



ОПИСАНИЕ ПРОЕКТА

Университет Южной Калифорнии

Центр изучения композитных материалов

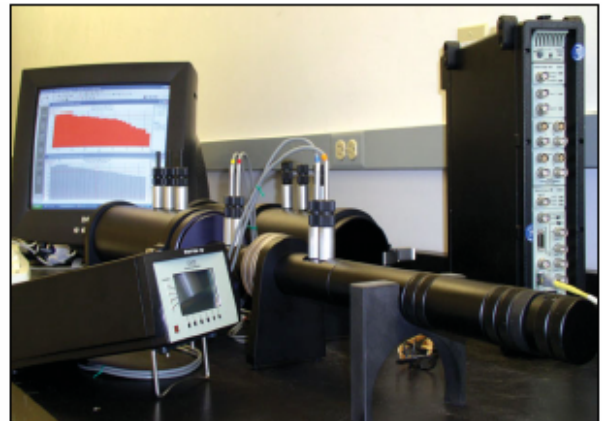
Испытания высокотехнологичных авиационных материалов

Соединенные Штаты Америки
Авиационная промышленность
PULSE™, испытания материалов, анализ мод

Университет Южной Калифорнии (USC) – один из ведущих частных университетов мира, ведущих научные исследования. В двух кампусах USC, находящихся в самом центре Лос-Анджелеса, расположены College of Letters, Arts and Sciences (Институт гуманитарных и естественных наук) и 17 профессиональных учебных заведений, а также одна из самых больших базовых клиник страны.

В рамках недавно образованного Viterbi School of Engineering (Инженерного факультета Витерби) центр изучения композитных материалов USC участвует в актуальнейших исследованиях множества новых материалов. Особое внимание уделяется разработке и тестированию композитных материалов для авиационной промышленности. Основные исследовательские проекты USC финансирует M.C. Gill Corporation – крупнейший мировой производитель полов и внутренних панелей для самолетов. Для определения механических и акустических свойств композитных материалов применяется система сбора и анализа данных PULSE.

© 2004 Brüel&Kjær Sound & Vibration Measurement A/S. All rights reserved.



125 прекрасных лет

USC, старейший частный исследовательский университет Южной Калифорнии, основан в 1880 году. Его достижения известны всему миру, а успехи связаны с превосходным уровнем преподавания и исследовательской работы, а также большому вниманию к общественной деятельности.

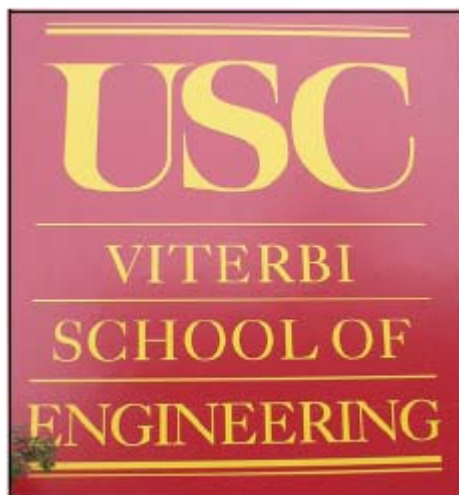
Сегодня в кампусе USC University Park, находящемся в центре Downtown Arts and Education Corridor (Центральной улицы искусства и образования) Лос-Анджелеса, расположены USC College of Letters, Arts and Sciences и ряд профессиональных учебных заведений. В кампусе здравоохранения находятся Keck School of Medicine (Меди-

цинский факультет Кека USC), Фармацевтический факультет и три крупных базовых клиники. Программы и центры USC есть также в Марина дель Рей (Marina Del Rey), Оранж Каунти (Orange County), Сакраменто, Каталина Айленд (Catalina Island) и Альгамбре (Alhambra).

В USC обучается более 30000 студентов, университет получил мировое признание в области коммуникаций и технологий мультимедиа, известен по всей стране как центр внедрения инноваций и укрепил свой статус одного из ведущих исследовательских центров Америки.

Инженерный факультет Витерби

Рис. 1 В марте 2004 года, после щедрого пожертвования, принесенного Эндрю Витерби и его женой Эрной, инженерный факультет USC был переименован в «Инженерный факультет Витерби»



В марте 2004 года основатель Qualcomm Эндрю Дж. Витерби (Andrew J. Viterbi) и его жена Эрна принесли в дар 52 миллиона долларов на переименование инженерного факультета. Это - крупнейшее пожертвование, полученное USC; теперь инженерный факультет университета неразрывно связан с именем Эндрю Витерби – академика, провидца, предпринимателя, руководителя корпорации, занимающейся информационными и коммуникационными технологиями.

Президент USC Стивен Сэмпл (Steven B. Sample) поясняет: «Дар Витерби послужит великолепным катализатором смелых исследований и инноваций на инженерном факультете, испытывающем стремительный подъем».

Центр исследования композитных материалов

Рис. 2 Стивен Натт - профессор М.С. Gill и руководитель центра исследования композитных материалов. Профессор обладает колоссальным опытом и знаниями в области композитных материалов



Стивен Натт (Steven Nutt) – профессор М.С. Gill и руководитель центра исследования композитных материалов. К работе в USC он приступил 10 лет назад, став первым профессором центра композитных материалов. До USC он был профессором Университета Брауна (Brown University) в Провиденсе (Providence), штат Род-Айленд. Степень кандидата наук он получил, изучая материаловедение в Университете Вирджинии.

Профессор Натт говорит: «USC, как и Гарвард со Стенфордом – частный университет, государственного финансирования мы не получаем. Наши средства – это пожертвования, заказы на исследования и плата за обучение. Что касается инженерного факультета Витерби, то наша главная цель – войти в первую пятерку исследовательских университетов».

Он продолжает: «Частные университеты «шустрее» государственных. Около 70% средств центр композитных материалов получает от промышленности, и наши услуги мы также активно предлагаем промышленным предприятиям. Я посвящаю исследованиям около 50% времени. Я преподаю и студентов и аспирантов, веду около 15 аспирантов. Получение кандидатской степени в USC занимает 4-5 лет. Деньги М.С. Gill

крайне важны для финансирования кандидатских работ. Пять или шесть сотрудников – кандидатов наук работают в центре; они общаются с аспирантами и ведут их».

Корпорация M.C. Gill приняла решение финансировать исследования и разработку новых авиационных материалов специалистами USC. М-р Гилл вручил центру композитных материалов пожертвование в 2002 году; сейчас по заказу компании проводится серьезная работа по композитным авиационным материалам. Корпорация M.C. Gill разрабатывает новую продукцию для коммерческого применения во внутреннем оснащении самолетов, а USC исследует механические и акустические свойства материалов.

Центр также проводит исследования и в других областях. Интересный пример – работа по кабелям для воздушных линий электропитания. Обычно кабели укрепляются стальным сердечником, что имеет ряд недостатков: расширение при нагревании и провисание при высоких температурах. Профессор Натт и его группа работают над новым материалом на основе композитного ядра, которое выдерживает температуру до 180° с минимальным провисанием. Стоимость нового материала сравнима с обычным кабелем, а сила тока в новом кабеле может быть повышена вдвое.

Автомобильная промышленность

Профессор Натт говорит: «Автомобильная промышленность все более интересуется композитными материалами. В грузовиках и автобусах уже применяют стекловолокно, так как оно снижает вес и, таким образом, увеличивает полезный груз. От крупного японского автопроизводителя мы получили начальное финансирование на разработку многослойных панелей с использованием в качестве сердечника алюминий и пенополиуретан, а также сталь и пенополиуретан. Главная задача – разработать материал панели, который был бы легче по весу и обеспечивал звукоизоляцию и гашение вибраций».

Конфиденциальность

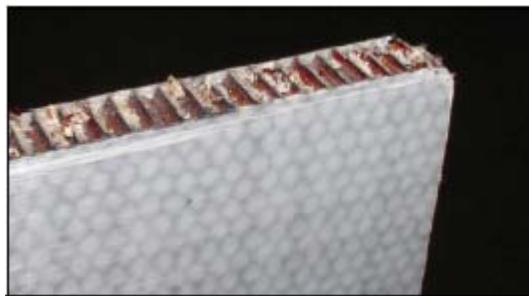
Профессор Натт добавляет: «Наша политика заключается в том, что все исследовательские работы студентов публикуются, с корпорациями-спонсорами же мы можем организовать работу так, чтобы исключить разглашение важной или конфиденциальной информации. Это также относится и к исследованиям по заказу некоторых госдепартаментов, например, военно-морского флота США, и представителей оборонной промышленности. Так, наша работа по применению композитных материалов в военных целях секретна и конфиденциальна».

M.C. Gill Corporation

Основанная в 1945 году Мервином Гиллом (Mervin C. Gill) M.C. Gill Corporation является главным поставщиком внутренних покрытий грузовых отсеков для Douglas Aircraft, а также поставляет коммерческим авиакомпаниям ряд других запасных частей. В 1962 году в лаборатории R&D этой компании было разработано покрытие для багажных отсеков самолетов, состоящее из полиэфирного слоистого пластика. Оно стало хитом продаж, вытеснив все прочие существующие покрытия; уже много лет главный доход M.C. Gill получает за счет его замены и модификации.

Рис. 3 Разработанная М.С. Gill Corporation панель для применения в авиационной промышленности с сердечником в форме сот

Сегодня производство М.С. Gill занимает территорию в несколько акров в Эль-Монте, штат Калифорния, а сама компания является крупнейшим в мире производителем оборудования и сменных покрытий для грузовых отсеков багажных отделений пассажирских и грузовых самолетов.



Компания является крупным производителем многослойных композитных панелей, а полы и внутренние панели М.С. Gill являются стандартом для производства и замены оснастки многих типов воздушных судов. Ячеистые покрытия корпорации имеют широкий диапазон применения: от гондол двигателей до структурных элементов; кроме это М.С. Gill также производит множество других типов армированных пластмасс: пуленепробиваемый слоистый пластик, внутренние панели для кухонь и переборок воздушных судов. Основным потребителем продукции М.С. Gill является Boeing, а пол в кабине нового Airbus A380 сложен как раз из материалов М.С. Gill Corporation.

Успехи М.С. Gill Corporation связаны, в первую очередь, с ее стремлением к качеству и постоянному улучшению разработок и потребительских свойств продукции.

Акустические свойства

Профессор Натт объясняет: «В авиационной промышленности для напольных покрытий самолета широко используется Nomex® - разработанный М.С. Gill ячеистый материал сердечника из арамидных волокон; внутри самолета для этих целей применяются панели с сердечником из бальзы и с поверхностью из полиэстера или алюминия. М.С. Gill Corporation – крупнейший в мире поставщик запасных напольных панелей коммерческим авиакомпаниям. На акустические свойства материалов компания обратила внимание около шести лет назад. Дело не только во все возрастающей важности шумоизоляционных характеристик, но и в том, что наши исследования акустических свойств многослойных панелей дают нам дополнительную информацию о механических свойствах материалов.

Испытания: акустические и механические свойства

Рис. 4 Шанкар Раджарам в USC уже больше четырех лет и скоро получит кандидатскую степень по материаловедению. Первую научную степень он получил в Кохинском Университете в Индии по полимерным сенсорам и резинам

Профессор Натт объясняет: «Для испытаний акустических и механических свойств материалов мы пользуемся почти исключительно решениями Brüel & Kjær. Эта компания имеет репутацию «флагмана» индустрии и великолепный послужной список. Другой важный фактор – хорошее обслуживание и техническая поддержка со стороны инженера отдела продаж Brüel & Kjær Марка Серриджа (Mark Serridge)».



Далее профессор Натт говорит: «Менеджеры и технический персонал М.С. Gill и других организаций, с которыми сотрудничаем, одобряют применение Brüel & Kjær. И нам, и им это дает полную уверенность в том, что данные абсолютно точны и надежны. Как я уже упоминал, продуктами Brüel & Kjær мы пользуемся почти исключительно в пределах центра композитных материалов. Интересно, что компания Qualcomm, основанная доктором Витерби – дарителем, имя которого носит инженерный факультет, также активно пользуется оборудованием Brüel & Kjær».

Шанкар Раджарам (Shankar Rajaram) работает над кандидатской работой по материаловедению. Он говорит: «Я в USC уже больше четырех лет и надеюсь скоро получить кандидатскую степень. Я активно работаю над испытаниями композитных материалов под «руководством» профессора Натта. Но это больше, чем просто образование. Это – основа самообучения и личностного развития. Я встречаюсь со многими людьми, работающими в этой сфере, как во время моих поездок, так и при их визитах сюда, и мы все учимся работать в реальных жизненных условиях».

Шанкар принимал активное участие в разработке и сооружении в центре композитных материалов лаборатории для изучения потерь при передаче. Она работает на основе метода силы звука и состоит из:

- o Асимметричной комнаты источника объемом 15 м^3 , выложенной изнутри плиткой, $RT_{30} = 1,5 \text{ с}$.
- o Безэховой комнаты приемника объемом 20 м^3 . Если разобрать пол, то комната превращается в полу-безэховую с критической частотой 200 Гц.
- o Вращающейся микрофонной стрелы 3923
- o Полудюймового микрофона 4192 С
- o Источника звукового сигнала OmniPower™ 4296
- o Звукоусилителя 100 Вт стерео 2716 С
- o Набор датчиков силы звука 3599 с системой траверс и возможностью внешнего управления



Рис. 5 В асимметричной комнате источника лаборатория для изучения потерь при передаче находится вращающаяся микрофонная стрела 3923, микрофон размером ½ дюйма 4192 С и источник звукового сигнала OmniPower™ 4296

Шанкар говорит: «Лаборатория для исследования потерь при передаче нужна для выяснения акустических потерь применяемых в напольных покрытиях самолетов материалов с ячеистым или бальзовым сердечником. Это крайне важно, т.к. шум передается через воздух и через вибрацию элементов структуры самолета. Все шумы: турбулентный, шум двигателей и шум внешней оболочки фюзеляжа передаются внутренними панелями, работающими в данном случае как конус репродуктора».



Источник звука всегда генерирует розовый шум, так как он более всего напоминает реальный шум самолета. Авиационная промышленность рассматривает в качестве исходных данных для измерений именно розовый шум. «Обычно мы генерируем 90 дБ. Его слышно за пределами лаборатории. Мы проводим десятисекундное измерение в каждой точке эталонной сетки 11 x 11. Размер образца – 42 x 42 дюйма (1,07 x 1,07 м). Датчик силы звука монтируется на системе траверс и после каждого измерения автоматически перемещается к следующей точке. Система используется каждый день».

Он продолжает: «На частотах выше 200 Гц повторяемость и воспроизводимость достаточно хороши, а измеренные потери при передаче соответствуют предсказанным значениям во всей полосе частот и для ячеистых, или для бальзовых панелей».

Калибровка лаборатории потерь при передаче производится согласно ISO 3741.



Рис. 7 Средства исследования свойств материалов в центре композитных материалов: система сбора данных PULSE, PULSE – испытания материалов 7758, звукоусилитель 100 Вт стерео 2716 С и труба сопротивления 4206

Испытания материалов

Наша система PULSE для испытания материалов позволяет проводить измерения в полосе частот от 50 Гц до 6,4 кГц. Подготовка образцов проходит легко, и система позволяет достаточно быстро тестировать большое число образцов».

Отчеты

Аппаратная платформа и программные средства PULSE работают под управлением Microsoft® Windows® XP.

После проведения испытаний данные немедленно передаются в Excel. Графики строятся и передаются в особый шаблон центра композитных материалов. Профессор Натт, Шанкар и другие представители Центра ездят в М.С. Gill раз в шесть недель: там они представляют свои отчеты, обсуждают результаты исследований, забирают новые материалы и обсуждают параметры, которые необходимо тестировать.

Шанкар говорит: «С этими людьми приятно работать, наше сотрудничество весьма удачно».

Будущее

Рис. 8 Исследования мод. Генератор мод Brüel & Кјæг 4824, принимающий розовый шум от генератора в составе PULSE, подает возбуждение на тестируемый образец. Реакция измеряется с помощью акселерометра, имеющего минимальный вес.

Профессор Натт объясняет: «У композитных материалов отличное будущее в авиационной промышленности и других отраслях. Мы стремимся найти способы применения композитных материалов для повышения эффективности структур. В исследованиях многослойных структур мы пытаемся глубже разобраться в том, как ведут себя, взаимодействуя с панелями, волны сдвига и огибающие волны».



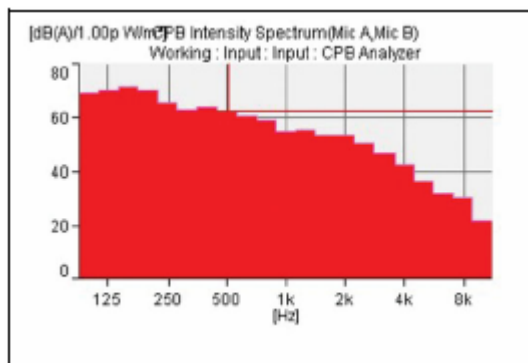
Он продолжает: «Благодаря нашей системе PULSE и программному обеспечению для модального и структурного анализа ME'scopeVES™ 7754 мы применяем привычные технологии анализа мод сначала в одном, а затем – в двух измерениях. Для этого мы пользуемся генератором мод 4824, датчиками силы, импедансной головкой 8001 и миниатюрными акселерометрами минимальной массы, - все производства Brüel & Кјæг. Мы планируем приобрести Brüel & Кјæг's Operational Modal Analysis Type 7760. Отрасль развивается именно в этом направлении. Мы уверены, что применение ОМА (Операционного модального анализа) в контролируемых лабораторных условиях позволит нам разрабатывать многослойные композитные панели нового поколения с улучшенными акустическими свойствами».

В заключение профессор Натт говорит: «Приобретение PULSE и сопутствующего программного обеспечения оказалось верным решением, еще более утвердившим нашу веру в Brüel & Кјæг как в поставщика решений в области шумов и вибраций. Мы достигли нового уровня точности и эффективности при проведении испытаний и надеемся на продолжение тесного сотрудничества с этой компанией в будущем».

Ключевые моменты

Рис. 9 Отчет, созданный PULSE автоматически. После поведения испытания отображается зависимость интенсивности от частоты.

- Университет Южной Калифорнии – один из ведущих частных университетов мира, ведущих научные исследования.
- В рамках недавно образованного Viterbi School of Engineering (Инженерного факультета Витерби) центр изучения композитных материалов USC участвует в актуальнейших исследованиях множества новых материалов
- Особое внимание уделяется разработке и тестированию композитных материалов для авиационной промышленности
- Основные исследовательские проекты USC финансирует M.C. Gill Corporation – крупнейший мировой производитель полов и внутренних панелей для самолетов
- «Автомобильная промышленность все более интересуется композитными материалами»
- Основным потребителем продукции M.C. Gill является Boeing
- Пол в кабине нового Airbus A380 сложен из материалов M.C. Gill Corporation
- На акустические свойства материалов компания обратила внимание около шести лет назад
- «Акустические исследования в слуховом диапазоне человека дают нам дополнительную информацию о механических свойствах материалов»
- «Для испытаний акустических и механических свойств материалов мы пользуемся почти исключительно решениями Brüel & Kjær»
- «Brüel & Kjær имеет репутацию «флагмана» индустрии и великолепный послужной список»
- «Менеджеры и технический персонал M.C. Gill и других организаций, с которыми сотрудничаем, одобряют применение Brüel & Kjær. И нам, и им это дает полную уверенность в том, что данные абсолютно точны и надежны»
- «Компания Qualcomm, основанная доктором Витерби также активно пользуется оборудованием Brüel & Kjær»
- «Турбулентный шум, шум двигателей и шум внешней оболочки фюзеляжа передаются внутренними панелями, работающими в данном случае как конус репродуктора»
- «Наша система PULSE для испытания материалов позволяет проводить измерения в полосе частот от 50 Гц до 6,4 кГц»
- «Подготовка образцов проходит легко, и система позволяет достаточно быстро тестировать большое число образцов»
- «У композитных материалов отличное будущее в авиационной промышленности и других отраслях»
- «Мы планируем приобрести Brüel & Kjær's Operational Modal Analysis Type 7760»
- «Приобретение PULSE и сопутствующего программного обеспечения оказалось верным решением, еще более утвердившим нашу веру в Brüel & Kjær как в поставщика решений в области шумов и вибраций. Мы достигли нового уровня точности и эффективности при проведении испытаний и надеемся на продолжение тесного сотрудничества с этой компанией в будущем»



HEADQUARTERS: DK-2850 Nærum · Denmark · Telephone: +45 4580 0500
Fax: +45 4580 1405 · www.bksv.com · Info@bksv.com

Australia (+61) 2 9889-8888 · Austria (+43) 1 865 74 00 · Brazil (+55) 11 5188-8166
Canada (+1) 514 695-8225 · China (+86) 10 680 29906 · Czech Republic (+420) 2 6702 1100
Finland (+358) 9-521 300 · France (+33) 1 69 90 71 00 · Germany (+49) 421 17 87 0
Hong Kong (+852) 2548 7486 · Hungary (+36) 1 215 83 05 · Ireland (+353) 1 807 4083
Italy (+39) 0257 68061 · Japan (+81) 3 5715 1612 · Republic of Korea (+82) 2 3473 0605
Netherlands (+31) 318 55 9290 · Norway (+47) 66 77 11 55 · Poland (+48) 22 816 75 56
Portugal (+351) 21 47 11 4 53 · Singapore (+65) 377 4512 · Slovak Republic (+421) 25 443 0701
Spain (+34) 91 659 0820 · Sweden (+46) 8 449 8600 · Switzerland (+41) 44 880 7035
Taiwan (+886) 2 2502 7255 · United Kingdom (+44) 14 38 739 000 · USA (+1) 800 332 2040

Local representatives and service organisations worldwide

Brüel & Kjær 