Слайд 46

Дитер Шольц “Студенческий проект самолета типа «Летающее крыло (BWB)» – От проектирования до летных испытаний”

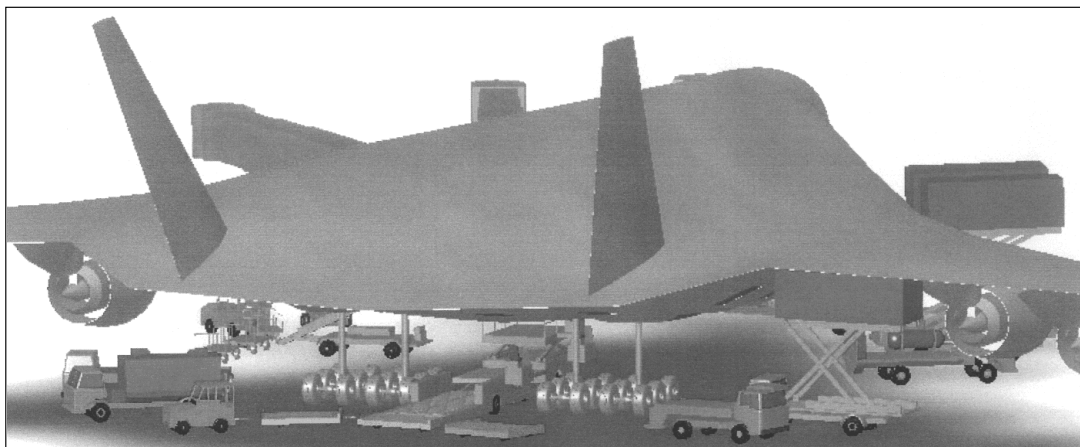


Наземное обслуживание



Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

VELA 3



Погрузочные устройства проезжают между ООШ. Погрузка осуществляется снизу при помощи подъемников.

Обслуживание с правой стороны.

Сбор отходов и слив сточных вод осуществляется в левой части на задней кромке.

Слайд 47

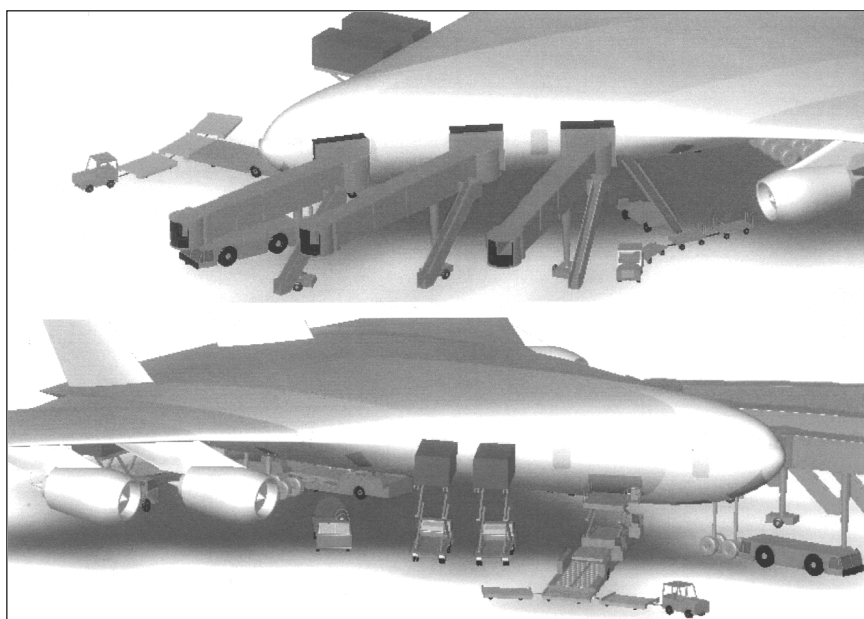


Наземное обслуживание



Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

VELA 2



Погрузка справа.

Обслуживание справа.

Посадка – через 3 трапа.

Топливный бак – под правым крылом.

Буксир.

Не показаны:
Наземная электрическая установка,
воздушная система запуска, установка для кондиционирования, грузовой автомобиль, обеспечивающий водоснабжение, автомобиль, обслуживающий сан. узлы.

Слайд 48

Дитер Шольц “Студенческий проект самолета типа «Летающее крыло (BWB)» – От проектирования до летных испытаний”

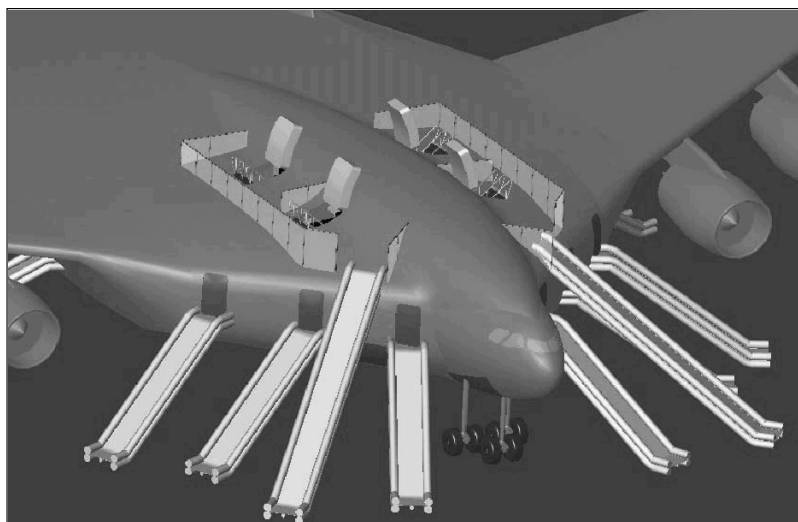


Аварийные ситуации



Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

VELA 1 – Аварийная эвакуация – Надувные трапы - Аварийное приводнение



Эта модификация VELA 1 позволяет также эвакуировать пассажиров после посадки на воду через крыльевые двери.

В стандартной конфигурации VELA 1, 2, 3 не может быть сертифицирована, поскольку двери не рассчитаны на погружение в воду.

Надувные трапы у передних дверей.

Слайд 49



Спутный след



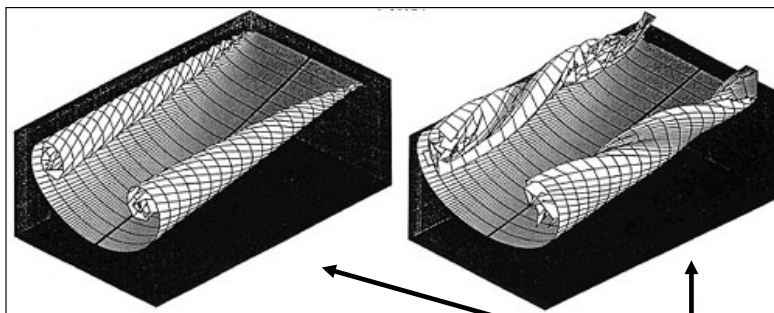
Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Спутный след - основы

Концевые вихри обуславливают индукционное сопротивление, D_i .

Спутный след создает для летящего сзади самолета.

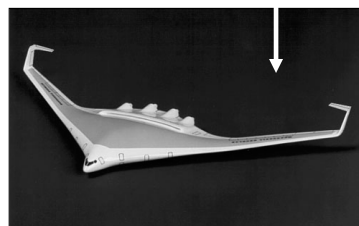
Исходная мощность спутного следа зависит от основных параметров самолета:



Затухание спутного следа от традиционного и С-образного крыла.

$$P_{wake} = D_i V = \frac{2g^2}{\pi A e} \frac{m(m/S)}{\rho V}$$

С-образное крыло на BWB:



Слайд 50

Дитер Шольц “Студенческий проект самолета типа «Летающее крыло (BWB)» – От проектирования до летных испытаний”



Спутный след



Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Спутный след - Сравнение

$$\frac{P_{wake, BWB}}{P_{wake, A380}} \approx \frac{A_{A380}}{A_{BWB}} \cdot \frac{m_{MIO, BWB}}{m_{MIO, A380}} \cdot \frac{(m/S)_{BWB}}{(m/S)_{A380}} = \frac{7.53}{4.83} \cdot \frac{700}{560} \cdot \frac{341}{663} = 1.00$$

С данными по BWB схемы VELA 3. Результат: особых проблем не ожидается.

Слайд 51



Компоновка

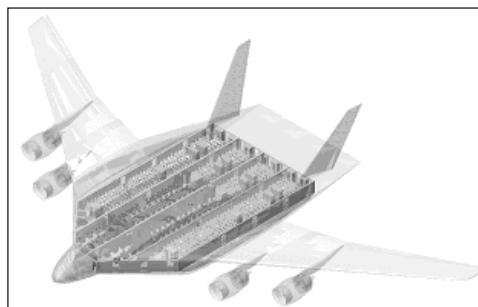
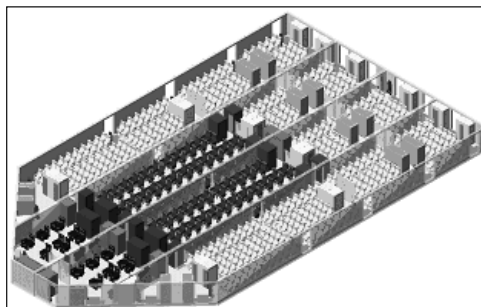
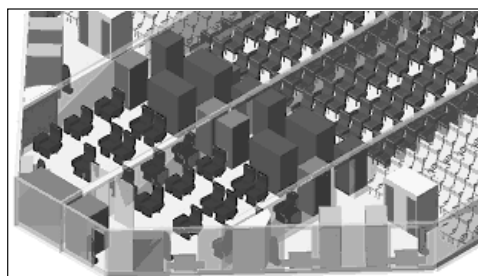
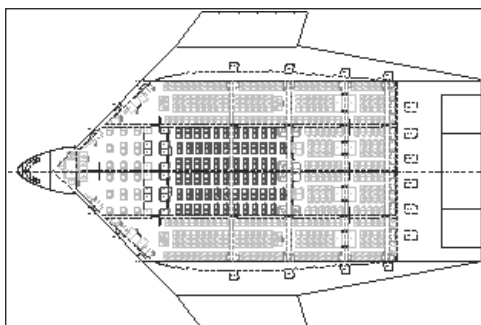


Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

VELA 1 – Компоновка кабины

Diplomarbeit: S. Lee

Vertical acceleration for pax on outer seats.



Слайд 52

Дитер Шольц “Студенческий проект самолета типа «Летающее крыло (BWV)» – От проектирования до летных испытаний”



Интерьерные решения



Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

BWB с двойной палубой



Слайд 53

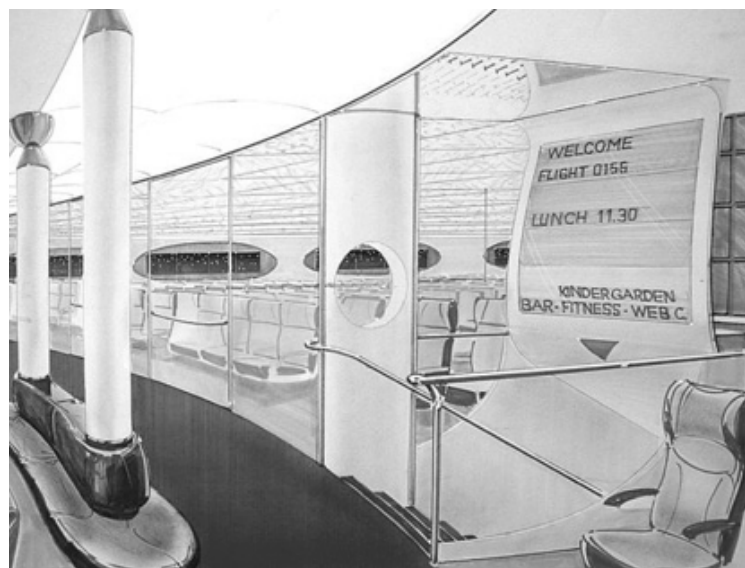


Интерьерные решения



Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Использование места под палубой – Искусственные окна



Слайд 54

Дитер Шольц “Студенческий проект самолета типа «Летающее крыло (BWB)» – От проектирования до летных испытаний”



Интерьерные решения



Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Крыло BWB изнутри



Слайд 55



Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences



AC20.30

Слайд 56

Дитер Шольц “Студенческий проект самолета типа «Летающее крыло (BWB)» – От проектирования до летных испытаний”



AC20.30



Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Испытательные полеты

параметры AC20.30

Масштаб	1:30
Размах	3.24 m
Длина	2.12 m
MTOW	12.5 kg
Двигатели	2 electric driven fans
Тяга	2 x 30 N
Потреб. мощность	2 x 1400 W






Слайд 57



AC20.30



Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Испытательные полеты

Записанные параметры

Барометрическая высота, две температуры, напряжение, ток

возд. скорость, частота двигателя

GPS-координаты (=> пространственная скорость и скорость относительно земли)

Угол атаки, угол бокового скольжения

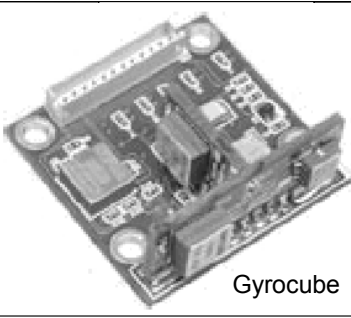
3 перегрузки, 3 скорости вращения

положения 4 управляющих поверхностей

снимки бортовой камеры







Gyrocube



Слайд 58

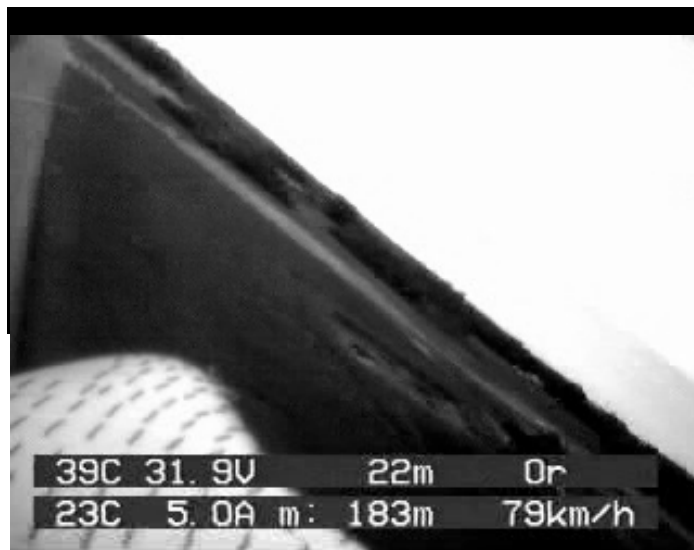
Дитер Шольц “Студенческий проект самолета типа «Летающее крыло (BWB)» – От проектирования до летных испытаний”



AC20.30 Летные испытания



Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences



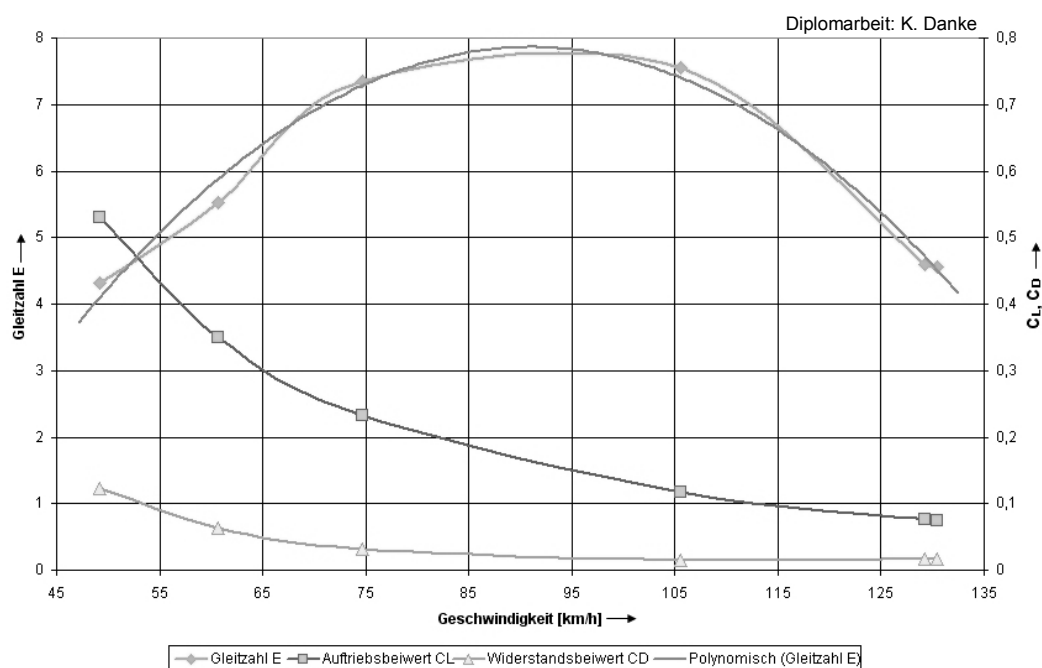
Слайд 59



AC20.30



Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences



Слайд 60

Дитер Шольц “Студенческий проект самолета типа «Летающее крыло (BWB)» – От проектирования до летных испытаний”



AC20.30



Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Эйлеровы углы, испытательные полеты с "Gyrocube"

$$U = V_T \cos \beta \cos \alpha$$

$$V = V_T \sin \beta$$

$$W = V_T \cos \beta \sin \alpha$$

$$a_x = \dot{U} + QW - RV + g \sin \Theta$$

← Разрешено через угол тангажа, Θ

$$a_y = \dot{V} + RU - PW - g \cos \Theta \sin \Phi$$

← Разрешено через угол крена, Φ

$$a_z = \dot{W} + PV - QU - g \cos \Theta \cos \Phi$$

← Проверка результатов

Опыт с техникой измерений:

Простой и недорогой метод.

Проблем с отклонениями не замечено

Хорошие результаты получены только для маневров с умеренной динамикой.

Слайд 61

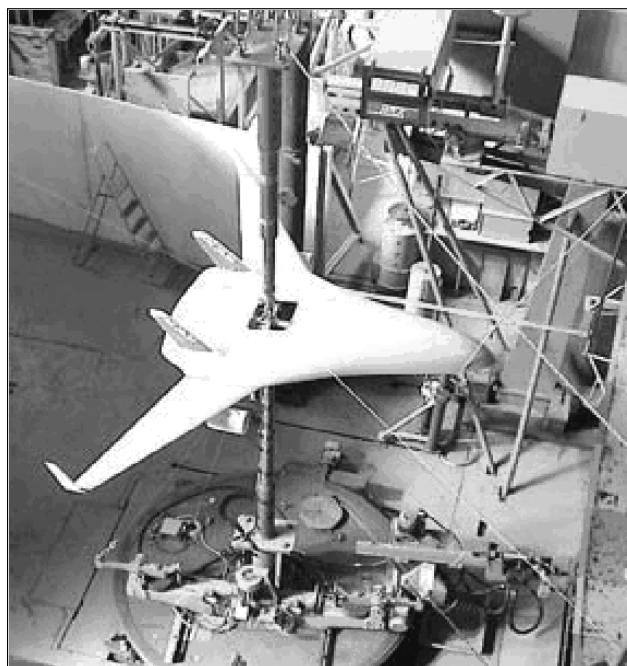


AC20.30



Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Испытания в аэродинамической
трубе



Слайд 62

Дитер Шольц “Студенческий проект самолета типа «Летающее крыло (BWB)» – От проектирования до летных испытаний”

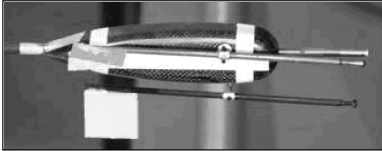


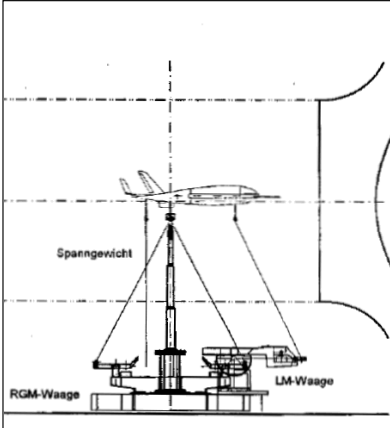
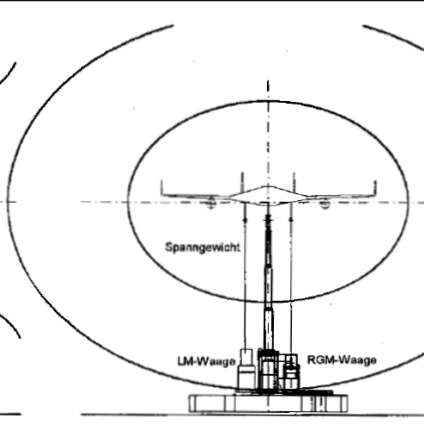
AC20.30



Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences





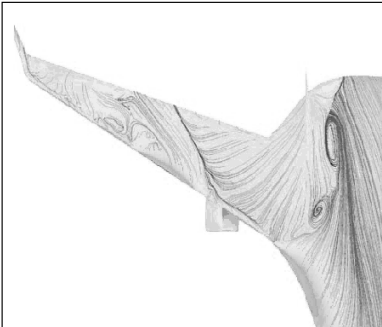
Слайд 63



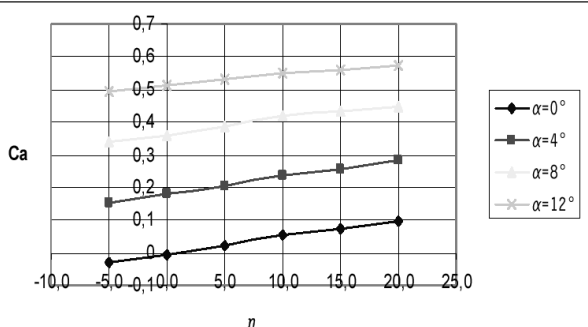
AC20.30



Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences




$\alpha = 20^\circ$



α (°)	C_a ($\alpha=0^\circ$)	C_a ($\alpha=4^\circ$)	C_a ($\alpha=8^\circ$)	C_a ($\alpha=12^\circ$)
-5.0	0.00	0.15	0.30	0.45
0.0	0.00	0.18	0.33	0.48
5.0	0.02	0.21	0.36	0.51
10.0	0.04	0.24	0.39	0.54
15.0	0.06	0.27	0.42	0.57
20.0	0.08	0.30	0.45	0.60

Линии тока на поверхности (слева)
Флуоресцентная картина в
аэродинамической трубе (справа).

Зависимость коэффициента
подъемной силы от угла отклонения
закрылка и угла атаки.

Слайд 64

Дитер Шольц “Студенческий проект самолета типа «Летающее крыло (BWB)» – От проектирования до летных испытаний”



Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences



Выводы

Слайд 65



Выводы

Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Преимущества BWB по сравнению с современными самолетами

Уменьшение веса:	порядка 8%
L/D :	на 10 - 15% лучше (не видно из проекта AC20.30)
Уменьшение потребления горючего :	да, благодаря значению отношения L/D
Уменьшение вредных выбросов:	да
Уменьшение шума:	только при расположении двигателей сверху
Увеличение вместимости аэропортов:	да, более 750 пассажиров в самолете (вероятно, без проблем со спутным следом)

Но:

Не решены проблемы с сертификацией :	неустойчивая конфигурация, приводнение
Не решены конструкторские проблемы :	вращение при взлете, компоновка шасси, ...

Слайд 66

Дитер Шольц “Студенческий проект самолета типа «Летающее крыло (BWB)» – От проектирования до летных испытаний”



Конец



Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences



Слайд 67



Спутный след



Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences



**Cessna Citation VI,
170 kt, 8400 kg**

Слайд 68

Дитер Шольц "Студенческий проект самолета типа «Летающее крыло (BWB)» – От проектирования до летных испытаний"



Дополнительные слайды



Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Wake Turbulence

Strength of wake turbulence $\sim D_i$

Energy " " " $\sim D_i \cdot S$

Power " " " $\sim D_i \cdot V = P_{wake}$

$$D_i = \frac{1}{2} \rho V^2 \cdot C_{Di} \cdot S = \frac{1}{2} \rho V^2 \cdot \frac{C_L^2}{\pi A e} \cdot S$$

$$m \cdot g = \frac{1}{2} \rho V^2 \cdot C_L \cdot S \quad C_L = \frac{2 m g}{\rho V^2 \cdot S}$$

$$D_i = m \cdot g \cdot \frac{C_L}{\pi A e} = \frac{2 m^2 \cdot g^2}{\rho V^2 S \cdot \pi A e}$$

$$D_i = \frac{1}{\pi A e} \cdot \frac{2 g^2}{S \cdot V^2} \cdot m \cdot \frac{m}{S}$$

$$P_{wake} = \frac{2 g^2}{\pi A e} \cdot \frac{m \cdot m}{S \cdot V}$$

$$\frac{P_{wake, BWB}}{P_{wake, A380}} = \frac{A_{A380}}{A_{BWB}} \cdot \frac{m_{BWB}}{m_{A380}} \cdot \frac{(m/s)_{BWB}}{(m/s)_{A380}}$$

$$= 1,00$$

Flugzeugvergleichsdaten

	A380	VELA3
S	845 m ²	2052 m ²
b	79,75 m	99,6 m
m _{MTO}	560 t	700 t
m/s	663 kg/m ²	341 kg/m ²
A = $\frac{b^2}{S}$	7,53	4,83

$$\frac{P_{wake, BWB}}{P_{wake, A380}} = \frac{7,53}{4,83} \cdot \frac{700 t}{560 t} \cdot \frac{341 \text{ kg/m}^2}{663 \text{ kg/m}^2}$$

$$= 1,00$$

Слайд 69



Требования к аэродрому



Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

ICAO aerodrome reference codes [ICAO, 1999]

Aerodrome code number	Reference field length (m)	Aerodrome code letter	Wingspan (m)	Outer main gearwheel span (m)
1	<800	A	<15	<4.5
2	800-<1200	B	15-<24	4.5-<6
3	1200-<1800	C	24-<36	6-<9
4	≥1800	D	36-<52	9-<14
		E	52-<65	9-<14
		F	65-<80	14-<16

FAA airport reference codes [FAA, 1989] VELA 3: 11,4 m

Aircraft approach category	Aircraft approach speed (kn)	Aeroplane design group	Aircraft wingspan (m)
A	<91	I	<15
B	91-<121	II	15-<24
C	121-<141	III	24-<36
D	141-<166	IV	36-<52
E	≥166	V	52-<65
		VI	65-<80

VELA 3: 99,6 m

International Civil Aviation Organization: Annex 14 – Aerodromes. Montreal, QC, Canada, 1999
Federal Aviation Administration: Airport Design. Washington, DC, USA, 1989. - Advisory Circular No. 150/5300-13

Слайд 70

“Concept Laboratory” at LiTH

Patrick Berry
EWADE 2007 Samara

Слайд 1

Цели

- Реализация концепции в уменьшенном масштабе
- Создание упрощенных способов и методов проектирования и производства simpler для оценки концепции и проведения летных испытаний
- Заказчики: промышленность, НИИ и университеты

Слайд 2

Зачем?

- Сложности при принятии решений, основанных только на "бумажной документации"
- Потребность в инструменте для оценки рисков
- Оценка способов управления
- C of G at the right place?
- Дороговизна при самостоятельном производстве
- Дополнительные более дорогостоящие испытания

Слайд 3

Как?

- Создать технологию
- Использование системы CATIA V5 для взаимодействия с заказчиком
- Создать программу для измерений
- Учесть влияние масштабирования
- Создать технологические процессы для различных типов моделей
- Методология летных испытаний

Слайд 4

Основа – Студенческие проекты

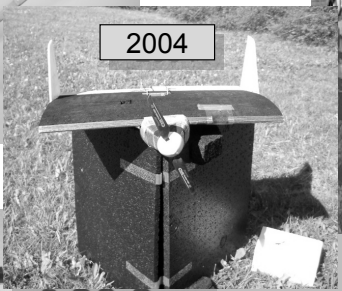
2002-2003



1999



2004



2000

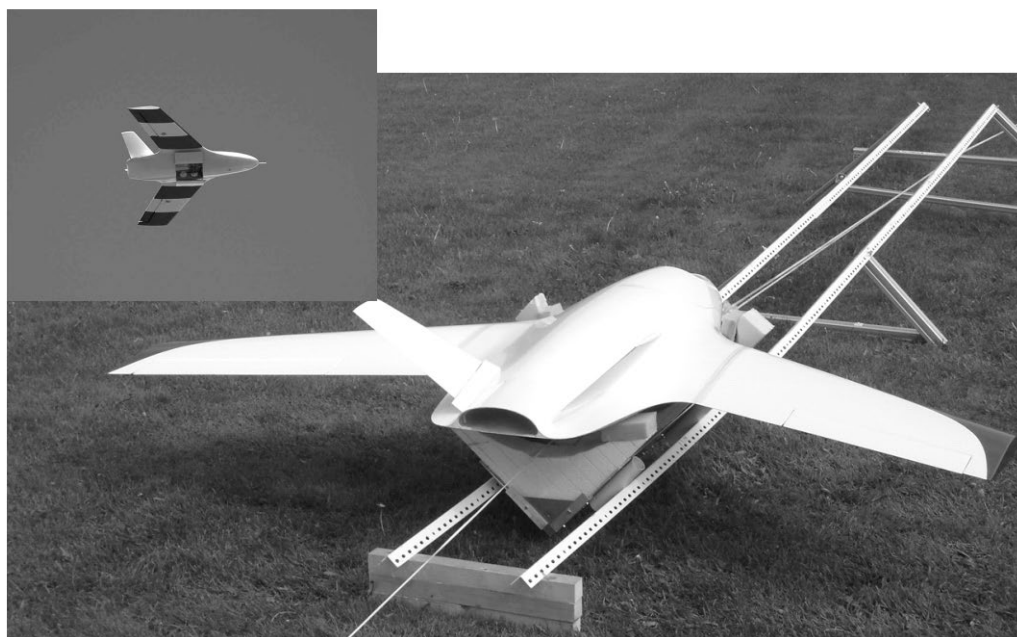


2001



Слайд 5

Manta-2005



Слайд 6

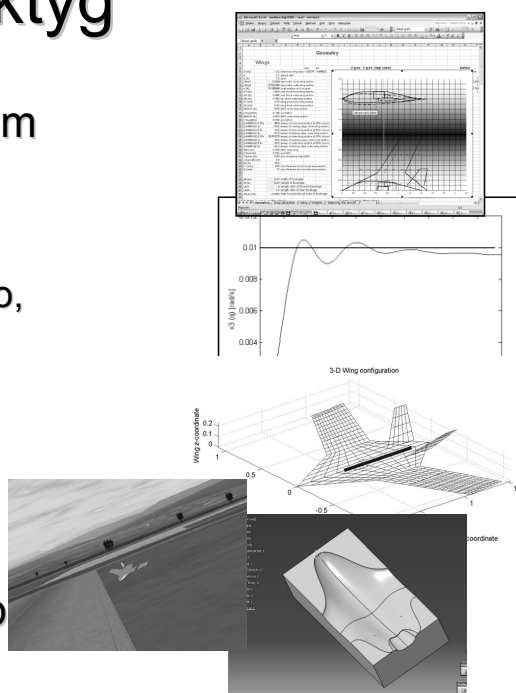
Munin-2006



Слайд 7

Verktyg

- Dimensioneringsprogram i Excel
- Matlab
 - Аэродинамика (Tornado, KTH)
 - Динамика полета (DATCOM)
- Catia V5 (конструирование)
- Flight Gear (симулятор)



Слайд 8

Munin



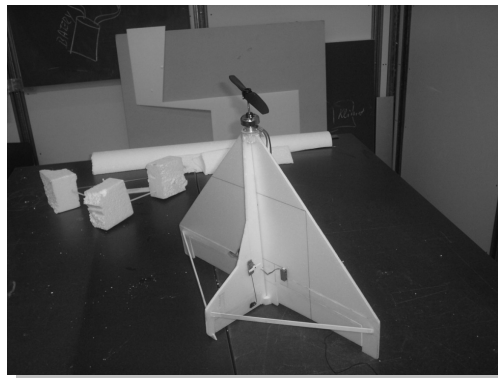
Слайд 9

Международная команда



Слайд 10

Испытания различных концепций вертикального взлета



Слайд 11

• Excel :

• Геометрия :

• Основное крыло: расчетная площадь .580 m²

Размах 1.800 m

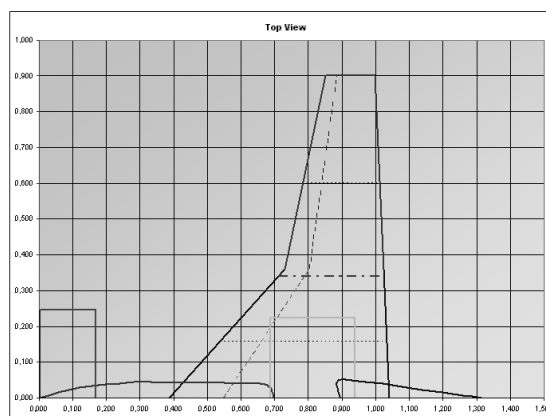
Относительное удлинение 5.600

центроплан сужение .450

стреловидность по передней
кромке 43.340

консоль сужение .504

стреловидность по передней
кромке 12.253

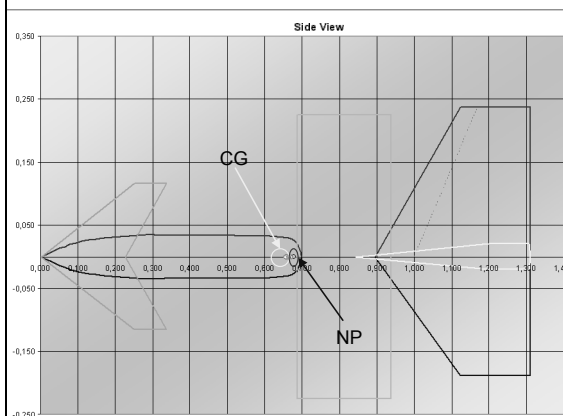


Слайд 12

Патрик Берри

• Excel :

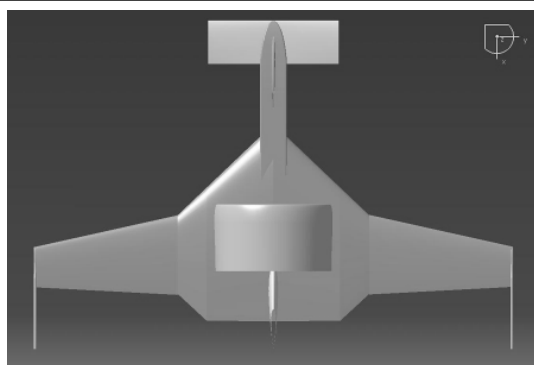
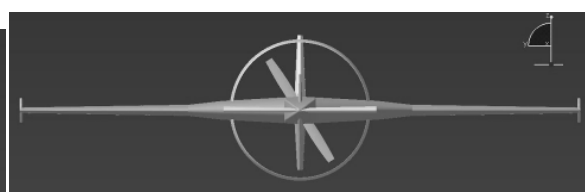
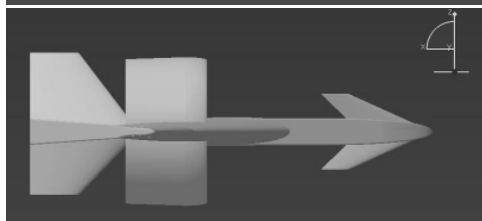
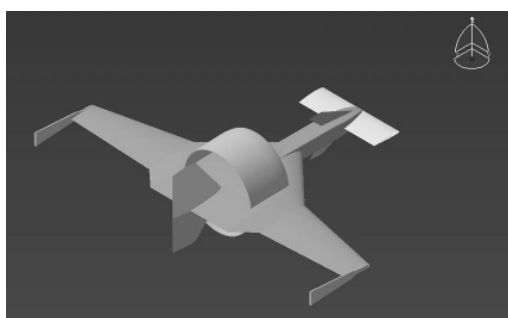
• Балансировка:



Component	Mass (kg)	x (m)	y (m)	z (m)	Ix
Battery	0,120	0,510	0		0,061
Black box	0,000	0,000			0,000
Canard	0,053	0,126	0	0,000	0,007
Conventional landing gear	0,100	0,000			0,000
Dorsal fin	0,020	0,141	0	0,000	0,003
Duct	0,293	0,813	0	0,000	0,238
Engine+prop	1,500	0,650			0,975
Engine mount	0,050	0,600			0,030
Fuselage	0,108	0,500	0	0,000	0,054
Fuel tank	0,075	0,530			0,040
Gyro	0,050	0,300			0,015
Horizontal stabiliser	0,000	1,200	0	0,000	0,000
Receiver	0,040	0,900			0,036
Servo 1 right aileron	0,049	0,900			0,044
Servo 2 left aileron	0,049	0,900			0,044
Servo 3 vertical fin	0,049	1,000			0,049
Servo 4 throttle	0,030	0,400			0,012
Servo 5 vertical fin lowerside	0,027	0,800	0	0,000	0,022
Servo 6	0,000	0,000	0	0,000	0,000
Vertical stabiliser upper side	0,104	1,157	0	0,099	0,121
Vertical stabiliser lower side	0,085	1,157	0	-0,089	0,089
Wing inner part	0,430	0,734	0	0,000	0,315
Wing outer part	0,193	0,871	0	0,000	0,168
Winglet	0,015	1,105	0		0,017
Extras	0,050	1,100			0,055
Aluminium Beam	0,089	0,836	0		0,075
Payload	0,300	0,4			0,120
gasoline FULL	0,480	0,530			0,2544
gasoline 75%	0,360	0,530			0,1908
gasoline 50%	0,240	0,530			0,1272
gasoline 25%	0,120	0,530			0,0636
Static Margin					
Total Empty Weight	3,879	0,670	0,000		2,598
Total at 25 % Fuel	3,999	0,666	0,000		2,662
Total at 50 % Fuel	4,119	0,662	0,000		2,725
Total at 75% Fuel	4,239	0,658	0,000		2,789
Total at 100% Fuel	4,359	0,654	0,000		2,852

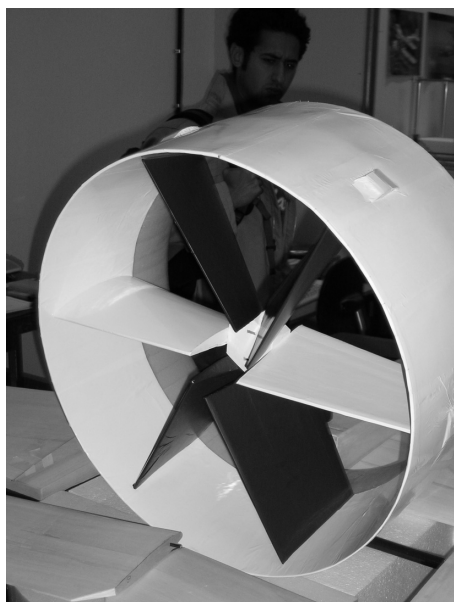
Слайд 13

• CATIA :



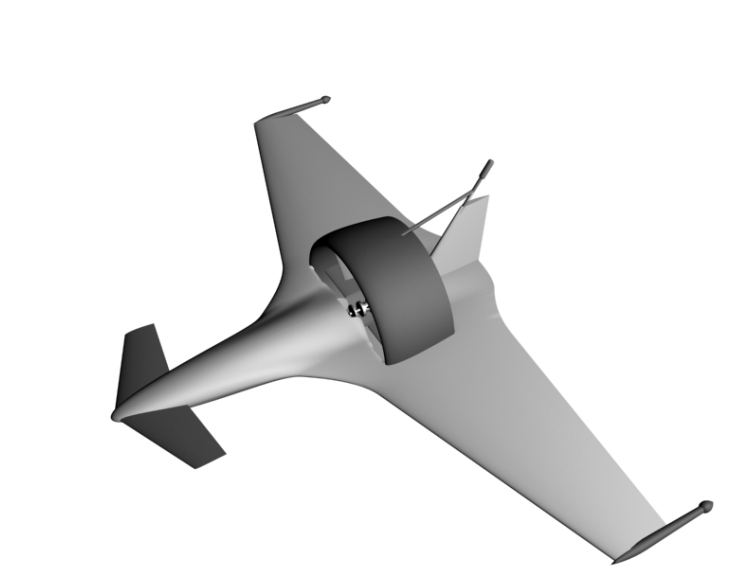
Слайд 14

Изготовление



Слайд 15

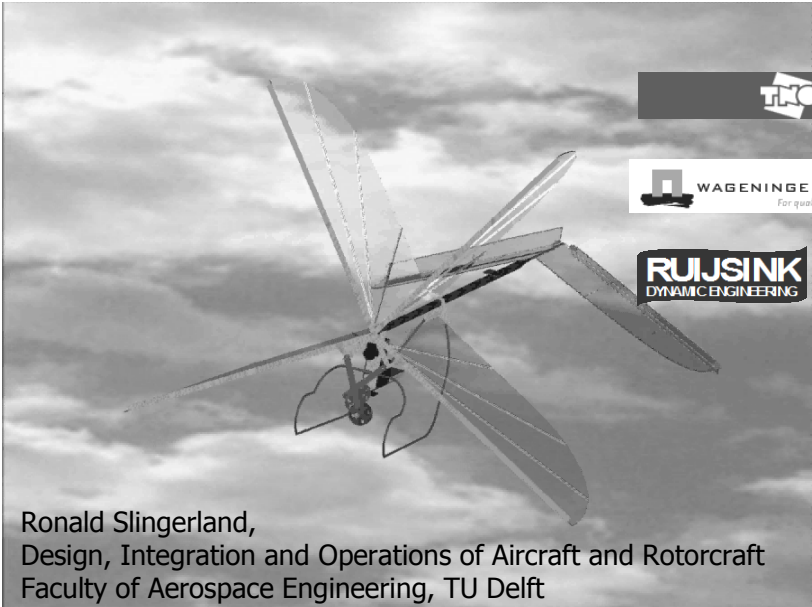
Полноразмерная версия из композита



Слайд 16

*Презентация Рональда Слингерланда
“DelFly micro airvehicle”*

DelFly



Ronald Slingerland,
Design, Integration and Operations of Aircraft and Rotorcraft
Faculty of Aerospace Engineering, TU Delft

31 May 2007 EWADE 2007, Samara 1/23

TU Delft

Слайд 1

Введение: Управление и Моделирование

Дельфтский технологический университет

- Аэрокосмический факультет
- Кафедра управления и моделирования

- исследовательский симулятор «Simona»

- Man-Machine lab

- Cessna Citation

- Институт аэрокосмического ПО и технологий

- лаборатория микро ЛА

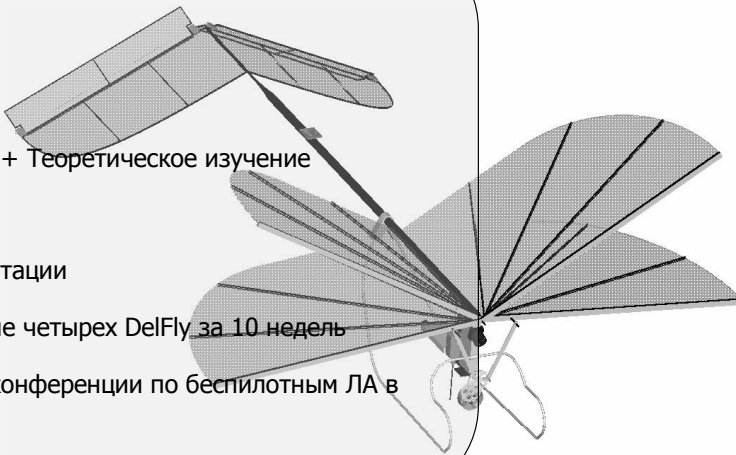
31 May 2007 EWADE 2007, Samara 2/23

TU Delft

Слайд 2

Delfly: история и проектирование

- 15 команд по 10 студентов
- 10 недель времени
- Результат:
 - Проектирование + Теоретическое изучение
 - Презентация
- Выбор лучшей презентации
- последующее создание четырех Delfly за 10 недель
- участие и победа на конференции по беспилотным ЛА в Германии



31 May 2007

EWADE 2007, Samara

3/23

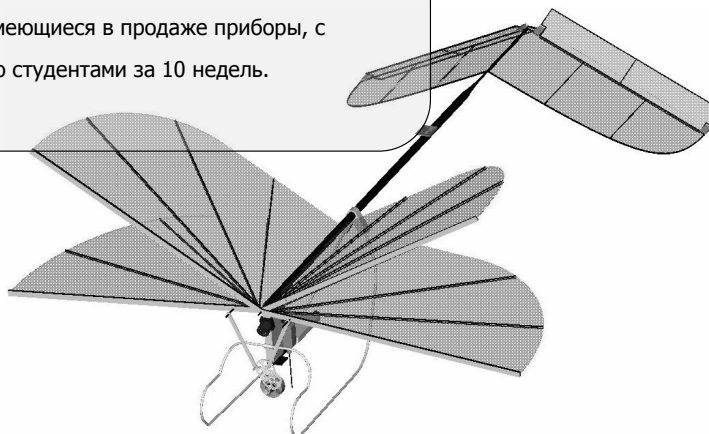


Слайд 3

Delfly: история и проектирование

Цель

Произвести впечатление на жюри первого Американско-Европейского конкурса по созданию микро ЛА спроектированным микро ЛА с машущим крылом, используя имеющиеся в продаже приборы, с бюджетом порядка € 5000, 11-ю студентами за 10 недель.



31 May 2007

EWADE 2007, Samara

4/23



Слайд 4

Delfly: требования и ограничения

Требования:

- Машущее крыло
- Визуальное управление

Ограничения:

- Медленный полет ($< 5 \text{ m/s}$)
- Размах крыла ($< 450 \text{ mm}$)
- Бюджет ($< € 5000$)
- Уровень шума ($< 60 \text{ dB}$)
- Длительность полета ($> 5 \text{ min}$)
- Вес ($\pm 15 \text{ grams}$)

31 May 2007

EWADE 2007, Samara

5/23



Слайд 5

Конец



31 May 2007

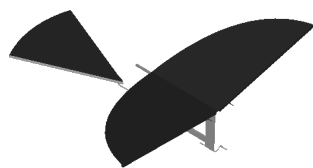
EWADE 2007, Samara

6/23

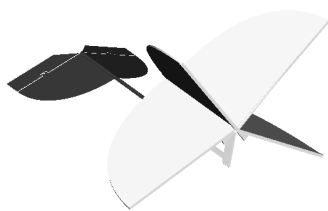


Слайд 6

Проекты



Моноплан



Биплан

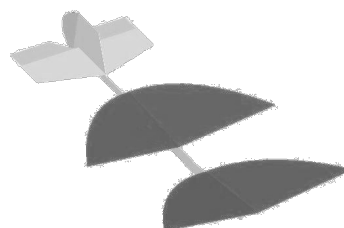


Схема «тандем»

31 May 2007

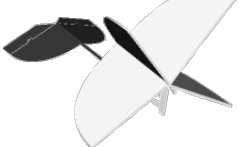
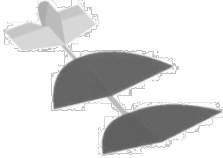
EWADE 2007, Samara

7/23



Слайд 7

Концепции

	<i>Monoplane</i>	<i>Biplane</i>	<i>Tandem</i>
			
Average flight speed	2.35 m/s	1.40 m/s	1.36 m/s
Power Consumption	0.75 W	0.69 W	1.00 W
Rocking amplitude	80 mm	± 0 mm	± 0 mm

31 May 2007

EWADE 2007, Samara

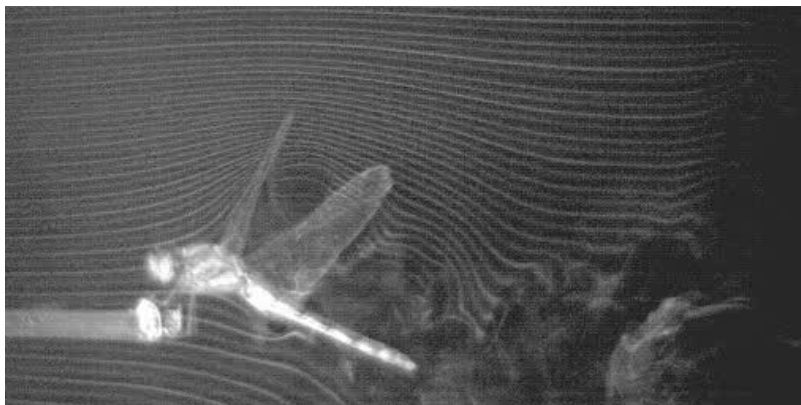
8/23



Слайд 8

Delfly: аэродинамика

- Вихри по передним кромкам
- Динамический срыв
- Фиксация спутного следа



<http://fluid.mech.kogakuin.ac.jp/~iida/mav/dragonfly.html>

31 May 2007

EWADE 2007, Samara

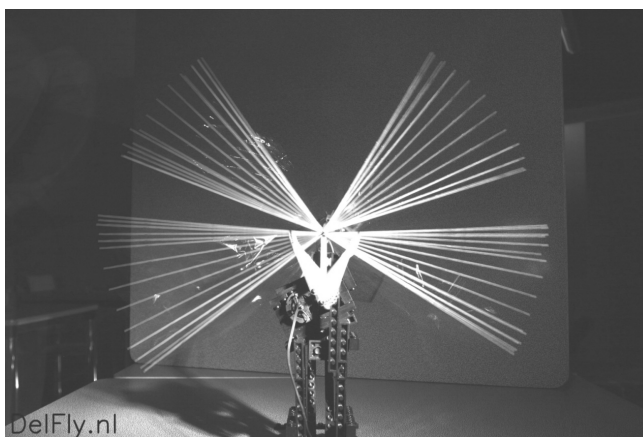
9/23



Слайд 9

Delfly: аэродинамика

- Частота взмахов
Зависит от требуемой мощности
- Угол взмаха -
порядка 35°
Если меньше –
увеличивается
эффективность
Если больше – растёт
тяга
- V – образность для
обеспечения
устойчивости
 $2 \times 6^\circ$



31 May 2007

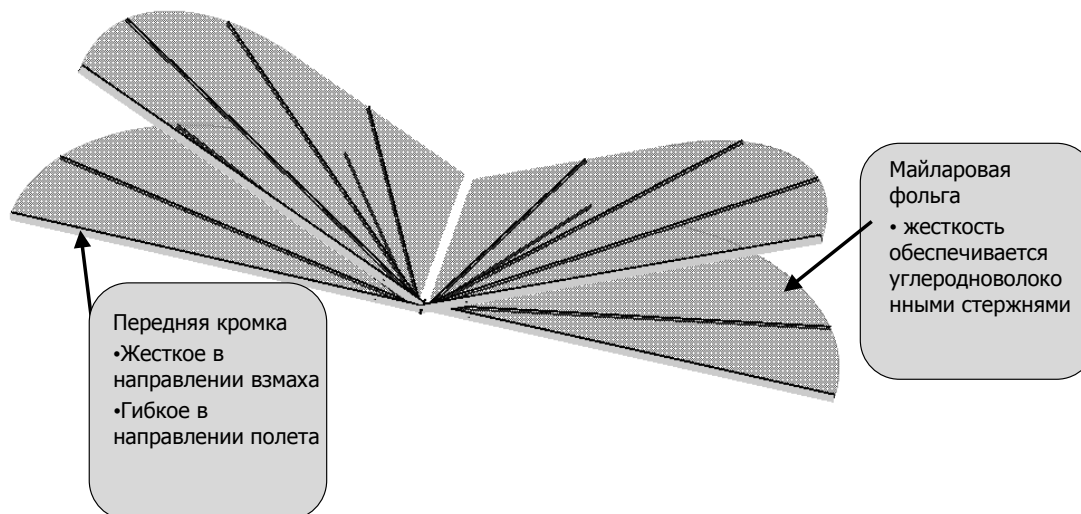
EWADE 2007, Samara

10/23



Слайд 10

Delfly: конструкция крыла



31 May 2007

EWADE 2007, Samara

11/23

Слайд 11

Delfly: конструкция крыла



31 May 2007

EWADE 2007, Samara

12/23

Слайд 12

Delfly: Компромисс между традиционным и V-образным оперением

	V-tail	Conventional tail	
			Weight factor
Stability and controllability	+	+	25%
Weight	+	+	15%
Design complexity	+	-	15%
Power efficiency	-	+	15%
Structural integrity	-	-	10%
Elegance	+	-	10%
Repair and maintenance	+	+	5%
Drag	+	-	5%

31 May 2007

EWADE 2007, Samara

13/23



Слайд 13

Delfly: основные компоненты

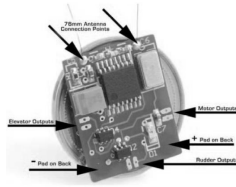
Батарея



3.5 grams

Высокая
плотность
энергии

Ресивер



0.38 grams

Быстрое
связывание
данных

Камера



1.2 grams

Высокое
разрешение

Двигатель



1.5 grams

Высокая
эффектив
ность



Суммарный вес компонентов: 12.5 grams

Полный вес микро ЛА: 17 grams

31 May 2007

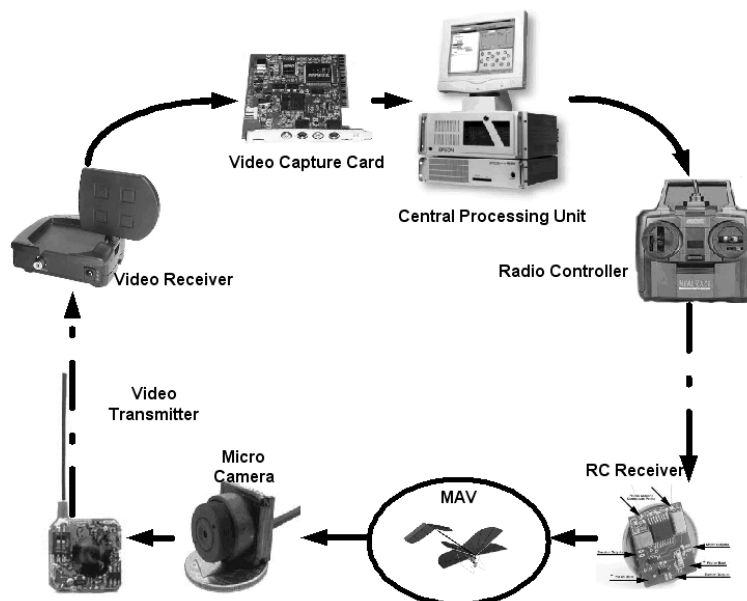
EWADE 2007, Samara

14/23



Слайд 14

Delfly: методы обработки изображения



31 May 2007

EWADE 2007, Samara

15/23

Слайд 15

Delfly: динамика, замедленный показ (1 : 4)

Результат проектирования крыла с управляемым распределением жесткости



31 May 2007

EWADE 2007, Samara

16/23

Слайд 16

Окончательный результат



31 May 2007

EWADE 2007, Samara

20/23

 **TU**Delft

Слайд 20

Камера



31 May 2007

EWADE 2007, Samara

21/23

 **TU**Delft

Слайд 21

The DelFly II



31 May 2007

EWADE 2007, Samara

22/23



Слайд 22

Команда



31 May 2007

EWADE 2007, Samara

23/23



Слайд 23

Презентация Дамиана Риваса

“Инструментарий MATLAB для расчета потребления топлива при полете по глобальной траектории”

Инструментарий MATLAB для расчета потребления топлива при полете по глобальной траектории

Alfonso Valenzuela

David Fernández

José Luis de Augusto

Óscar López

Sergio Esteban

Damián Rivas

EWADE 2007, Samara 30/05-02/06, 2007

Ingeniería Aeroespacial. Escuela Superior de Ingenieros

Universidad de Sevilla

Слайд 1

Выводы

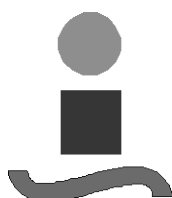
- Выводы
в академических целях было разработано эффективное и
разностороннее приложение в системе MATLAB для
расчета глобальных траекторий полета самолета
- Приложения (то, что необходимо сделать)
 - Разработать конструкцию самолета (обратные проблемы)
 - Решить проблемы с оптимизацией
 - АТМ (выявление и Разрешение Конфликтов)

Слайд 32

*Презентация Дамиана Риваса
“Презентация EWADE 2009 в Севильи”*



УНИВЕРСИТЕТ
СЕВИЛЬИ



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR DE INGENIEROS

Слайд 1

Местоположение



Слайд 2



Слайд 6

Инженерная школа



Слайд 7

Линия конечной сборки самолета А400М – в Севильи

Слайд 11

**Основной ангар, где
производится конечная
сборка А400****Ангар для летных испытаний**

Слайд 12

МАТЕРИАЛЫ ПРЕЗЕНТАЦИЙ ЛЕКЦИЙ

Д. Шмитт "Будущее партнерства AIRBUS и университетов"

Презентация Дитера Шмитта
 "Будущее партнерства AIRBUS и университетов"

EWADE 2007

Презентация

Дитера Шмитта
 Вице-Президента компании Эйрбас
 по науке и технологиям




Будущее партнерства AIRBUS и университетов

© AIRBUS S.A.S. All rights reserved.

SAMARA 2007

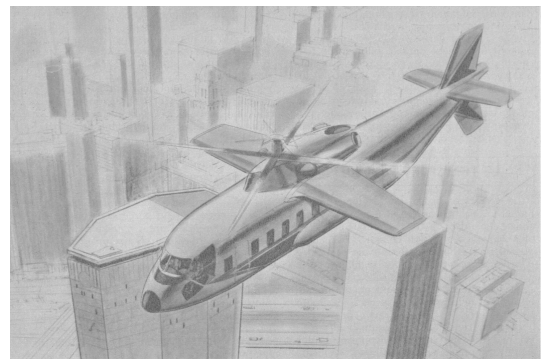
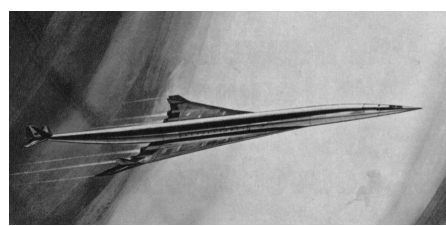


Слайд 1

О чем думали люди в 1970 году?

Многие думали, что в 2000 году мы увидим :

- Размеры самолетов позволят размещать более 1000 кресел
- Силовые установки будут или водородными или атомными

- На малых и средних дальностях будут преобладать самолеты с вертикальным взлетом/ посадкой
- На большие дальности будут летать сверх- и гиперзвуковые самолеты

© AIRBUS S.A.S. All rights reserved.

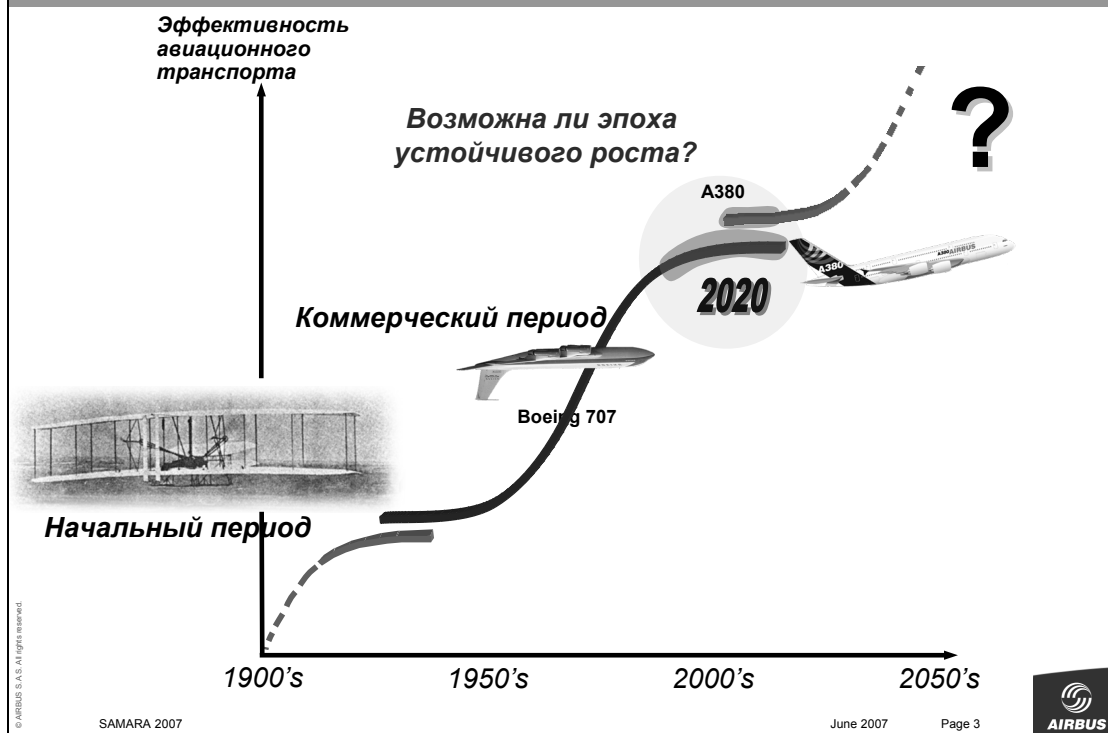
SAMARA 2007

June 2007 Page 2



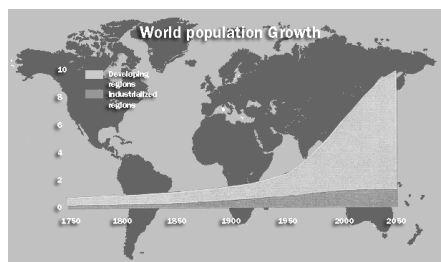
Слайд 2

Эволюция против Революции



Слайд 3

Будущие требования к авиационному транспорту

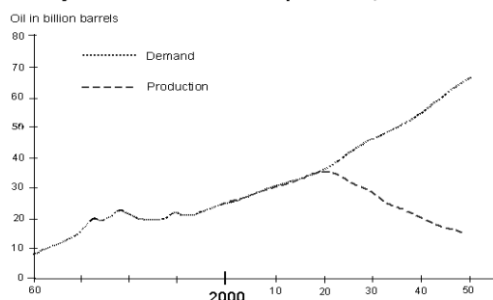


Дальнейшее увеличение численности населения и доступность ресурсов



Новые методы транспортировки и связи

Projected total conventional oil production, 1960-2050



June 2007 Page 4



Слайд 4

Д. Шмитт "Будущее партнерства AIRBUS и университетов"

Взгляд на европейскую авиацию в 2020 году

Требования и связанные с ними цели

- **Качество и экономичность**
 - Снижение затрат пассажиров
 - Увеличение выбора у пассажиров
 - Преобразование системы грузоперевозок
 - Уменьшение времени сбыта на 50%
- **Окружающая среда**
 - Уменьшение CO₂ на 50%
 - Уменьшение NO_x на 80%
 - Уменьшение внешнего шума на 50%
 -
- **Безопасность**
 - Уменьшение аварийности на 80%
 - Резкое уменьшение человеческих ошибок и их последствий
- **Эффективность авиатранспортных систем**
 - трехразовое увеличение грузоподъемности
 - 99% рейсов совершаются через каждые 15 минут
 - Менее 15 минут – между короткими рейсами
- **Защищенность**
 - Бортовая – нулевые риски от враждебных действий
 - Аэропортовая – нет проникновения неизвестных людей и вещей
 - Навигационная – Нет злоупотреблений.



	
Nathan Karpavicius	Jeff Lundquist
	
Marshall Stewart	Dennis Karpavicius
	
Alexander Sumpster	Alexander Sumpster
	
S.A.C. Strick	Phil Neudinger
	
Air National Events	Air Support Bureau
	
Walter Kish	Thomas Tait
	
Jean Luc Legrand	Jean Wilkins



...в полном объеме отвечающие ожиданиям потребителей

SAMARA 2007

June 2007

Page 5

© AIRBUS S.A.S. All rights reserved.

ACARE и заинтересованные стороны



SAMARA 2007

June 2007

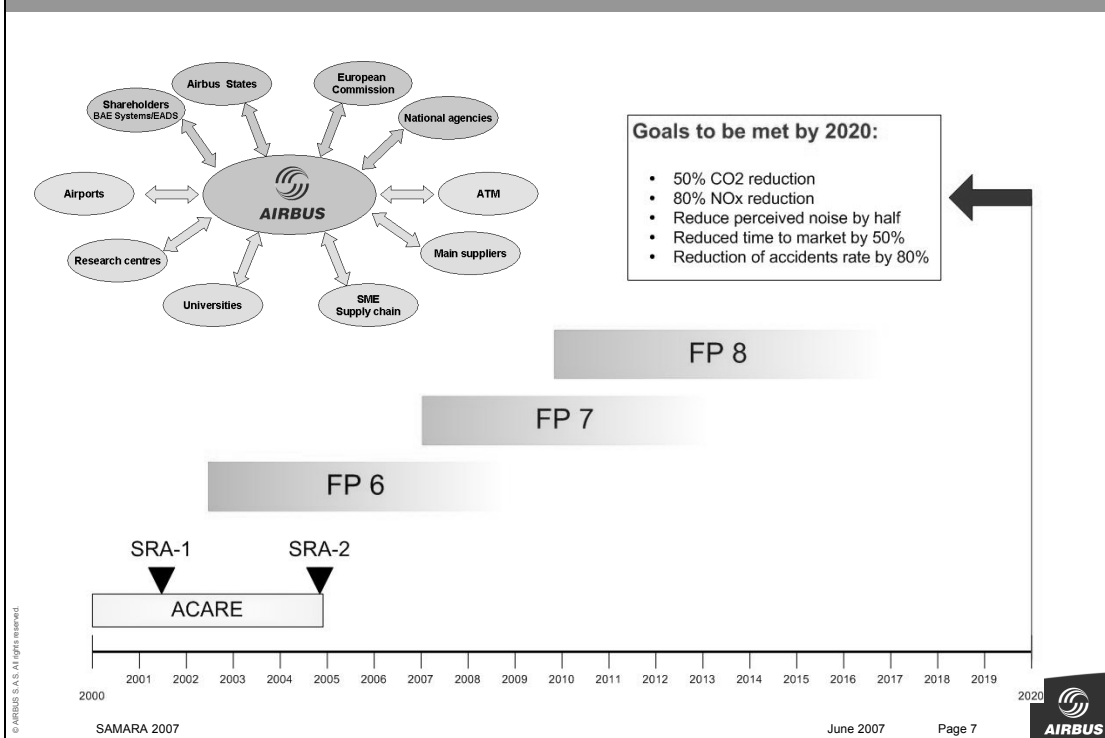
Page 6



© AIRBUS S. A. S. All rights reserved.

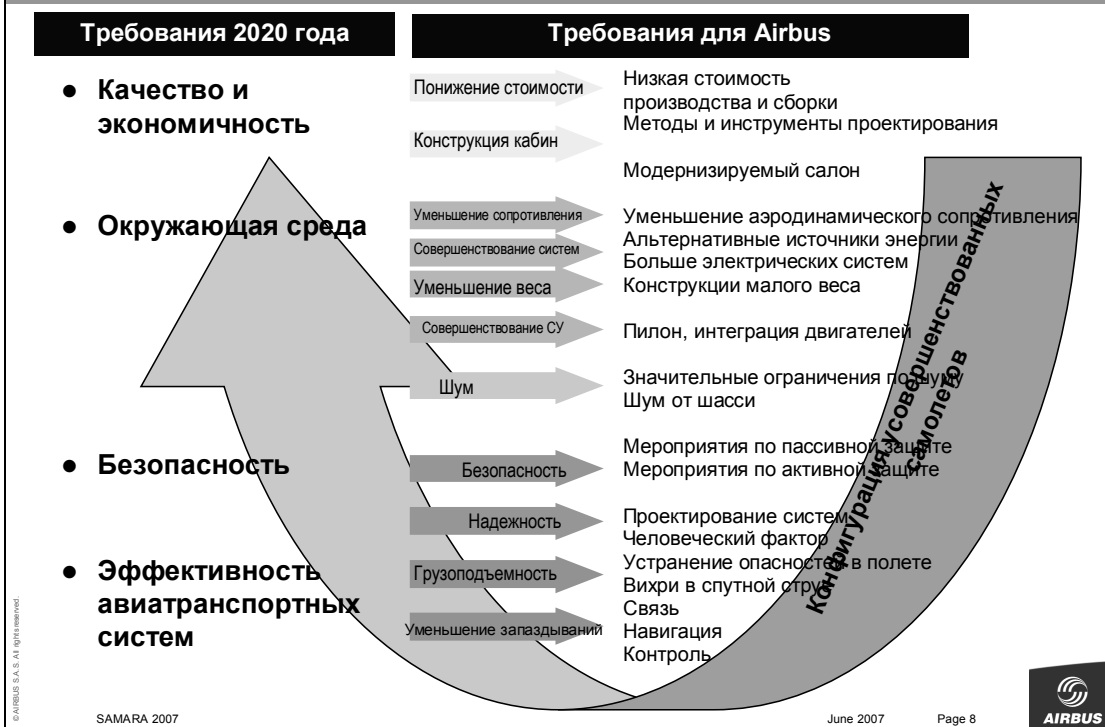
Д. Шмитт "Будущее партнерства AIRBUS и университетов"

ACARE и программы в рамках Евросоюза



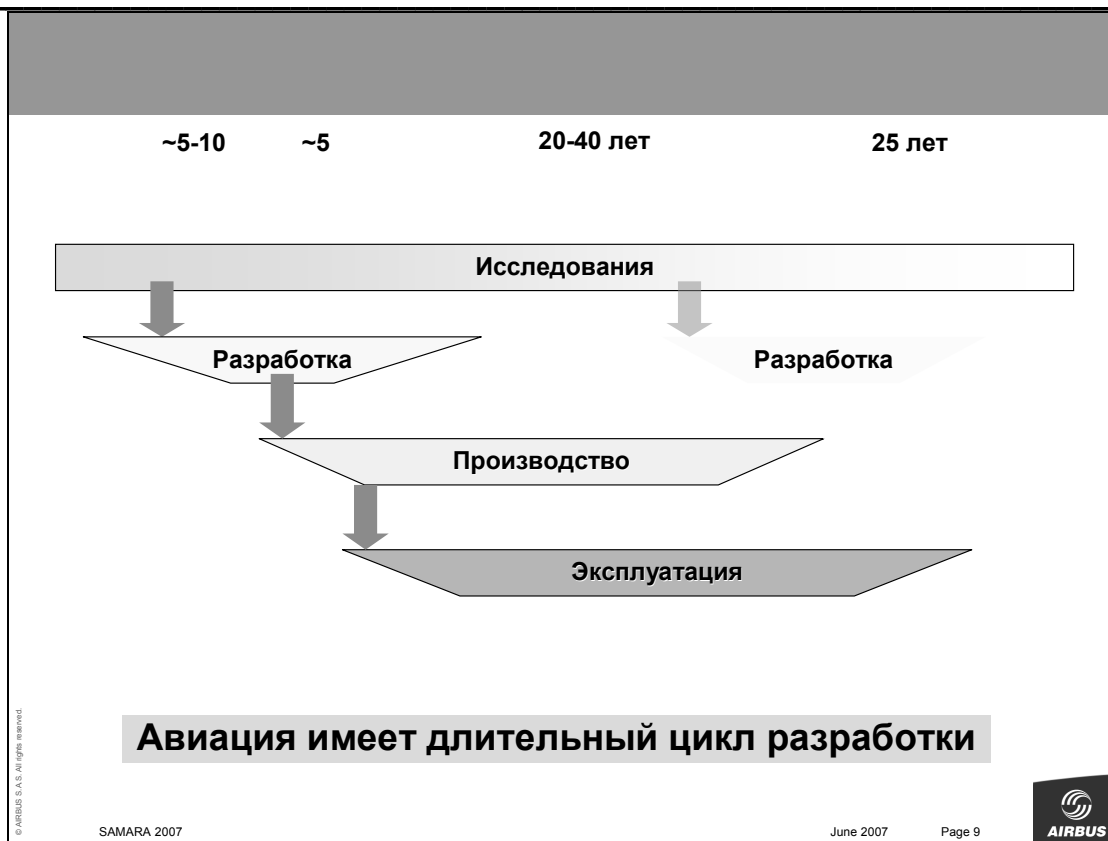
Слайд 7

Как Airbus осуществит эту концепцию?



Слайд 8

Д. Шмитт "Будущее партнерства AIRBUS и университетов"



Слайд 9



Слайд 10

Д. Шмитт "Будущее партнерства AIRBUS и университетов"



Слайд 11

Партнерство: Концепция

Подход:

- Взаимодействие в глобальном масштабе:
 - ЕС, Россия, США, Австралия, Индия, Китай
- Ориентация на технологические потребности Airbus
- интегрированное управляемое партнерство
- Широкие исследовательские сети

Производство:

- Доступ к технологиям и экспертизам
- Совершенствование эффективности
- Доступ и регулирование ресурсов
- Направление и фокусировка наших партнеров



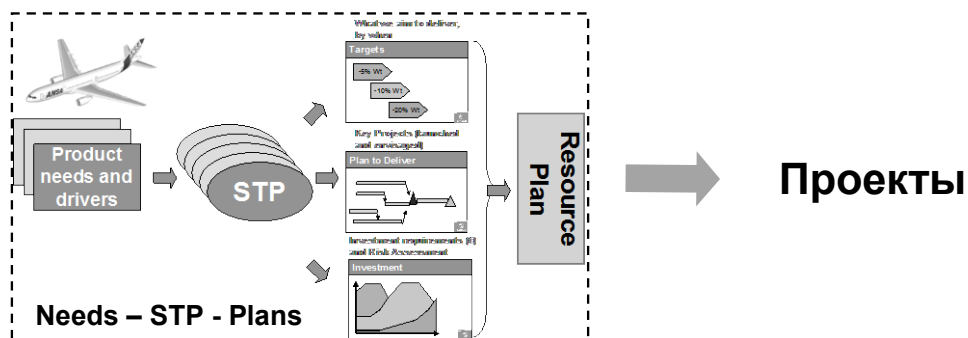
Европа



...и шире

Слайд 12

Д. Шмитт "Будущее партнерства AIRBUS и университетов"

**Переход от планов к действиям в три шага:**

- ▶ Согласование нужд Airbus и возможностей партнера
- ▶ Выбор партнера для решения специальных технических задач
- ▶ Определение соглашений
- ▶ Определение направлений финансирования
- ▶ Приготовления и рассмотрение предложений
- ▶ Заключение контракта
- ▶ Запуск проекта

© AIRBUS S.A.S. All rights reserved.

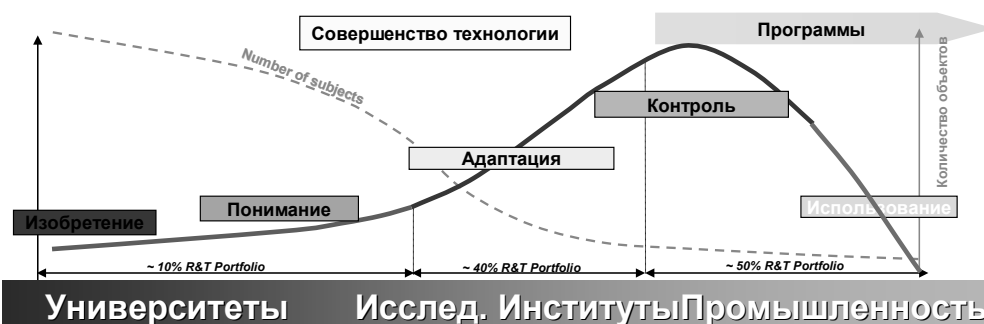
SAMARA 2007

June 2007

Page 13



Слайд 13

**• Университеты**

- Основные исследования; как правило, далеки от применения

• Исследовательские институты

- Прикладные исследования, адаптация исследований к промышленным нуждам

• Промышленные компании

- Проверка применимости технологий к специальным приложениям

© AIRBUS S.A.S. All rights reserved.

SAMARA 2007

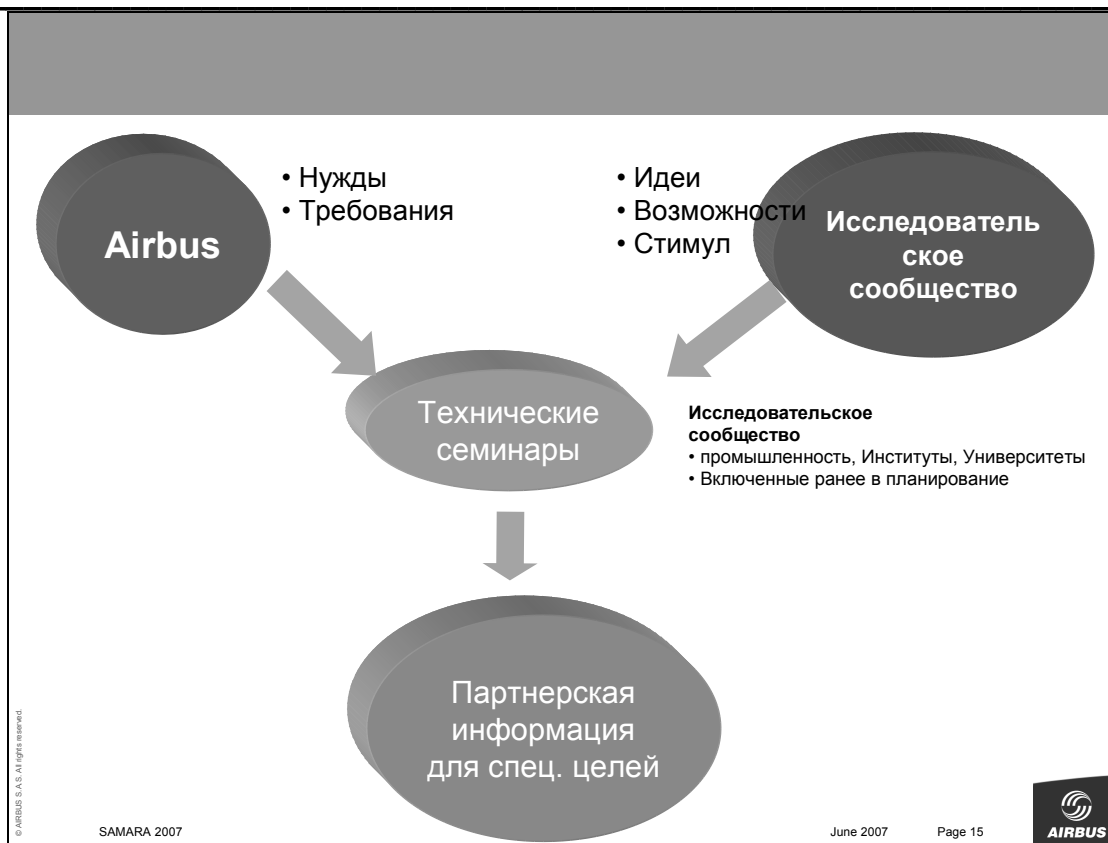
June 2007

Page 14



Слайд 14

Д. Шмитт "Будущее партнерства AIRBUS и университетов"



Слайд 15

© AIRBUS S.A.S. All rights reserved.

This document and all information contained herein is the sole property of AIRBUS S.A.S.. No intellectual property rights are granted by the delivery of this document or the disclosure of its content. This document shall not be reproduced or disclosed to a third party without the consent of AIRBUS S.A.S. This document and its content shall not be used for any purpose other than that for which it is supplied.

The statements made herein do not constitute an offer. They are based on the mentioned assumptions and are expressed in good faith. Where the supporting grounds for these statements are not shown, AIRBUS S.A.S. will be pleased to explain the basis thereof.

AIRBUS, its logo, A300, A310, A318, A319, A320, A321, A330, A340, A350, A380, A400M are registered trademarks.

AIRBUS
AN EADS JOINT COMPANY
WITH BAE SYSTEMS

© AIRBUS S.A.S. All rights reserved.

SAMARA 2007

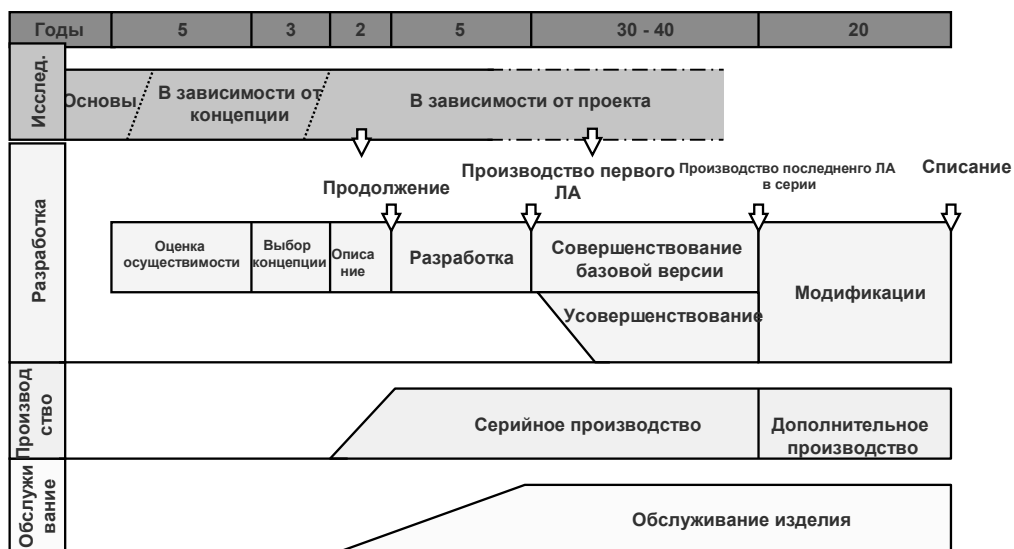
June 2007

Page 16

Слайд 16

Д. Шмитт "Будущее партнерства AIRBUS и университетов"

Характерный жизненный цикл гражданских программ



© AIRBUS S.A.S. All rights reserved.

SAMARA 2007

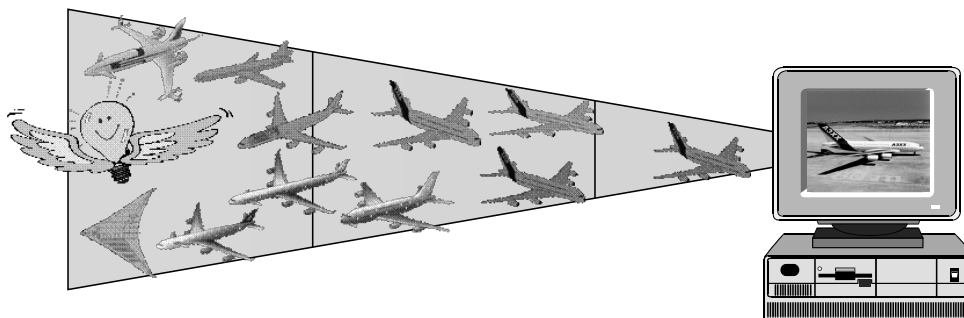
June 2007

Page 17



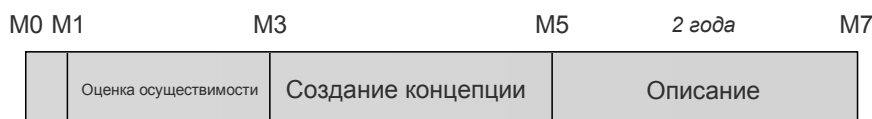
Слайд 17

От замысла до постановки задачи



⇒ Необходим **«сильный»** и **компетентный** менеджер проекта!

Описание легкорезализуемого самолета, который является привлекательным для заказчика



© AIRBUS S.A.S. All rights reserved.

SAMARA 2007

June 2007

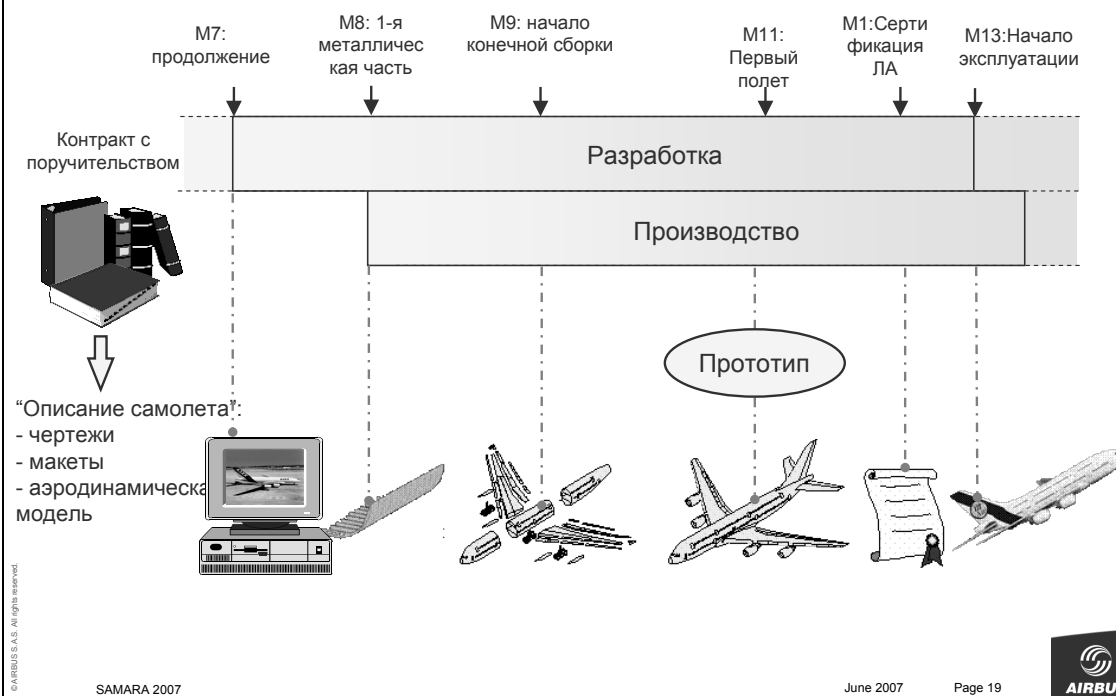
Page 18



Слайд 18

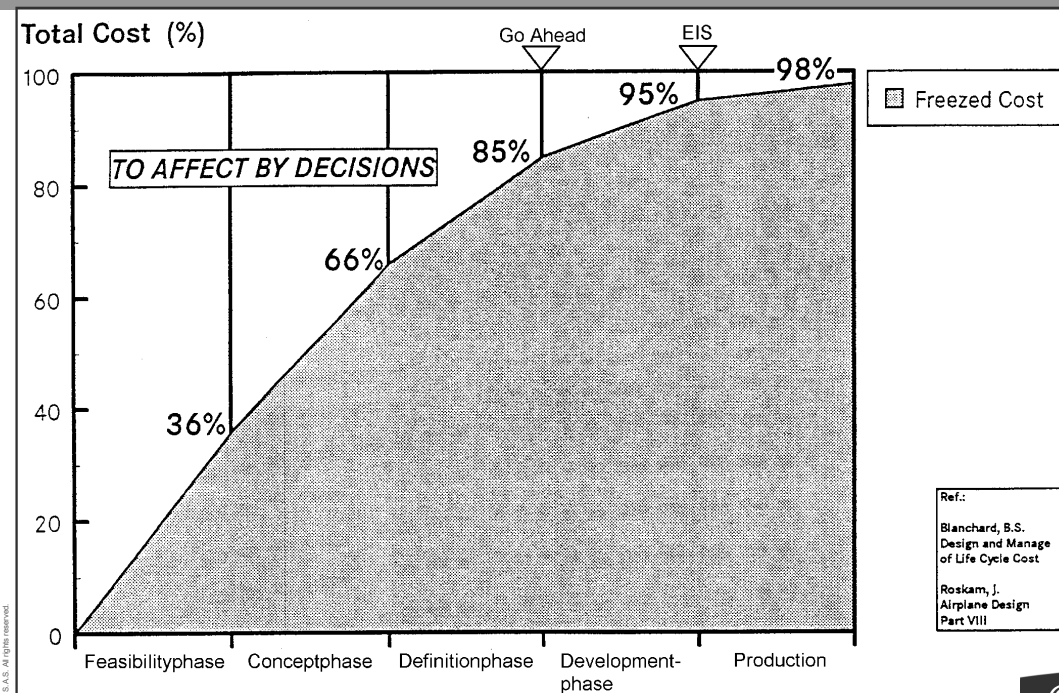
Д. Шмитт "Будущее партнерства AIRBUS и университетов"

От проектирования до начала эксплуатации



Слайд 19

Фиксация цены в зависимости от фазы программы

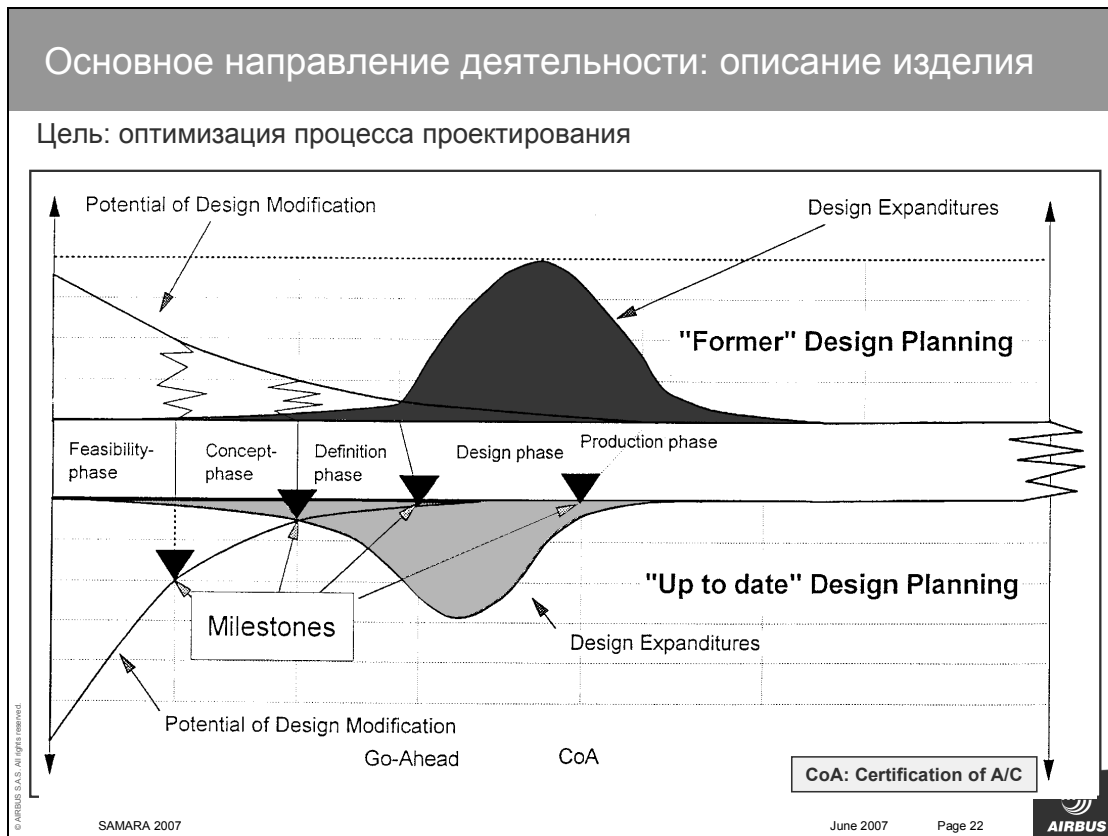


Слайд 20

Д. Шмитт "Будущее партнерства AIRBUS и университетов"



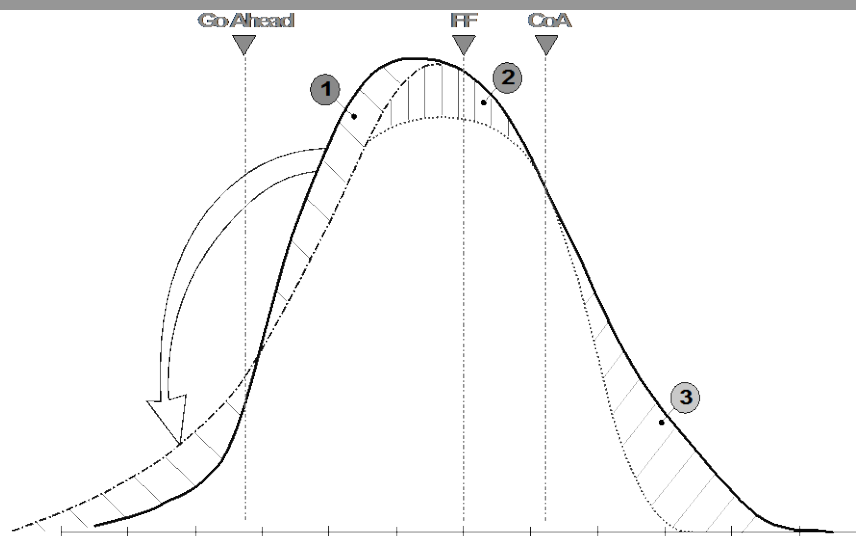
Слайд 21



Слайд 22

Д. Шмитт "Будущее партнерства AIRBUS и университетов"

Как адаптировать процесс разработки



- 1) Передача групп работ со стадии разработки на стадию описания
- 2) Лучшее описание ЛА приводит к эффекту «снежного кома» на стадии разработки
- 3) First time right

FF: First Flight

CoA: Certification of A/C

SAMARA 2007

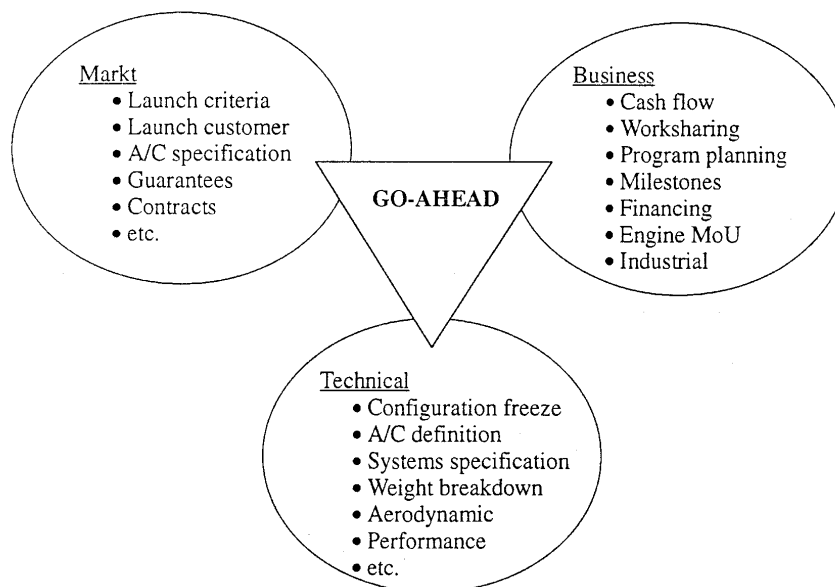
June 2007

Page 23



Слайд 23

План разработки самолета

FIELDS OF ACTIVITIES
 Dependences by GO-AHEAD


SAMARA 2007

June 2007

Page 24



Слайд 24

Д. Шмитт "Будущее партнерства AIRBUS и университетов"

Процесс "описания изделия"

Этот процесс совершенно отличается от остальных процессов разработки самолета!

Почему?

Цель четко не определена!

- определить конфигурацию самолета, которая сделает его „легкорезализуемым“
- нет точных рыночных характеристик
- такая характеристика, как целевая нагрузка/дальность практически фиксирована
- технологический уровень должен быть высок, но экономически эффективен для пользователя
- конкуренты не будут ждать вашего конечного „описания изделия“
- ваши предложения должны показать значительное рыночное превосходство по сравнению с существующими изделиями
- график достижения «Продолжения проекта» определен, но он будет зависеть от ситуации на рынке
- менеджмент обычно неохотно тратит деньги, которые необходимы на ранней стадии.

© AIRBUS S.A.S. All rights reserved.

SAMARA 2007

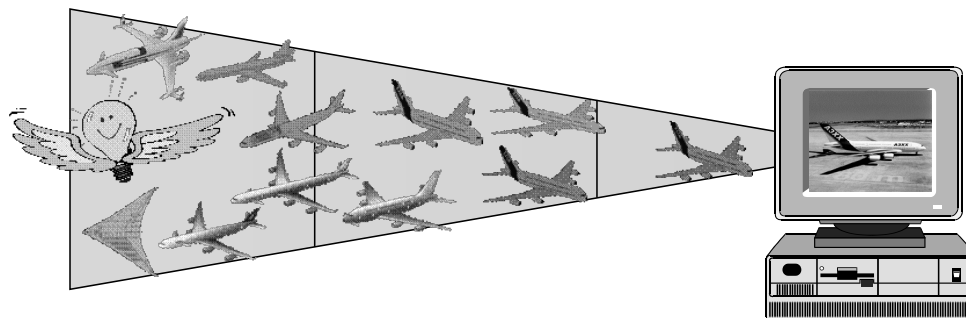
June 2007

Page 25



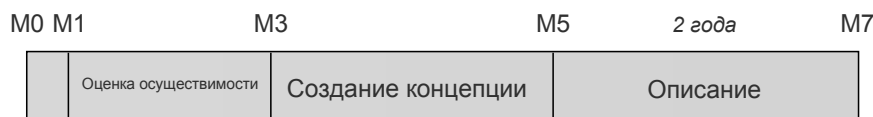
Слайд 25

От замысла до постановки задачи



⇒ Необходим **«сильный» и компетентный менеджер проекта!**

Описание легкорезализуемого самолета, который является привлекательным для заказчика



© AIRBUS S.A.S. All rights reserved.

SAMARA 2007

June 2007

Page 26



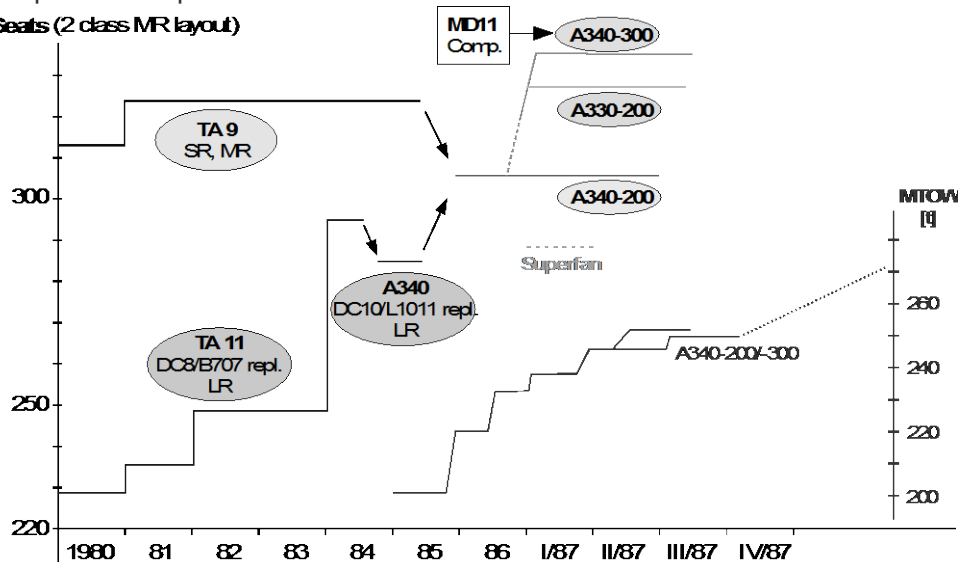
Слайд 26

Д. Шмитт "Будущее партнерства AIRBUS и университетов"

Структурные изменения

Конфигурация может изменяться в зависимости от изменения потребностей рынка

Seats (2 class MR layout)



© AIRBUS S.A.S. All rights reserved.

SAMARA 2007

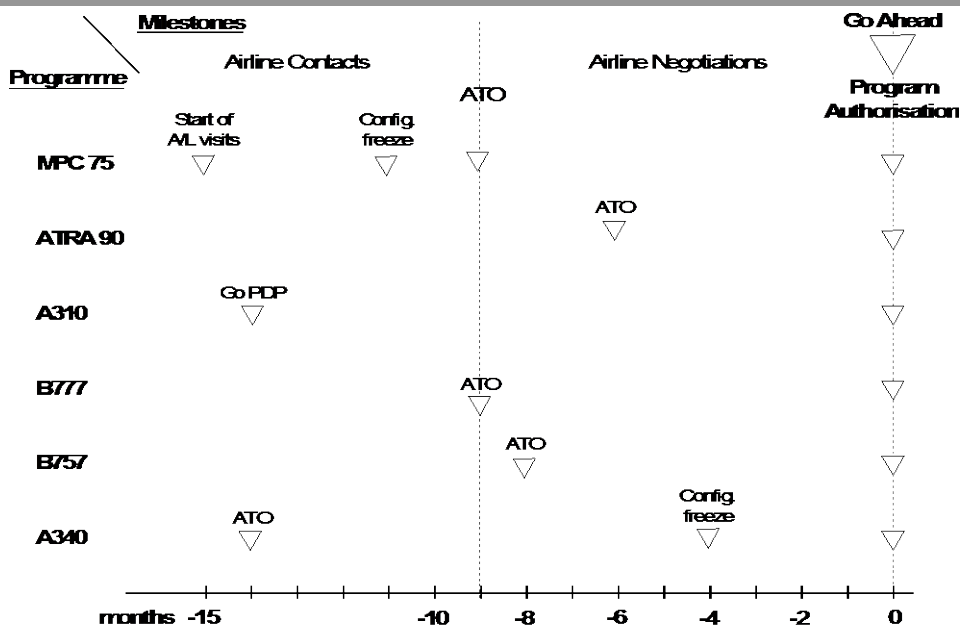
June 2007

Page 27



Слайд 27

Взаимодействие с заказчиком до стадии "Продолжение"



© AIRBUS S.A.S. All rights reserved.

SAMARA 2007

June 2007

Page 28



Слайд 28

Цели процесса описания изделия

На стадии «Продолжение» должны быть обеспечены:

- 100% уверенность в возможности создания определенных геометрии / конструкции / систем
- Уверенность в неперевышении целевых расходов ($\pm 2\%$), связанных с намеченным производством
- Встроенная гибкость производства для адаптации конфигураций к изменяющимся рыночным условиям (диапазон гибкости, потенциал роста ...)
- 100% наличие документов для принятия решения о продолжении проекта (во время!)
- Снижение стоимости на 25%
- Снижение времени разработки на X месяцев от «Продолжения» до Сертификации

CoA: Certification of A/C

SAMARA 2007

June 2007

Page 29

AIRBUS

Слайд 29

Параллельное Проектирование



SAMARA 2007

June 2007

Page 30

AIRBUS

Слайд 30

Д. Шмитт "Будущее партнерства AIRBUS и университетов"



Слайд 31



Слайд 32

Д. Шмитт "Будущее партнерства AIRBUS и университетов"

Предложения будут запрашиваться у отдельных партнеров.

- партнеры будут привлекаться, в основном, по следующим критериям:
 - Технические преимущества
 - Уверенность в возможностях партнеров
 - Способность осуществлять управление проектом
 - Средства, возможности, гибкость
 - Финансирование и базовая стоимость
 - Предыдущий опыт

Заметьте: Доверие между сторонами растет со временем, однако, процесс будет открыт и для новых партнеров.

© AIRBUS S.A.S. All rights reserved.

SAMARA 2007

June 2007

Page 33



Слайд 33

Проект на 100% финансируется Airbus

- Airbus является полным правообладателем.
- Airbus предоставляет права на преддоговорную интеллектуальную собственность, необходимые для использования договорной интеллектуальной собственности (ДИС).
- Airbus будет стараться обеспечивать пользовательскими правами на договорную интеллектуальную собственность своих партнеров для их собственных исследовательских целей.
- **Патенты**
 - Все расходы на патентование покрываются Airbus.
 - Airbus поощряет все области, где возможно патентование

© AIRBUS S.A.S. All rights reserved.

SAMARA 2007

June 2007

Page 34

**Проекты, софинансируемые Airbus**

- Обладание правами на договорную интеллектуальную собственность определяется сторонами в контракте на проведение исследований.
- Права на пред- и договорную интеллектуальную собственность предоставляются сторонами для коммерческого использования, принимая во внимание долю стороны и ее деловые интересы.
- **Патенты**
 - Любая ДИС, требующая защиты, будет принята во внимание сторонами и в отношении нее будут проведены необходимые действия.

Слайд 34

Д. Шмитт "Будущее партнерства AIRBUS и университетов"

Конфиденциальность

- **При софинансировании:** Стороны не должны распространять какую-либо информацию, касающуюся научно-технических разработок без предварительного письменного согласия всех Сторон в соответствии с договорными правилами совместного финансирования.
- **При 100% финансировании Airbus:** Стороны не должны распространять какую-либо информацию, касающуюся научно-технических разработок без предварительного письменного согласия Airbus.

Гласность

В целом, Airbus обеспечивает широкую гласность своей инновационной деятельности и имеет стандартные процедуры для быстрой проверки и утверждения рекламных материалов, которые партнеры по исследованиям, возможно, пожелают принять. Конечно, бывают случаи, когда хорошие идеи должны оставаться конфиденциальными.

© AIRBUS S.A.S. All rights reserved.

SAMARA 2007

June 2007

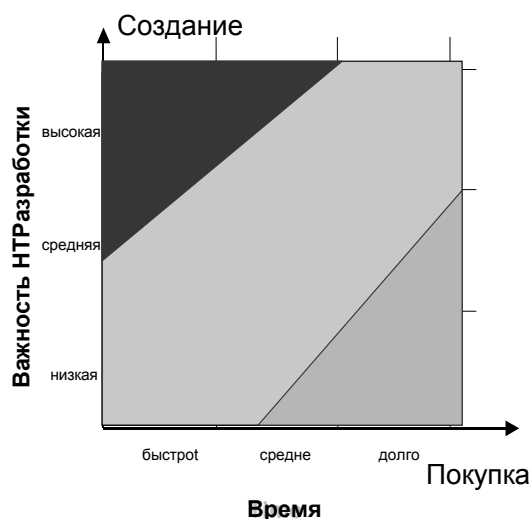
Page 35



Слайд 35

Создание или покупка технологии

- Основываясь на исследованиях, определяется за счет выяснения:
 - Периода времени до получения результата
 - Важности научно-технических разработок (техническое преимущество, как это видится Airbus сегодня)



© AIRBUS S.A.S. All rights reserved.

SAMARA 2007

June 2007

Page 36



Слайд 36

*Презентация Эгберта Торенбика
"Весовое проектирование в самолетостроении"*

ВЕСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ В САМОЛЕТОСТРОЕНИИ

EGBERT TORENBEEK

SAMARA STATE AEROSPACE UNIVERSITY
31 MAY 2007

Слайд 1

Методы весового проектирования

- Раннее концептуальное проектирование - статистические
- Концептуальное - аналитические / статистические
- Предварительное проектирование - численные / статистические
- При подготовке производства - точные

WEIGHT ENGINEERING

2

Слайд 2

Раннее концептуальное проектирование

- Цель: Оценка весовых параметров проекта (макс. взлетный вес, вес пустого самолета, посадочный вес, эксплуатационная масса пустого ЛА)
- Входные данные
 - Тип двигателя
 - Полезная нагрузка и дальность
 - Максимальная полезная нагрузка
 - Тип самолета
 - Крейсерское число Маха

WEIGHT ENGINEERING

3

Слайд 3

Важность правильного технического описания

Не трудно представить, что будут сэкономлены сотни миллионов долларов на программу С-5А , если найдется возможность увеличить вес пустого самолета, скажем, на 5%

F.A. Cleveland (1970)

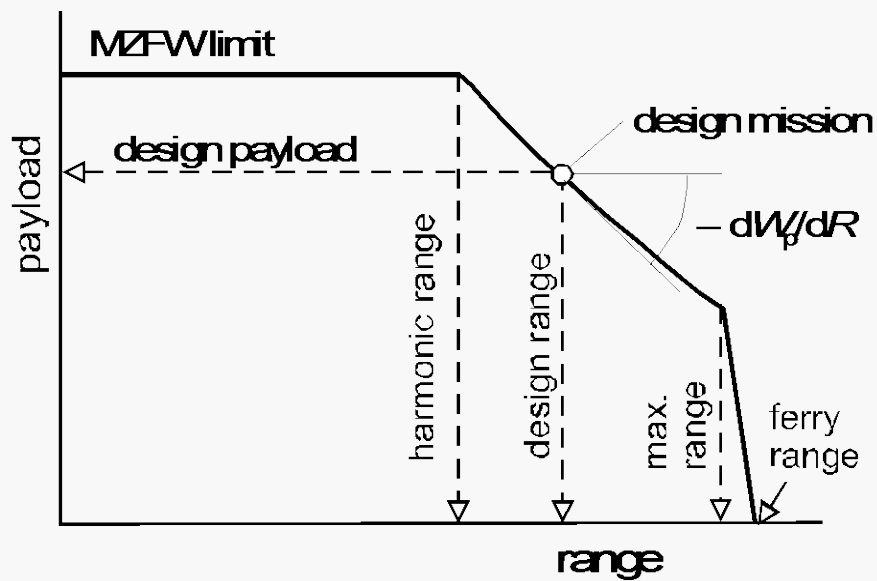
WEIGHT ENGINEERING

4

Слайд 4

Э. Торенбик "Весовое проектирование в самолетостроении"

Ограничения по полезной нагрузке и дальности

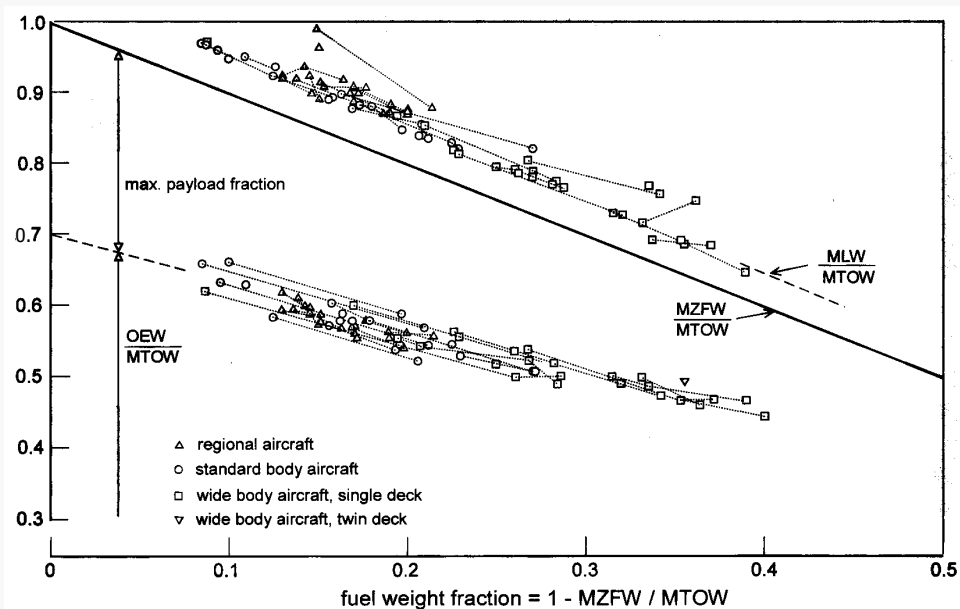


WEIGHT ENGINEERING

5

Слайд 5

Весовые характеристики реактивных самолетов

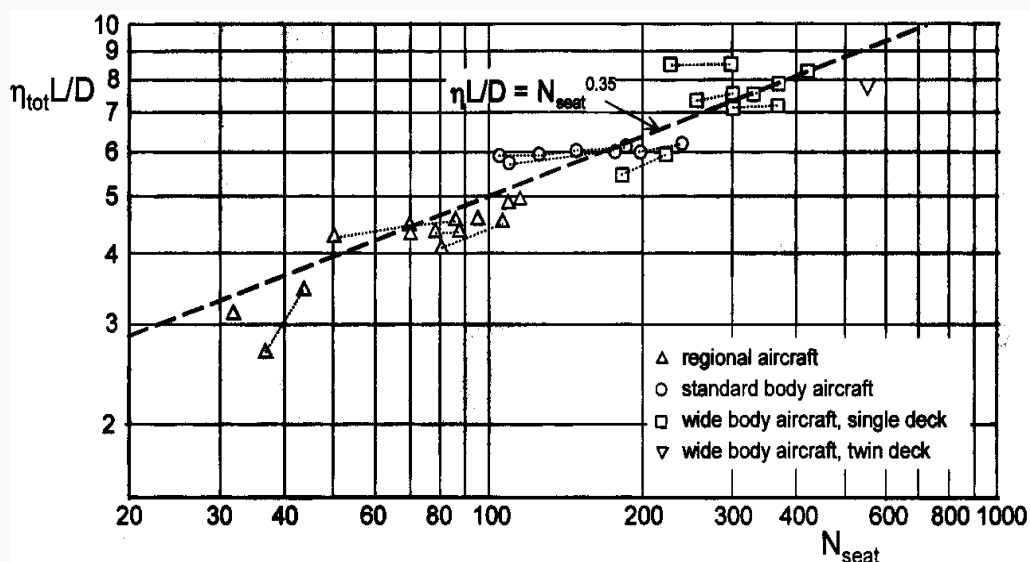


WEIGHT ENGINEERING

6

Слайд 6

Дальность полета

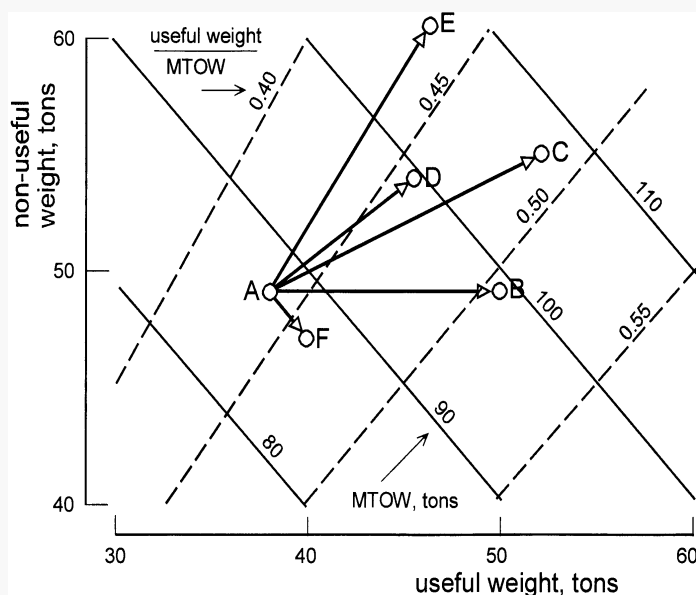


WEIGHT ENGINEERING

7

Слайд 7

Концепция, основанная на создании семейства самолетов



WEIGHT ENGINEERING

8

- A. Базовая модель воздушного судна
- B. Отсутствие модификаций с увеличенной дальностью
- C. Крыло и тяговооружение как в случае A
- D. Увеличенная полезная нагрузка, не имеет модификаций
- E. Удлиненная модификация A, характеристики как у B
- F. Уменьшенный вес пустого самолета за счет использования усовершенствованных материалов и технологий

Слайд 8

Концептуальное проектирование

- Цель: Разработка первоначального проекта базовой модели самолета
- Входные данные
 - Предполагаемые значения масс
 - Наибольшие требования
 - Обеспечение летной годности, требования производителя
 - Технологический уровень
- Выходные данные
 - Облик и геометрические характеристики базового варианта, начальный выбор двигателя
 - Весовая разбивка

WEIGHT ENGINEERING

9

Слайд 9

Весовая разбивка

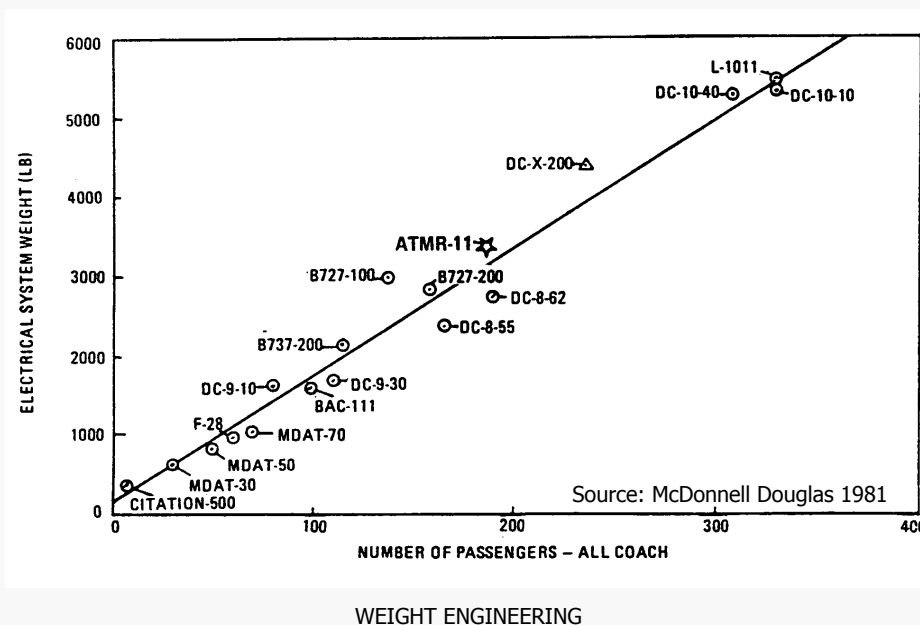
	Model A (LB)	Model B (LB)
WING	28,288	28,765
HORIZONTAL TAIL	1,990	2,151
VERTICAL TAIL	1,936	2,296
FUSELAGE	22,425	22,655
LANDING GEAR	10,083	10,236
ENGINE, NACELLES, PYLONS, AND ACCESSORIES	18,420	21,121
FUEL SYSTEM	1,595	1,313
HYDRAULICS AND FLIGHT GUIDANCE AND CONTROL	5,402	5,483
PRIMARY AIRCRAFT CONTROL	3,322	3,355
HYDRAULICS	1,609	1,657
AUTOPILOT	471	471
COMMUNICATIONS AND NAVIGATION	1,574	1,574
INSTRUMENTS	1,300	1,300
PNEUMATIC SUPPLY, AIR COND, AND AUX POWER	4,532	4,382
PNEUMATIC SUPPLY	1,042	1,042
AIR CONDITIONING	2,065	1,915
AUXILIARY POWER GROUP	1,425	1,425
ELECTRICAL GROUP	3,332	3,332
ELECTRICAL POWER	2,260	2,260
LIGHTING SYSTEM	1,072	1,072
FURNISHINGS	17,155	17,732
FURNISHINGS (NOT INCL SEATS AND GALLEYS)	10,749	11,167
SEATS	3,920	3,963
GALLEYS	2,486	2,602
ICE PROTECTION	329	429
HANDLING FITTINGS	50	50
MANUFACTURER'S EMPTY WEIGHT	118,411	122,819
OPERATOR'S ITEMS	4,726	4,881
COCKPIT CREW	340	340
CABIN ATTENDANTS	650	780
CREW BAGGAGE AND FLIGHT KITS	240	265
OIL	190	190
UNUSABLE FUEL	475	475
FOOD AND BEVERAGE SERVICE*	1,246	1,260
PASSENGER SERVICE EQUIPMENT	712	720
POTABLE WATER	417	417
LAVATORY FLUIDS	100	100
ESCAPE SLIDES	356	334
OPERATOR'S EMPTY WEIGHT	123,137	127,700

WEIGHT ENGINEERING

10

Слайд 10

Э. Торенбик "Весовое проектирование в самолетостроении"

Тенденция к изменению веса электрической системы
Коммерческий самолет

11

Слайд 11

Эскизное проектирование

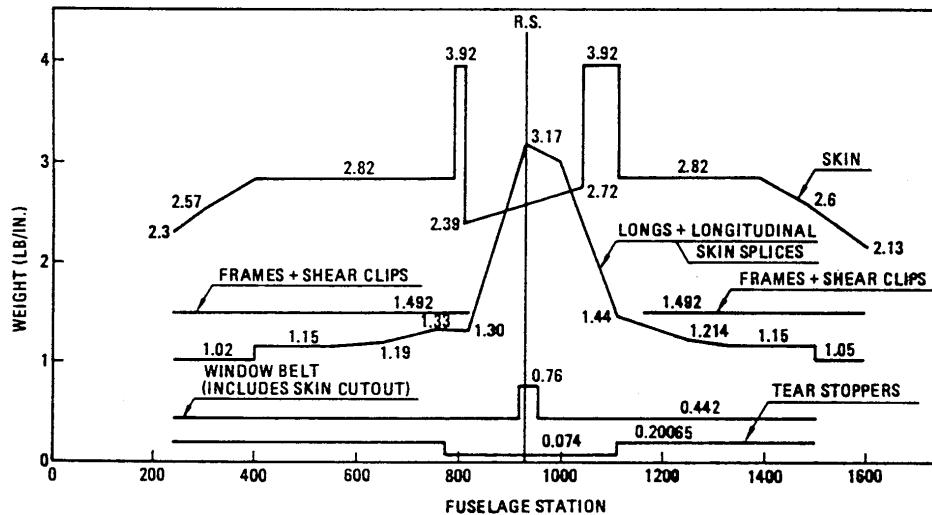
- Цель: Разработка оптимизированной конструкции
- Входные данные
 - Весовая разбивка для базового варианта самолета
 - Геометрические характеристики базового варианта
- Выходные данные
 - Оптимизированные геометрические характеристики
 - Проверка правильности выбора двигателя
 - Весовая разбивка для подсистем

WEIGHT ENGINEERING

12

Слайд 12

Распределение материала в конструкции фюзеляжа

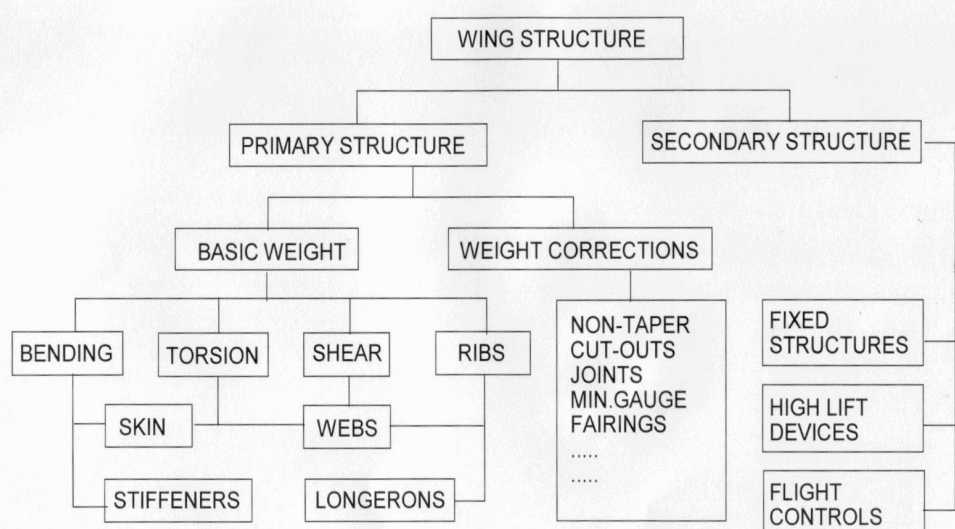


WEIGHT ENGINEERING

13

Слайд 13

Весовые компоненты крыла

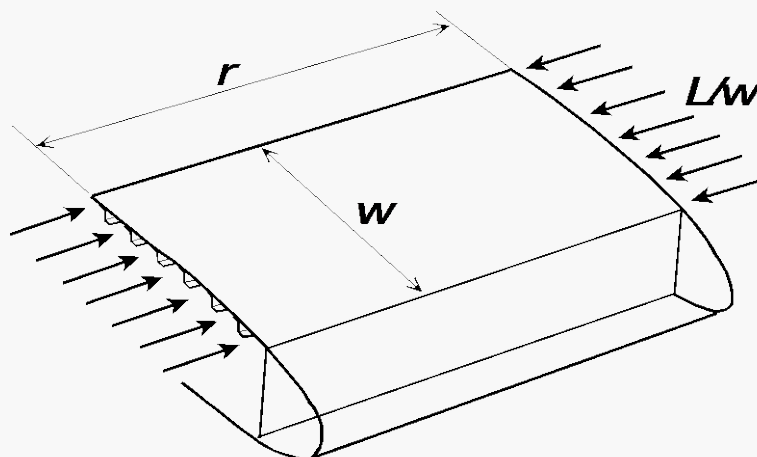


WEIGHT ENGINEERING

14

Слайд 14

Коэффициент напряжённости конструкции



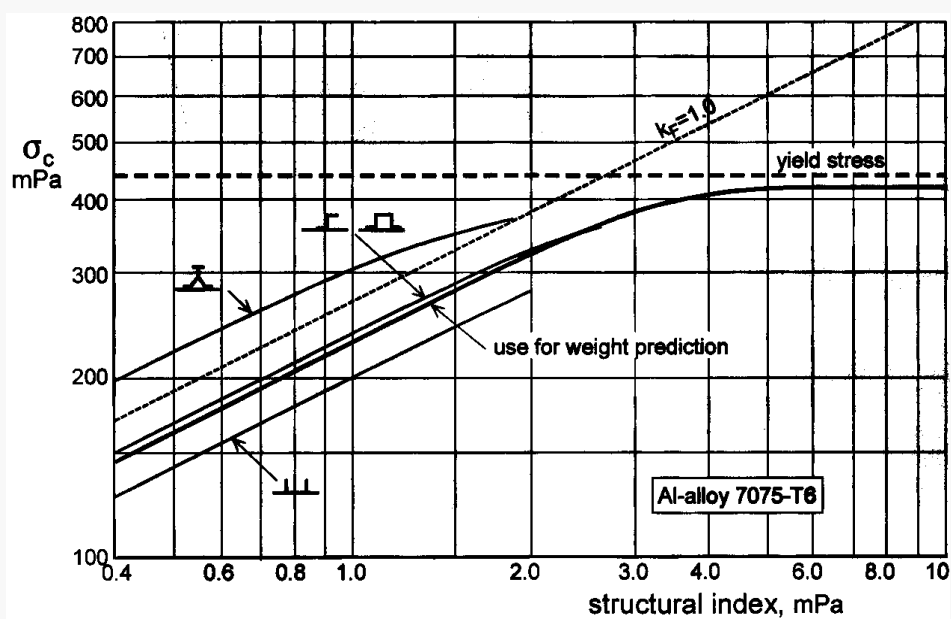
$$\text{structural index} = \frac{L/w}{r}$$

WEIGHT ENGINEERING

15

Слайд 15

Напряжения в сжатых панелях

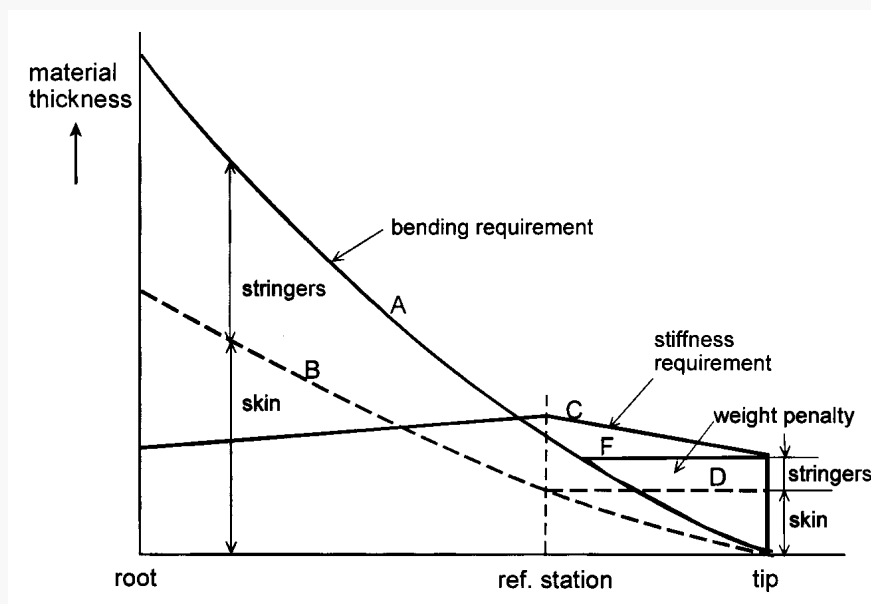


WEIGHT ENGINEERING

16

Слайд 16

Избытки веса, необходимые для обеспечения жесткости

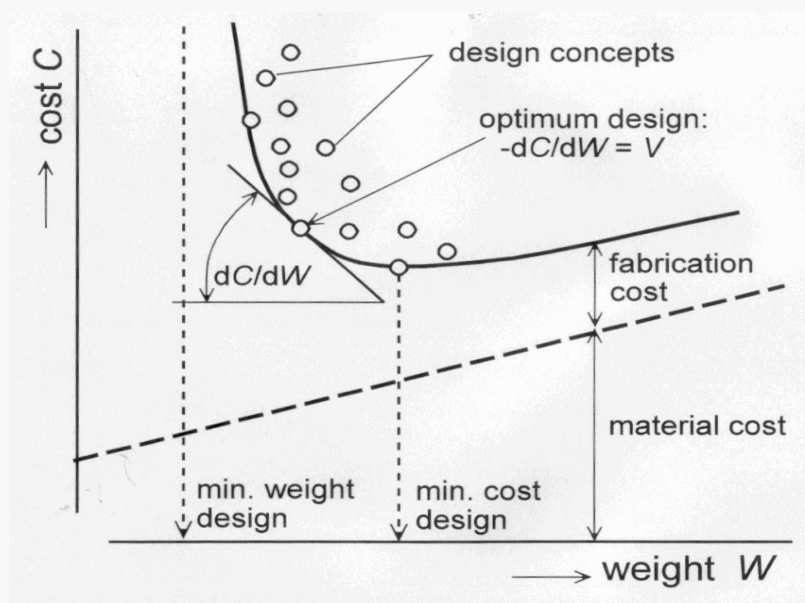


WEIGHT ENGINEERING

17

Слайд 17

Технико-экономический анализ

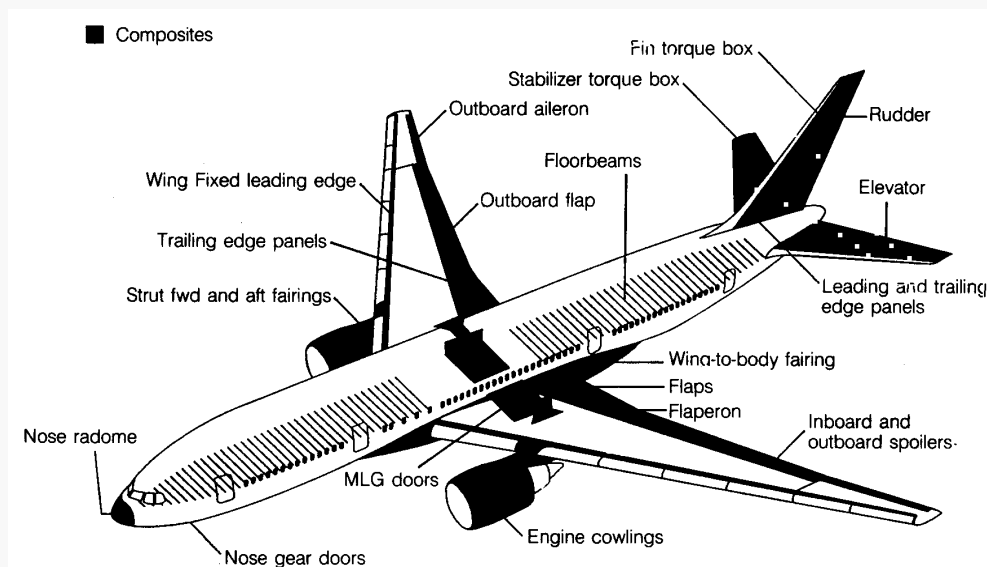


WEIGHT ENGINEERING

18

Слайд 18

Применение композиционных материалов BOEING 777



WEIGHT ENGINEERING

19

Слайд 19

Снижение веса за счет замены металлических деталей композитными

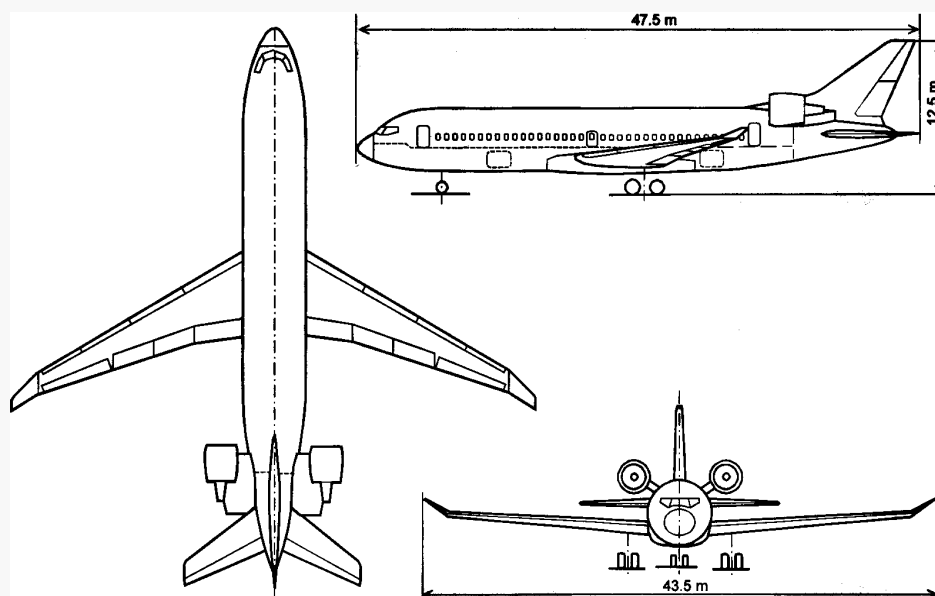
	METAL WEIGHT (LB)	COMPOSITE WEIGHT (LB)	DIFFERENCES	
			WEIGHT (LB)	PERCENT
WING	(3,016)	(2,462)	(-554)	(-18.4)
FIXED TRAILING EDGE	1,103	882	-221	-20.0
AILERON	253	190	- 63	-25.0
SPOILER	626	563	- 63	-10.0
WING-TO-FUSELAGE FAIRING	1,034	827	-207	-20.0
TAIL	(1,823)	(1,379)	(-444)	(-24.4)
ELEVATOR	441	331	-110	-25.0
RUDDER	1,011	758	-253	-25.0
HORIZONTAL STABILIZER FAIRING	124	93	- 31	-25.0
HORIZONTAL TRAILING EDGE	144	115	- 29	-20.0
VERTICAL TRAILING EDGE	103	82	- 21	-20.0
FUSELAGE	(3,005)	(2,291)	(-714)	(-23.8)
CABIN FLOOR BEAMS AND SUPPORTS	2,788	2,109	-679	-24.4
NOSE GEAR DOORS	217	182	- 35	-16.1
NACELLE (LESS SYSTEMS)	(4,530)	(4,176)	(-354)	(- 7.8)
TOTAL	12,374	10,308	-2,066	-16.7

WEIGHT ENGINEERING

20

Слайд 20

Базовый вариант со средней дальностью

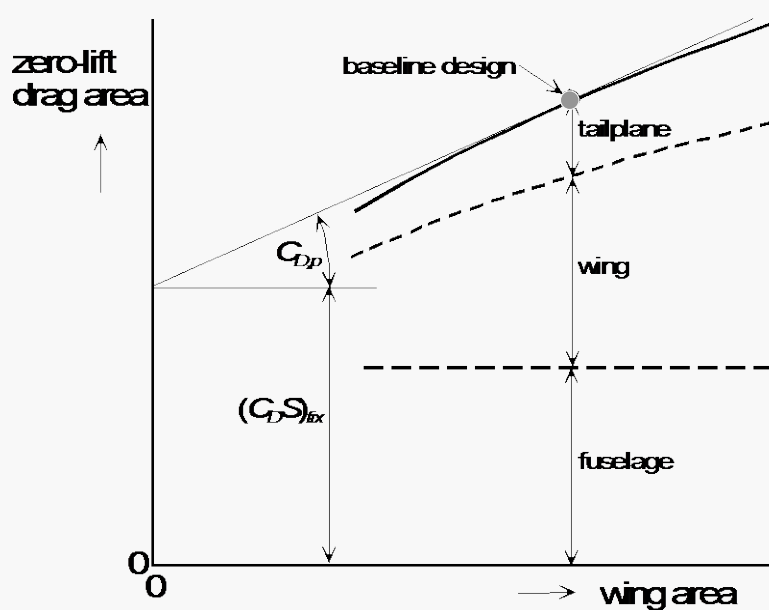


WEIGHT ENGINEERING

21

Слайд 21

Чувствительность к увеличению обтекаемой площади

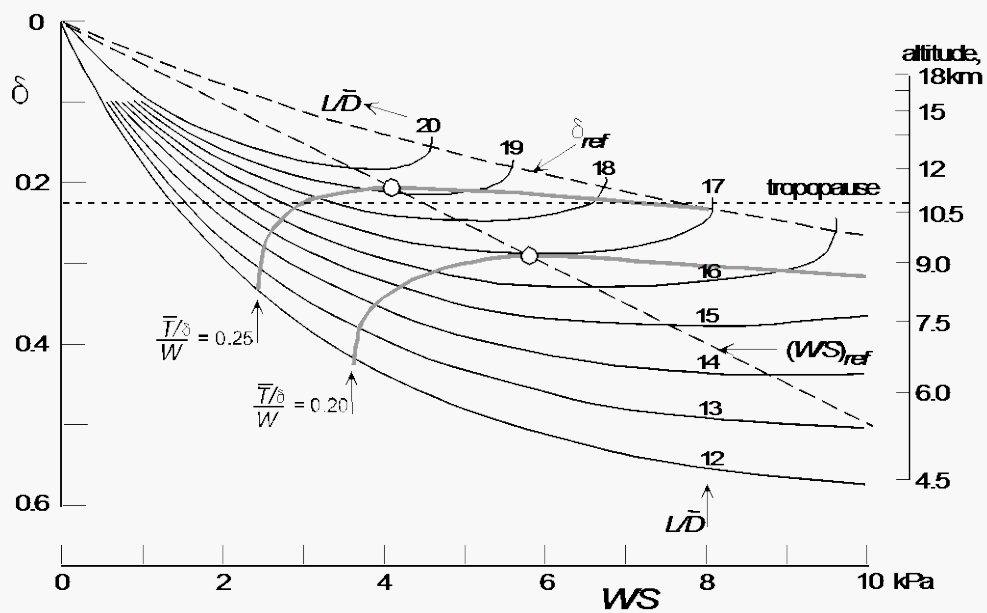


WEIGHT ENGINEERING

22

Слайд 22

Аэродинамическая эффективность

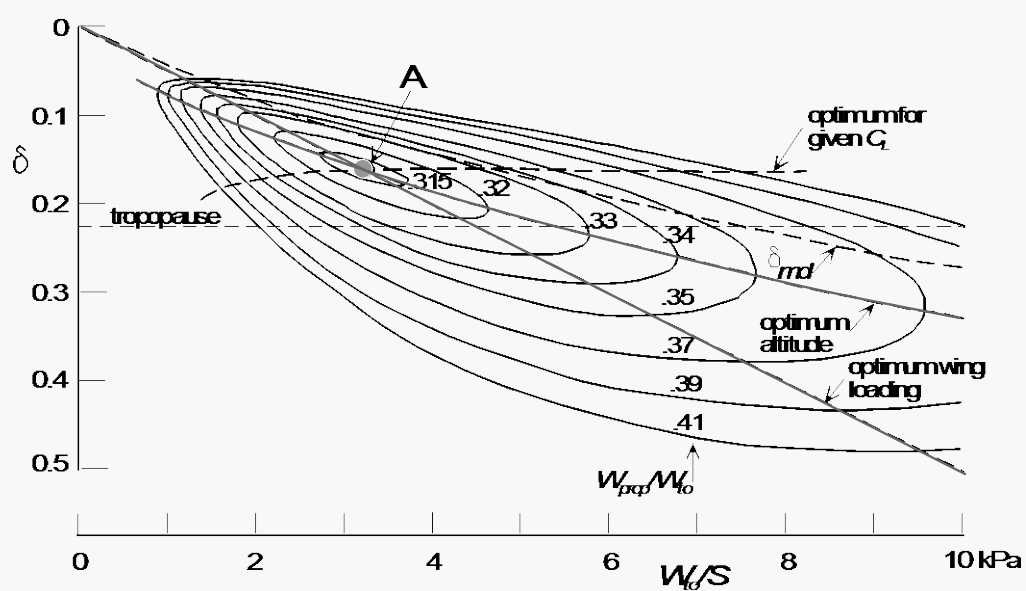


WEIGHT ENGINEERING

23

Слайд 23

Весовая доля топлива и двигателей

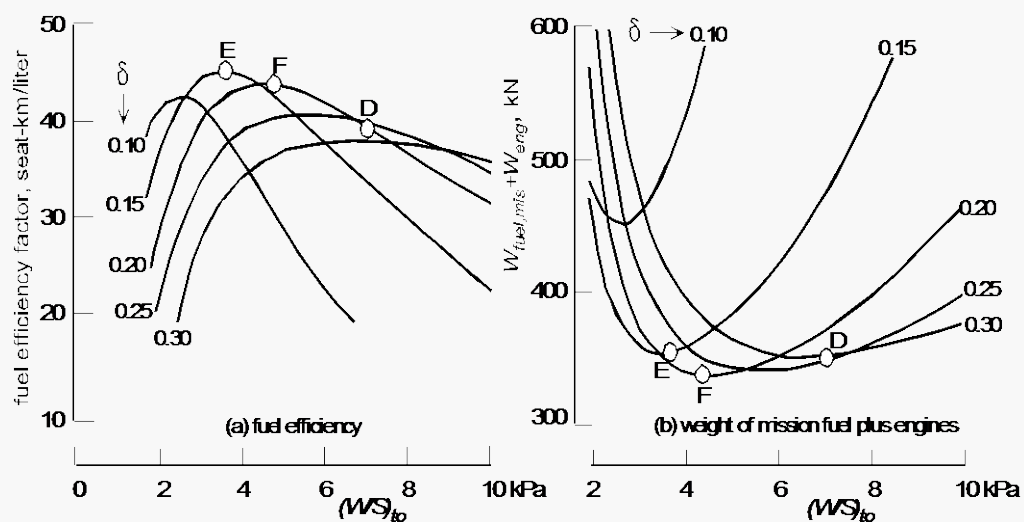


WEIGHT ENGINEERING

24

Слайд 24

Вес топлива и двигателей

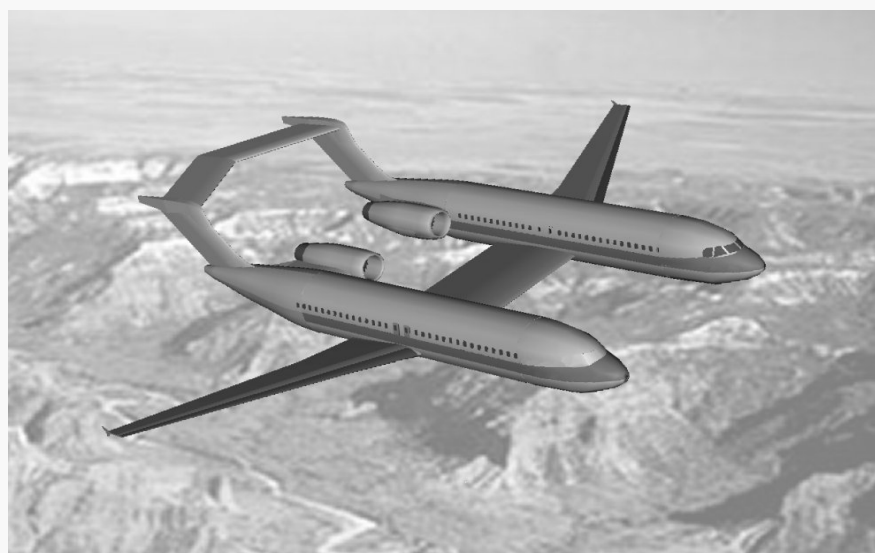


WEIGHT ENGINEERING

25

Слайд 25

Самолет со сдвоенным фюзеляжем



WEIGHT ENGINEERING

26

Слайд 26

В случае со сдвоенным фюзеляжем:

- Распределение массы вдоль размаха обеспечивает разгрузку крыла
- Два стандартных фюзеляжа легче и имеют меньшее сопротивление, чем однофюзеляжный ЛА с тем же количеством мест
- Становятся больше оптимальные значения размаха и относительного удлинения
- Хвостовое оперение имеет примерно те же размеры, но его нагруженность и масса меньше по сравнению с традиционным ЛА
- Поскольку аэродинамика и конструкция остаются традиционными, такая конфигурация не нуждается в разработке новых технологий

WEIGHT ENGINEERING

27

Слайд 27

В случае со сдвоенным фюзеляжем (продолжение):

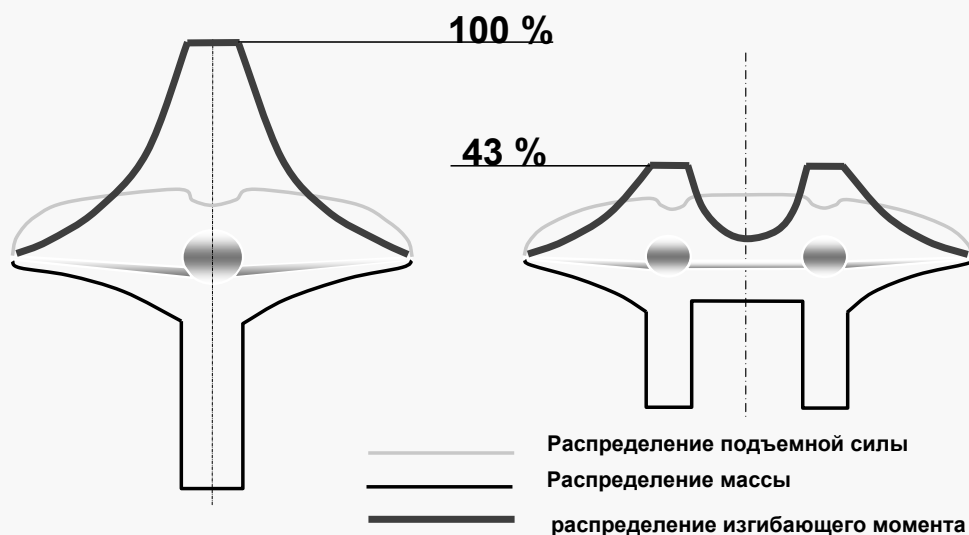
- Схема со сдвоенным фюзеляжем может быть применена для пассажирского самолета любых размеров
- Отсутствуют проблемы с аварийной эвакуацией
- Идеально подходит для разработки семейства самолетов, особенно когда центральная часть крыла является цилиндрической
- Свободное расположение двигателей: допустима направленность вектора тяги вдоль оси, а расположение над центральной частью крыла обеспечивает экранирование шума
- Удобство размещения и уборки шасси, не требуются большие обтекатели

WEIGHT ENGINEERING

28

Слайд 28

Эпюры изгибающих моментов для схем с одним и двумя фюзеляжами



WEIGHT ENGINEERING

29

Слайд 29

Сравнение двухфюзеляжной и традиционной схем по массе

Масса конструкции, kg	CONV.	2-F	%
Макс. взлетный вес	155,000	134,000	-13.5
Макс. посадочный вес	128,000	113,000	-11.7
Макс. вес пустого	120,000	106,000	-11.7
Эксплуатационная масса пустого	84,000	70,000	-16.7
Полезная нагрузка	36,000	36,000	0
Запас топлива на 8,000 km	40,715	34,245	-15.9
Располагаемая тяга, kN	2x222.5	2x178.0	-20.0

WEIGHT ENGINEERING

30

Слайд 30

Презентация Дитера Шольца

"Учебная и исследовательская работа студентов в Гамбургском университете прикладных исследований"

**Обучение и научные исследования в
области авиационного проектирования**

*Кафедра Авто- и Самолетостроения
Hochschule für Angewandte Wissenschaften
Hamburg
Гамбургский Университет Прикладных
Наук*

Слайд 1

Университет

- Гамбургский университет прикладных наук
- 5 факультетов
- 12000 студентов

В кампусе Berliner Tor находятся:

- **Факультет инженерного дела и информатики**
 - Электротехника
 - Информатика
 - Машиностроение
 - Авто- и самолетостроение**
- 4700 студентов

Слайд 2

Университет

Гамбургский университет прикладных наук

4 дополнительных факультета

- **Дизайн, Журналистика и Информационные технологии**
 - Дизайн
 - Журналистика
 - Информационные технологии
- **Науки о жизни**
 - Биотехника
 - Медико-санитарные дисциплины
 - Медицинское приборостроение
 - Диетология
 - Экология
 - Технология производства
- **Социальная работа и уход за больными**
 - Социальная работа
 - Уход за больными
- **Бизнес и государственное управление**
 - Бизнес
 - Государственное управление

Слайд 3

Кафедра

Кафедра Авто- и
самолетостроения:

два предмета в одном

Слайд 4

Кафедра

- **1200 студентов**
60% по специальности автомобилестроение, 40% - на самолетостроении
Порядка 160 выпускников ежегодно
 - **43 профессора**
20 младших преподавателей непосредственно с промышленного производства
20 других служащих
 - **Лаборатории**
Лаборатория легких конструкций
Лаборатория САПР
Лаборатория с аэродинамической трубой, лаборатория для проведения летных испытаний
Компьютерный центр
- Дополнительную информацию можно найти по адресу: **www.haw-hamburg.de/f**

Слайд 5

Организация обучения

Семестр	Программа
	Базовая интернатура (13 недель)
1	Базовое обучение
2	
3	
4	Основное обучение
5	
6	
7	Промышленный проект и защита диплома для получения квалификации бакалавра
8	Магистратура
9	
10	Защита диплома для получения квалификации

Слайд 6

Программа обучения

Базовое обучение по автомобильной и самолетостроительной специальностям имеет одинаковые программы

- **Математика и вычисления 16 СР (18%)**
- **Физика (Термодинамика, электротехника, гидравлика) 17 СР (19%)**
- **Машиностроение 22 СР (24%)**
- **Основы проектирования (САПР, черчение, материаловедение, детали машин) 35 СР (39%)**
- **Итого: 90 СР**

Слайд 7

Программа обучения

Программа курса по самолетостроению

Основные направления обучения:

- **Проектирование и эффективность конструкций**
- **Кабины и их системы**

Слайд 8

Программа обучения

Главные курсы по специальности «самолетостроение»

- **Базовые самолетостроительные дисциплины**
аэродинамика, динамика полета, проектирование самолетов
- **Конструкция самолетов**
материалы, проектирование, вычисления
- **Проектирование кабин**
модули, вопросы эргономики и конструкции,
- волоконные- и сэндвичевые конструкции, производство
- **Двигатели и силовая установка**
- **Системы самолета, системы кабины**
электрическая система, электронная система, гидросистема,
механическая система,
- проектирование и интегрирование систем
- **Общие науки**
экономика, управление проектами, методы создания презентаций,
ценовое проектирование

Слайд 9

Инструментарий

Современное программное обеспечение

CATIA V5	1 семестр: черчение 2 и 3 семестр: начертательная геометрия
	проектирование самолетов
ICEM-Surf	проектирование поверхностей
FLUENT	вычислительная аэродинамика
MSC PATRAN/NASTRAN, LS-DYNA, OPTIMUS	
	оптимизация конструкций анализ разрушения
RAMSIS	эргономика
MATLAB	системы самолета, динамика полета

Слайд 10

Подготовка и повышение квалификации

Специалисты с неавиационным образованием могут получить квалификацию авиационного инженера, что способствует укреплению авиационной промышленности в Гамбурге. Каждый курс занимает один семестр:

Специализация: авиационные конструкции

Специализация: кабины самолетов и системы кабин

Слайд 11

Подготовка и повышение квалификации

Повышение квалификации

Магистратура в области аэрокосмических наук (EPMA)

Подготовка осуществляется при сотрудничестве со следующими европейскими партнерами:

- Гамбургским университетом прикладных наук (HAW)
- Католическим университетом Брюгге - Oostende (KHVO)
- Университетом Бордо 1 (UB1) и другими партнерами со всей Европы

Modules at HAW Hamburg (каждый длительностью в 1 неделю)

- Весовое проектирование самолетных конструкций (2 выпуска)
- Проектирование самолетов (первый выпуск в 2007 году)

<http://www.EPMA.aero>

Слайд 12

Исследования и разработки

Основное направление исследований - „Самолетостроение“

- **Конструкции самолетов**
 - распространение трещин
 - армированные волокном пластики (КМ)
 - **контроль работоспособности конструкций**
 - сопротивление разрушению
- **Кабины и системы кабин**
 - современные методы проектирования кабин
 - **системы кондиционирования, FLECS**
 - **аварийная надёжность (кресла)**
- **Концепции проектирования и аэродинамика**
 - самолет схемы «Летающее крыло», BWB
 - экологичный грузовой самолет (green freighter, GF)
 - самолеты с низкой стоимостью наземного обслуживания – методы их проектирования

Слайд 13

Исследования и разработки

Верификация расчетных моделей самолетных конструкций
Профессор Seibel

Замена дорогостоящих натурных испытаний численными моделями.

Основные положения проекта:

- Верификация конечноэлементных моделей самолетных конструкций
- Виртуальные испытания
- Метод Скопинского
- Контроль работоспособности конструкции

Слайд 14

Исследования и разработки

Моделирование динамического нагружения пассажирских кресел и их оптимизация

Профессор Schumacher

Разработка программного обеспечения,
позволяющего оптимизировать конструкции кресел.
Рассмотрение разброса свойств материалов,
методов изготовления и случаев нагружения
(„Робастное проектирование“). Уменьшение
проектно-конструкторских работ.

партнер:

AIDA Development GmbH.

Слайд 15

Исследования и разработки

FLECS – Функциональная библиотека системы контроля влияния окружающей среды

Профессор Scholz

Компьютерное моделирование и проектирование
инновационной **систем контроля влияния
окружающей среды** для следующего поколения
пассажирских самолетов

Партнеры:

Airbus Deutschland GmbH,

CeBeNetwork GmbH

Слайд 16

Исследования и разработки

Самолет типа BWB («Летающее крыло»)

Prof. Dr. Zingel, Prof. Granzeier Prof. Dr. Scholz

Исследование новых схем пассажирских самолетов будущего. Анализ летных характеристик, устойчивости и управляемости, основанный на численном моделировании, испытаниях в аэродинамической трубе и летных испытаниях модели, выполненной в масштабе 1:30. Разработка новых инновационных схем кабин для больших по площади фюзеляжей, способных создавать подъемную силу.

Слайд 17

Исследования и разработки

GF – экологичный грузовой самолет

Prof. Dr. Scholz

Экологичный и рентабельный проект самолета традиционной и нетрадиционной схемы с новым видом топлива и беспилотным управлением, который может быть реализован к 2025 году.

Партнеры:

Airbus Deutschland GmbH, University of Braunschweig,
Bishop GmbH

Слайд 18

Исследования и разработки

ALONA - Aircraft design for Low cost ground Handling

Prof. Dr. Scholz

Проект самолета, выполняемый специально для авиакомпаний, работающих в секторе низкостоимостных перевозок («low cost» авиакомпании) и имеющий целью уменьшить прямые эксплуатационные расходы (DOC), особенно – расходы на наземное обслуживание. Исследование методов наземного обслуживания и введение новых технологий.

Partners:

Airbus Deutschland GmbH, Airport Research Center Aachen GmbH, Hamburg Airport

Слайд 19

Исследования и разработки

Студенты разрабатывают темы своих дипломных проектов в тесном сотрудничестве с промышленностью

Специальность «Самолетостроение»:

- Airbus Deutschland
- Lufthansa Technik
- MTU Aero Engines
- Rolls Royce Aero Engines
- Engineering Offices

Специальность «Автомобилестроение»:

- AUDI
- BMW
- Daimler Chrysler
- FORD
- Porsche
- VW
- Karmann
- Engineering Offices

Слайд 20

ГЛОССАРИЙ

АНГЛО-РУССКИЙ ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКИЙ СЛОВАРЬ ПО КОМПОЗИЦИОННЫМ МАТЕРИАЛАМ
(700 терминов)

A

adhesive - антиадгезив**ABL bottle** - сосуд модельный**ablation** - абляция**ablative plastics** - пластики абляционные**accelerator** - ускоритель**activation** - активация**activator** - активатор**addition polymerization** - полимеризация аддитивная**additive** - добавка**adduct** - аддукт**adherend** - подложка**adhesion** - адгезия**adhesive contact** - контакт адгезионный**adhesive film** - пленка адгезионная**adhesiveness** - свойства адгезионные**after bake** - доотверждение**aggregate** - агрегат**aging** - старение**air locks** - затвор воздушный**air vent** - "воздушка"**air-bubble void** - поры воздушные**alkyd plastics** - пластмассы алкидные**alkyd resin** - смола алкидная**allyl plastics** - пластмассы аллильные**alternative amplitude stress** - напряжение переменной амплитуды**alternative stress** - напряжение переменное**ambient** - условия внешние**amine resin** - смола аминная**anisotropic** - анизотропный**anisotropic laminate** - слой анизотропный**anisotropy of laminates** - анизотропия слоя**anisotropy of properties** - анизотропия свойств**antipyrenes** - антипирены**anti-static agents** - антистатик**arc resistance** - дугостойкость**artificial weathering** - выветривание искусственное**ash content** - зольность, содержание золы**aspect ratio** - анизотропия формы**A-stage** - А-стадия**atactic polymers** - полимеры атактические**atacticity** - атактичность**attenuation** - утоньшение**autoclave** - автоклав**autoclave molding** – прессование автоклавное**automatic molding** – формование автоматическое**automatic press** - пресс автоматический**axial winding** - намотка одноосная

B

back pressure - давление обратное**bag molding** - формование эластичным мешком**balanced construction** – конструкция сбалансированная**balanced design** – конструкция равновесная**balanced twist** - крутка

балансирующая

balanced-in-plane contour – сбалансированный в плоскости контур**Barcol hardness** - твердость по Барколу**bare glass** - стекло чистое**base** - основание**batch** - доза. Порция**bearing stress** - напряжение опорное**beartig strength** - прочность опорная**biaxial load** - нагружение двухосное**biaxial winding** - намотка двухосная**bi-directional laminate** - слои двухосно-ориентированные**binder** - связующее**bisphenol A** - бисфенол А**blanket** - покрытие**bleedout** - натек**blister** - пузырек**bond strength** - прочность связи**boss** - "прилив"**bottom plate** - основание, опора**braiding** - оплетка**branch polymer** - полимер разветвленный**breaking extension** – удлинение разрушающее

breaking factor - фактор разрушения
breathing - выпуск газа
broadgoods - лента
B-stage - В-стадия
bubble - пузырь
buckling - вспучивание
bulk density - плотность объемная
bulk factor - фактор объемный
bulk modulus - модуль объемный
burned - сгорание
burst strength - прочность взрывная
bushing - бушинг
butt joint - соединение стыковое
butt warp - обмотка в стык

C

carbonisation - карбонизация
catalyst - катализатор
catastrophic failures – разрушение катастрофическое
catenary - разносторонность, провис
caul - "чепчик"
cavity - полость
centreless grinding – шлифование безцентровое
centrifugal casting - литье центробежное
chain length - длина цепи
chain scission - обрыв цепи
chalking blushing - мелование
charge - загрузка
chase - обойма, фальц
chill - охлаждение резкое
circuit filament winding - контур намотанный волокном
circuit-board - плата для схем
circumferential winding - намотка круговая
clamping plate - пластина зажимная
clamping pressure - давление зажимное
coefficient of cubical expansion – коэффициент объемного расширения
coefficient of elastisity – коэффициент упругости
coefficient of expansion – коэффициент расширения
coefficient of friction - коэффициент трения
coefficient of linear expansion – коэффициент линейного расширения
coefficient of thermal expansion – коэффициент расширения теплового
cohesion - когезия
cold flow - хладотекучесть
cold-setting adhesive – агент хладоотверждающийся

compatibility - совместимость
compliance - податливость
composite - композит
compression mold - пресс-форма
compression molding pressure – давление при прямом прессовании
compressive modulus – модуль упругости при сжатии
compressive strength – предел прочности при сжатии
compressive stress – напряжение при сжатии
condensation agent – агент конденсационный
condensation polymerization – полимеризация конденсационная
condensation resin - смола конденсационная
conductivity - проводимость
contact adhesive - клей контактный
contact molding – прессование контактное
contact pressure resin - смола, отверждаемая под давлением
continuous filament - волокно одиночное непрерывное
continuous filament yarn - нить непрерывная
copolymer - сополимер
copolymerization - сополимеризация
core - сердцевина. Сердечник
core-retainer plate – пластина, фиксирующая сердечник
count - плотность, номер, класс
coupling agent - агент "сшивающий"
crack - трещина
crazing - образование волосных трещин
creel - шпулярник
creep - ползучесть
crimp - извиток
critical longitudinal stress – критическое продольное напряжение волокон
critical strain - напряжение критическое
cross direction - направление поперечное
crosswise laminated – поперечно-ламинированный
crystallite - кристаллит
C-stage - C-стадия
cull - отходы
curing - отверждение

curing agent - агент отверждающий
curing temperature – температура отверждения

curing time - время отверждения

cut - раскрой

cut-off - контур

cycle - цикл

D

damping - затухание

daylight - просвет

deflection temperature – температура перехода или привращения

deflection temperature under load – температура прогиба под нагрузкой
deformation under load – деформация под нагрузкой

degassing - дегазация

delamination - расслаивание, отслаивание

denier - денье

desizing - расшлихтовка

D-glass - Д-стекло

diamagnetic susceptibility - восприимчивость диамагнитная

dielectric - диэлектрик

dielectric constant – постоянная диэлектрическая

dielectric curing – отверждение диэлектрическое

dielectric heating - нагрев диэлектрический

dielectric loss - потери диэлектрические

dielectric loss angle - угол диэлектрических потерь

dielectric phase angle - угол диэлектрический фазовый

dielectric strength – прочность диэлектрическая

dielectrical loss angle - тангенс угла диэлектрических потерь

dimensional stability - стабильность размеров

displacement angle in filament winding - угол смещения при намотке волокном

doctor bar - шаберная планка

doctor roll - валик шаберный

doily (filament winding) - накладка при намотке волокном

dome-filament winding – свод (при намотке волокном)

doubler - дублирование

draft - уклон формовочный

draft angle - угол наклона

drape - драпируемость

dry lay-up - укладка сухая

dry spot - сухое место на слое

dry winding - намотка сухая

dwel - выдержка

dynamic modulus - модуль динамический

E

edge distance ratio – коэффициент запаса

edge joint - соединение торцевое

edgewise - краем, ребром

E-glass - Е-стекло

ejection - эжектирование, эжекция

ejection plate - плита эжекторная

ejector ram - шток эжекторный

elastic deformation - деформация упругая

elastic limit - предел упругости

elastic recovery - последствие упругое

elasticity - эластичность, упругость
electrical dissipation factor – фактор рассеяния

энергии в диэлектрике
electroformed mold – форма гальванопластиковая

elongation - удлинение

elongation at break – удлинение при разрыве

elongation between gages – удлинение между штрихами

emissivity - способность эмиссионная

end - конец

end count - число концов

endurance limit - предел усталостной прочности

enviromental stress cracking - растрескивание

enviromental stress cracking – трещинообразование в напряженном состоянии под влиянием окружающей среды

epichlorhydrin - эпихлоргидрин

epoxide - эпоксид

epoxy plastics - пластмассы эпоксидные

epoxyde equivalent - эпоксидный эквивалент

even tension - напряжение равномерное

extender - сухой разбавитель, наполнитель

extending - наполнение

extensibility - растяжимость

extherm - экзотерма

exudation - помутнение, выпотевание

eyelet type insert - вкладыш типа "глазок"

F

fabric - ткань

fabrication - изготовление

fan - "веер"

fatigue - усталость

fatigue life - время жизни

fatigue limit - предел выносливости
fatigue notch factor – коэффициент концентрации напряжений эффективный
fatigue ratio - относительный предел усталостной прочности
fatigue strength - прочность усталостная
felt - фетр
fiber - волокно
fiber diameter - волокна диаметр
fiber glass - стекловолокно
fiber irientation - ориентация волокна
fiber pattern - рисунок волоконный
fiber strain in flexure – деформация волокна при изгибе
fiber stress in flexure - напряжение волокна при изгибе
fibrillar - фибриллярный
fibrous-glass-reinforced plastics – пластик стекловолокнистый
filament weight ratio - доля волокна массовая
filament winding - намотка волокном
filaments - волокна одиночные штапелированные
filler - наполнитель
fillet - буртик
filling - наполнение
filling yarn - пряжа наполняющая
finish - отделка
fish eye - "рыбий глаз"
flame resistance - огнестойкость
flame retardants - горения замедлители
flame retarded resin - смола негорючая
flame spraying - напыление пламенем
flammability - горючесть
flash - подтек
flash mold - грат
flatwise - "плашмя"
flexibilizer - мягчитель
flexible mold - форма гибкая
flexural modulus - модуль прогиба
flexural rigidity - жесткость при изгибе
flexural rigidity D-plate - пластина для измерения жесткости при изгибе
flexural strength - прочность на изгиб
flow - течение
flow line - линия течения
fluidity - текучесть
fluidized bed coating - покрытие на жидкой подложке
fluted core - сердцевина желобковая
foamed plastics - пенопласты

foam-in-place - "пена на месте"
force - сила, усилие
forvulcanization - предвулканизация
fracture - трещина
free-radical polymerization - полимеризация свободно-радикальная
friction - трение
fungus resistance - устойчивость к воздействию грибков
furane plastics - пластмассы фурановые

G

gage length - длина расчетная
gap - зазор
gel - гель
gel coat - покрытие гелевое
gel coot - смоляной слой
gel point - точка желатинизации
gelation time - время гелеобразования
geodesic - геодезический
geodesic isotenoid – изотенсоид геодезический
geodesic isotenoid contour – контур геодезический изотензоидный
geodesic ovaloid - оваловид геодезический
glass - стекло
glass filament - нити стеклянные
glass filament bushing - фильера-"лодочка"
glass finish - отделка стекловолокна
glass flakes - хлопья стеклянные
glass former - стеклообразователь
glass stress - напряженность стекла
graphitization - графитизация
gravity closing - отключение под собственной массой
gray - суровье
greige - суровье
grex - грекс
guide pin - штифт направляющий
gusset - косынка, накладной лист

H

hand - гриф
hand lay-up - ручная укладка
hank - моток
hardener - отвердитель
hardness - твердость
heat build-up - повышение температуры
heat distortion point - температура тепловой дисторсии
heat endurance - выносливость тепловая

heat resistance - термостойкость

heat-convertible resin – смола термореактивная

hexa - гекса

high frequency heating – нагрев высокочастотный

high pressure laminates – полученные под высоким давлением пластики

high pressure spot - точка высокого давления

high-pressure molding - формование под высоким давлением

hollow - углубление

honeycomb - сотовая структура

hoop stress - напряжение радиальное растягивающее

hydraulic press - пресс гидравлический

hydromechanical press – пресс гидромеханический

hydrophilic - гидрофильный

hydrophobic - гидрофобный

hygroscopic - гигроскопичный

I

ignition loss - потери от возгорания

immediate set - деформация мгновенная

impact bar - образец для испытания на удар

impact shock - удар динамический

impact strength - вязкость ударная

impact test - испытание на удар

impregnated fabric - ткань пропитанная

impregnation - пропитка

inert filler - наполнитель инертный

infra-red - инфракрасный

inhibitor - ингибитор

initial modulus - модуль начальный

inorganic - неорганический

inorganic pigments – пигменты неорганические

insert - вкладыш

instron - "инстрон"

insulation resistance – сопротивление изоляции

insulator - изолятор

interface - граница раздела фаз, межфазный

interlaminar shear strength – межслоевая прочность на сдвиг

intermesh - зацепление

internal stress - напряжение внутреннее

irradiation - облучение

irreversible - необратимый

isocyanate plastics – пластмассы изоцианатные

isomeric - изомерный

isotropic laminate - материал слоистый

Izod impact test - вязкость ударная по Изоду

J

joint - соединение

joint lap - соединение "внахлест"

joint scarf - соединение на "ус"

L

L/D-ratio - отношение длины шнека к его диаметру

lack of fillout - недостаток заполнения

lacquer - лак

laminate - ламинат

laminate - материал слоистый

laminate ply - слой ламинированный

laminated molding – ламинированная штампованная деталь

land - пояс, фаска

land area - зона контактной площадки

landed force - усилие прижимное

lap - холст

lay - слой, виток

lay-flat - застил плоский

lay-up - укладка

lengthwise direction – направление продольное

light-fastness - светостойкость

line pressure - давление в линии

linear expansion – расширение линейное

liner - облицовка

liquid resin - смола жидкая

liquids temperature - температура ликвидуса

load-deflection curve - график изгибающей нагрузки

loaded - нагруженный

loop tenacity - прочность в петле

loss angle - угол потерь

loss factor - коэффициент потерь

loss factor - фактор потерь

loss index - индекс потерь

loss modulus - модуль потерь

lot - партия

low-pressure laminates - пластики слоистые низкого давления

low-pressure molding – формование под низким давлением

low-temperature forming - формование низкотемпературное

lubricant - смазка

M**macerate** - мацерат**magneto resistance** – сопротивление магнитное**mandrel** - оправка**mass stress (fibers)** - напряжение на единицу массы волокна**mat** - мат**mat binder** - связующее для матов**matched metal molding** – формование в металле**matrix** - матрица**matte** - штейн**maturation** - созревание**mean stress** - напряжение среднее**mechanical adhesion** – адгезия механическая**mechanical adhesion** – склеивание механическое**melamine formaldehyde** –

меламиноформальдегид

melamine plastics – пластик меламиновый**M-glass** - М-стекло**microminiaturization** – микроминиатюризация**milled fibre** - волокно молотое**model** - модель**modulus** - модуль**modulus in compression** – модуль упругости при объемном сжатии**modulus in tension** - модуль упругости при растяжении**modulus of elasticity** - модуль упругости**modulus of elasticity in torsion** – модуль эластичности при кручении**modulus of flexure** - модуль упругости при изгибе**modulus of resilience** - модуль:

1. средней удельной работы;
2. ударной вязкости

modulus of rigidity - модуль жесткости**modulus of rupture** - модуль при разрушении**Mohs hardness** - твердость по шкале Мооса**moisture absorption** - влагопоглощение**moisture permeability** – влагопроницаемость**moisture vapor transmission** – влагоперенос**mold seam** - шов литевой**mold shrinkage** - усадка отливки**molding** - прессование**molding compounds** – компаунды для литья**molding cycle** - цикл формования**molding powder** - пресс-порошок**molding pressure** - давление литьевого**monofilament** - монофиламент**monomer** - мономер**multi-circuit winding** - намотка многоцикловая**multifilament yarn** - нить комплексная**multi-piece separable molds** – формы разъемные составные**multiple cavity mold** - пресс-форма многополостная**N****nesting** - перевивка**netting analysis** - анализ сетки**non polar** - неполярный**non-hygroscopic** - негигроскопичный**nonrigid plastic** - пластмасса нежесткая (деформируемая)**non-woven fabric** - материал нетканый**notch factor** - фактор надреза**notch sensitivity** - чувствительность к надрезу**novolac** - новолак**O****offset yield strength** - сдвиг предела текучести**oil resistance** - маслостойкость**orange peel** - поверхность "шагреневая"**organic** - органический**oriented materials** – материалы ориентированные**orthotropic** - ортотропный**oven dry weight** - масса после сушки в печи**overcuring** - перевулканизация**overflow groove** - канавка для перелива**overlap** - нахлест**overlay sheet** - покрытие верхнее**P****package** - паковка**pallet** - поддон**parallel laminated** – параллельно-ламинированный**parameter** - параметр**parting agent** - разделитель**parting line** - линия отлипания**peel ply** - слой снимаемый (удаляемый)**peel strength** - прочность на отдираание**performance factor** – надежность эксплуатационная**permanence** - стойкость**permanent set** - деформация остаточная**permeability** - проницаемость

phase angle - угол фазовый
phenylsilane resin - смолы фенилсилановые
phenolic resin - смола фенольная
photoelasticity - фотоупругость
physical catalyst - катализатор физический
pick - "прокид"
pin - штифт
pinch-off - сужение, перекосы
pinhole - отверстие малого диаметра
pit - раковина
planar helix winding - намотка планарная спиралевидная
planar winding - намотка планарная
plastic - материал пластический
plastic deformation – деформация пластическая
plastic flow - течение пластическое
plastics tooling – приспособления пластмассовые
plied yarn - нить трощенная
plywrapping - обертка слоевая
poise - пуаз
Poisson's ratio - коэффициент Пуассона
polar winding - намотка полярная
polarity - полярность
polyamide - полиамиды
polybenzamidazole - полибензамизадол
polyesters - полиэфиры сложные
polyimide - полиимиды
polymer - полимер
polymerization - полимеризация
porosity - пористость
positive molding - литье принудительное
post-cure – термоотверждение дополнительное
postforming - штамповка дополнительная
pot life - срок выдержки
power factor - коэффициент мощности
precure – отверждение предварительное
preform binder - связующее для получения предварительных форм
preforming – формование предварительное
pre-gel - слой предварительный гелеобразный
preimpregnation - пропитка предварительная
premix - премикс
prepreg - заготовка предварительная, препрег
pre-pregs - препрег
pressure - давление

pressure bag molding - формование с помощью мешка под давлением

primer - грунтовка

promotor - промотор, активатор

proportional limit – предел пропорциональности

prototype - прототип, прообраз

pulp molding - формование пульпы

pultrusion - пултрузия

pyrolysis - пиролиз

R

radom pattern - узор произвольный

ram force - усилие поршня

ram travel - ход поршня

reinforced molding - компаунд для формования, армированный

reinforced plastics - пластик армированный

reinforcement - армирование

release agent - "освободитель"

resilience - работа деформации

resin - смола

resin applicator - устройство для нанесения смолы

resin content - смолы содержание

resin pocket - карманы застойные

resin starved - зона с недостаточным количеством смолы

resin-rich area - зона скопления смолы

resistivity - сопротивление удельное

retarder - замедлитель

reverse helical winding - намотка обратная спиральная

reverse impact test - испытание на обратный удар

rib - ребор

rigid plastic - пластмасса твердая

rigid plastics - пластмассы жесткие

ripening - созревание

Rockwell hardness number - твердость по Роквеллу

room temperature curing adhesives - клеи, затвердевающие при комнатной температуре

roving ball - ровинг, клубок

roving cloth - ткань ровинговая

roving filament winding - ровинг, намотка нитью

S

safety hardener – отвердитель безопасный

sandwich constructions – конструкция многослойная

sandwich heating - нагрев послойный	split-ring mold - форма разъемная
satin - атласный	spray - распылитель
scorching - подвулканизация	sprayed metal mold – форма металлизированная
scratch - царапина	spray-up - распыление
scriin - марля	spring constant - постоянная сжатия
sealate - герметики	spun roving - ровинг сформованный
secant modulus - модуль секанс	stabilization - стабилизация
self-extinguishing resin – смола самозатухающая	standard deviation – отклонение стандартное
semipositivy mold - пресс-форма полузакрытого типа	standard laboratory atmosphere – атмосфера стандартная лабораторная
semirigid plastic – пластмасса полужесткая	staple fibers - волокно штапельное
sequential winding – намотка последовательная	starved area - зоны незаполненные
set - фиксация	starved joint - соединение недостаточное
set at break - релаксация при разрыве	static fatigue - выносливость статическая
S-glass - S-стекло	static modulus - модуль статический
shear - сдвиг	static stress - напряжение статическое
shear edge - край среза	stickness - липкость
shear modulus - модуль сдвига	stiffness - жесткость
shoe - кулиса	storage life - срок хранения
Shore hardness - твердость по Шору	strain - деформация
short beam shear strength – прочность на сдвиг конечной балки	strain relaxation - релаксация деформации
shrinkage - усадка	strand count - число сложений в жгуте
silicone plastic – пластмассы силиконовые	strand integrity - компактность жгута
silicones - кремний-органические материалы	strands - стренги, пучки
single circuit winding – намотка одноцикловая	strength - прочность
size - шлихта	strength in compression - прочность на сжатие
sizing - шлихтование	stress - напряжение
sizing content - шлихты содержание	stress concentration – концентрация напряжения
skin - пленка, внешняя поверхность	stress concentration factor – коэффициент концентрации напряжения
slurry preforming - формование пульпы предварительное	stress corrosion – вызванная перенапряжением коррозия
soft flow - поток мягкий	stress crack - напряжение трещинообразования
solvent resistance - стойкость к растворителю	stress relaxation - релаксация напряжений
specific gravity - вес удельный	structural bond - структурная связь
specific heat - теплоемкость удельная	surface resistance - сопротивление поверхностное
specific stress (fibers) - удельное напряжение волокон	surface resistivity - сопротивление поверхностное удельное
specification - спецификация	surface treatment - обработка поверхности
specimen - образец	surfacing mat - покрытие поверхностное, мат
spinnert - фильера	syntactic foam – пенопласт синтактический
spinning - формование	synthetic resin - смола синтетическая
spiral - спираль	
splice - свивание	
spline - штапель, шлиц, шлицевать	
split-cavity blocks - блоки с разъемной полостью	

T**tack** - клейкость**tack range** - степень липкости**tack stage** - стадия липкости**tangent line** - касательная линия**tangent modulus** - модуль касания**tangent of loss angle** - тангенс угла потерь**tenacity** - прочность удельная**tensile bar** - брусок для определения растяжимости**tensile relative strength** - прочность относительная**thermal conductivity** - теплопроводность**thermal decomposition** - разложение термическое**thermoplastic** - термопластик**thermoset** - материал термореактивный**thickness** - толщина**thread count** - плотность ткани**tixotropy** - тиксотропия**toggle action** - работа коленчатого рычага**tolerance** - допуск**torsional rigidity** - жесткость на скручивание (волокон)**transfer molding** - литьевое прессование**transfer molding** - прессование литьевое**transfer molding pressure** - давление при литьевом прессовании**transfer pot** - камера передаточная**turbostratic** - турбостратный**twist** - крутка**U****ultimate tensile strength** – предел прочности при растяжении или разрыве**ultra-violet** - ультрафиолетовый**ultra-violet stabilizer** – стабилизатор ультрафиолетовый**undercut** - подрез**unidirectional laminate** – слой однонаправленный**V****vacuum bag molding** – формование вакуумное мешком**vacuum forming** - формование вакуумное**vell** - пленка, покров**virgin filament** - волокна первичные**viscosity** - вязкость**void content** - содержание пустот**voids** - пустоты, пузыри**volatiles** - вещества летучие**volatile content** - содержание летучих веществ**volatile loss** - потери летучих веществ**volume resistance** - сопротивление объемное**vulcanization** - вулканизация**W****warp** - основа**weathering** - выветривание**weave** - переплетение ткацкое**web** - изделие тканое, сетка, прочес, холст**weft** - уток**wet flexural strength** - прочность на изгиб в мокром состоянии**wet lay-up** - застил в мокром состоянии**wet strength** - прочность в мокром состоянии**wet winding** - намотка мокрая**wet-out** - смачивание**wet-out rate** - смачивания скорость**whisker** - "ус", нитевидный кристалл**winding pattern** - рисунок намотки**winding tension** - напряжение намотки**working life** - срок службы**woven fabric** - материалы тканые**woven roving** - ровинг тканый**wrinkle** - складки, морщины**Y****yarn** - пряжа**yield point** - предел текучести**yield strength** - предел текучести**Young's modulus** - модуль Юнга

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шенли, Ф.Р. Анализ веса и прочности самолетных конструкций / Ф.Р. Шенли. – М.: Оборонгиз, 1957. – 406 с.
2. Комаров, В.А. Весовой анализ авиационных конструкций: Теоретические основы / В.А. Комаров // Полет. – 2000. – №1. – С. 31-39.
3. Вейссхаар, Т.А. Человеческий фактор в проектировании авиационных конструкций / Т.А. Вейссхаар, В.А. Комаров // Полет. – 1998. – №1. – С. 17-23.
4. Архипов, А.А. Где вы, самолеты пятого поколения? / А.А. Архипов // Крылья Родины. – 2003. – №11. – С. 2-10.
5. Young, T.M. Technical Writing A-Z: a commonsense guide to engineering reports and theses / T.M. Young. – British English Edition. ASME PRESS. – 2005. – 244 p.
6. Niu, Michael C.Y. Composite Airframe Structures: practical design information and data / Michael C.Y. Niu. – HONG KONG. CONMILIT PRESS LTD. – 1992. – 664 p.
7. <http://EWADE2007.AircraftDesign.org>.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ЛИСТ ПРЕЗЕНТАЦИЙ EWADE 2007

Автор	Университет	Название доклада	№ секции и доклада
Д. Шмитт	Вице-президент Эйрбас в отставке	Аэробус А380 - вперед к новому будущему авиационного транспорта. Будущее партнерства AIRBUS и университетов.	0.1
В. Васильев	МАТИ	Новые геодезические композитные сетчатые конструкции.	1.1
С. Чиеза, В. Николе	Политехнический университет Турина	Усовершенствованные сверхлегкие и беспилотные самолеты, изучаемые в Политехническом Институте г. Турина.	1.2
Я. Юрака	Технический университет г. Врно	Научно-исследовательские проекты как поддержка образования.	2.1
Б. Гати	Будапештский университет технологии и экономики	Проект открытой бортовой платформы для испытаний.	2.2
Э. Торенбик	Дельфтский технологический университет	Самолеты с плавным переходом от крыла к фюзеляжу (схема BWB) и самолеты схемы «Летающее крыло».	3.1
Р. Мартинез-Вал	Мадридский политехнический университет	Развитие реактивных самолётов через призму уравнения дальности.	3.2
Х. Росс	Технический университет Мюнхена	Вокруг мира с самолётом на солнечных батареях.	4.1
В. Комаров	СГАУ	Современные тенденции в проектировании авиационных конструкций.	4.2
Т. Янг	Университет г. Лимерик	Соревнования по созданию и испытанию моделей самолетов в Американском институте аэронавтики и астронавтики: Подход к обучению проектированию самолетов	5.1
К. Жуаннет	Линчопингский университет	Raven, a dynamically scaled Business Jet	5.2
Д. Шольц	Университет прикладных исследований г. Гамбурга	Студенческий проект самолета типа «Летающее крыло (BWB)» – От проектирования до летных испытаний. Учебная и исследовательская работа студентов в Гамбургском университете прикладных исследований.	6.1
П. Берри	Линчопингский университет	Concept Laboratory at LiTH	6.2
Р. Слингерланд	Дельфтский технологический университет	DelFly micro airvehicle	7.1
Д. Ривас	Университет г. Севильи	Инструментарий MATLAB для расчета потребления топлива при полете по глобальной траектории. Презентация EWADE 2009 в Севильи.	7.2

СПИСОК УЧАСТНИКОВ EWADE 2007

№	Фамилия Имя	Name	Университет	Страна
1	Берард Адриен	A. Berard	Королевский технологический институт (Швеция)	Франция
2	Бери Патрик	P. Berry	Линчопинский университет	Швеция
3	Чиеза Сержио	S. Chiesa	Политехнический университет Турина	Италия
4	Гати Балаш	B. Gati	Будапештский университет технологии и экономики	Венгрия
5	Жуаннет Кристофер	C. Jouannet	Линчопинский университет	Швеция
6	Юрака Ярослав	J. Juracka	Технический университет г. Врно	Чехия
7	Комаров Валерий	V. Komarov	Самарский государственный аэрокосмический университет	Россия
8	Кретов Анатолий	A. Kretov	Казанский государственный технический университет	Россия
9	Мартинез-Вал Родриго	R. Martinez-Val	Мадридский политехнический университет	Испания
10	Пиштек Антонин	A. Pistek	Технический университет г. Врно	Чехия
11	Ривас Дамиан	D. Rivas	Университет г. Севильи	Испания
12	Росс Ханнес	H. Ross	Технический университет Мюнхена	Германия
13	Шмитт Дитер	D. Schmitt	Вице-президент Эйрбас в отставке	Франция
14	Шольц Дитер	D. Scholz	Университет прикладных исследований г. Гамбурга	Германия
15	Слингерланд Рональд	R. Slingerland	Дельфтский технологический университет	Нидерланды
16	Смрчек Ладислав	L. Smrcek	Университет г. Глазго	Великобритания
17	Торбек Юргенс	J. Thorbeck	Технический университет Берлина	Германия
18	Торенбик Эгберт	E. Torenbeek	Дельфтский технологический университет	Нидерланды
19	Васильев Валерий	V. Vasiliev	МАТИ	Россия
20	Виола Николе	N. Viola	Политехнический университет Турина	Италия
21	Вогстаф Пауль	P. Wagstaff	Кенсингтонский университет	Великобритания
22	Янг Тревора	T. Young	Университет г. Лимерик	Ирландия

Содержание

ПРЕДИСЛОВИЕ	5
ВЫСТУПЛЕНИЕ ГУБЕРНАТОРА САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ Константина Алексеевича ТИТОВА	7
АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ДОКЛАДОВ И ЛЕКЦИЙ	13
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	25
МАТЕРИАЛЫ ПРЕЗЕНТАЦИЙ ДОКЛАДОВ	27
Презентация Дитера Шмита “Аэробус А380 - вперед к новому будущему авиационного транспорта”	28
Презентация Валерия Васильева “Новые геодезические композитные сетчатые конструкции”	42
Презентация Серджио Чиеза, Николе Виола “Усовершенствованные сверхлегкие и беспилотные самолеты, изучаемые в Политехническом Институте г. Турина ”	58
Презентация Ярослава Юрака “Научно-исследовательские проекты как поддержка образования”	60
Презентация Балаша Гати “Проект открытой бортовой платформы для испытаний”	64
Презентация Эгберта Торенбика “Самолеты с плавным переходом от крыла к фюзеляжу (схема BWB) и самолеты схемы «Летающее крыло»”	71
Презентация Родриго Мартинез-Вала “Развитие реактивных самолётов через призму уравнения дальности”	91
Презентация Ханнеса Росса “Вокруг света на самолёте на солнечных батареях”	94
Презентация Валерия Комарова “Современные тенденции в проектировании авиационных конструкций”	98
Презентация Тревор Янга “Соревнования по созданию и испытанию моделей самолетов в Американском институте аэронавтики и астронавтики: Подход к обучению проектированию самолетов”	114
Презентация Кристофера Жуаннета “Raven, a dynamically scaled Business Jet”	118
Презентация Дитера Шольца “Студенческий проект самолета типа «Летающее крыло (BWB)» – От проектирования до летных испытаний”	122
Презентация Патрика Бери “Concept Laboratory at LiTH ”	157
Презентация Рональда Слингерланда “DelFly micro airvehicle”	165
Презентация Дамиана Риваса “Инструментарий MATLAB для расчета потребления топлива при полете по глобальной траектории”	175
Презентация Дамиана Риваса “Презентация EWADE 2009 в Севильи”	176
МАТЕРИАЛЫ ПРЕЗЕНТАЦИЙ ЛЕКЦИЙ	179
Презентация Дитера Шмита "Будущее партнерства AIRBUS и университетов"	180
Презентация Эгберта Торенбика "Весовое проектирование в самолетостроении"	198
Презентация Дитера Шольца "Учебная и исследовательская работа студентов в Гамбургском университете прикладных исследований"	213
ГЛОССАРИЙ	223
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:	232
ПРИЛОЖЕНИЯ	233
ЛИСТ ПРЕЗЕНТАЦИЙ EWADE 2007	234
СПИСОК УЧАСТНИКОВ EWADE 2007	235

***Комаров Валерий Андреевич, Вырыпаев Артем Александрович, Одинцова Людмила
Владиславовна, Резниченко Геннадий Алексеевич, Черняев Александр Вячеславович***

ЕВРОПЕЙСКОЕ АВИАЦИОННОЕ ОБРАЗОВАНИЕ
по материалам Европейского семинара по авиационному образованию EWADE 2007 (European
Workshop on Aircraft Design Education)

Научный редактор В.А. Комаров

Подписано в печать 20.08.2007. Формат 60x84/16.

Печать офсетная.

Усл. печ. л. 30,0. Тираж 300 экз.

Самарский государственный аэрокосмический университет. 443086. Самара, Московское шоссе, 34.

Издательство Самарского государственного аэрокосмического университета.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.