

Авиационно-космическая и оборонная промышленность

Проект Solar Impulse

Кругосветный полет без единой капли топлива

Продукт

Фемар с NX Nastran

Проблемы

Оптимизация конструкции металлических, композитных и многослойных кевларовых деталей самолета с целью снижения массы

Ключи к успеху

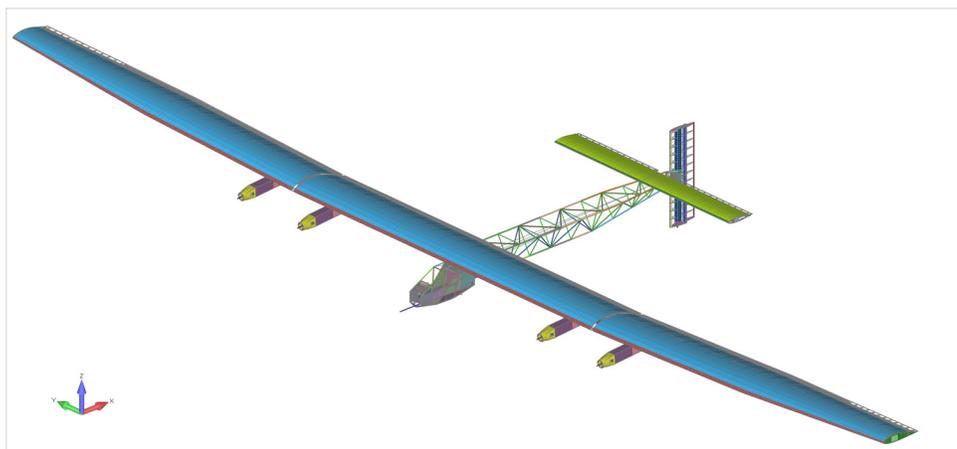
Интегрированный конечноэлементный решатель, пре- и постпроцессор, поддерживающий самые различные виды расчетов

Возможность импорта геометрии из CAD-систем

Разработка собственных программ при помощи Femap API

Быстрая оценка результатов по таблицам данных; возможность объединения результатов различных расчетов

Сотрудничество с компанией AeroFEM, партнером компании Siemens



Фемар и NX Nastran применяются для оптимизации конструкции и прочностных расчетов первого в мире самолета, способного облететь земной шар исключительно на солнечной энергии

Полет вокруг света на энергии Солнца
Solar Impulse — проект самолета на солнечных батареях, возглавляемый швейцарским психиатром и аэронавтом Бертраном Пиккаром, который был вторым пилотом на борту первого в мире воздушного шара, совершившего беспосадочный кругосветный перелет, а также швейцарским инженером и предпринимателем Андре Боршбергом. Цель проекта состоит в кругосветном путешествии на самолете, приводимом в движение

только солнечной энергией. Полет на расстояние 35 тыс. км и продолжительностью в 500 часов запланирован на март 2015 г.

Построенный для кругосветного путешествия самолет — уже второй, созданный в рамках проекта. Его швейцарский регистрационный номер — HB-SIB, а название — Solar Impulse 2. Предшественник с бортовым номером HB-SIA, впервые поднявшийся в небо в 2009 г., смог продержаться в воздухе целые сутки, включая 9 часов в темноте. Общая продолжительность состоявшегося в июле 2010 г. полета достигла 26 часов.

На основе опыта, полученного при испытаниях самолета HB-SIA, у модели Solar Impulse 2 размах крыльев увеличили до 71,9 м. Это лишь чуть меньше, чем у самого большого в мире пассажирского самолета Airbus A380. Кроме того, полезный объем кабины

Результаты (продолжение)

Объем кабины увеличился втрое, а масса — менее чем в два раза

Выполнение оптимизации толщины и числа слоев композитных материалов позволила снизить массу крыла

Новая мотогондола выдерживает большие нагрузки при минимальном приросте массы

Достигнута минимально возможная масса самолета при достаточной для кругосветного полета прочности конструкции

«Описание слоев выполняется очень просто. Работая в Femar, мы быстро освоили эту процедуру».

Гери Пиллер, руководитель отдела прочностных расчетов проекта Solar Impulse

вырос в три раза, что обеспечивает выполнение многодневных трансконтинентальных полетов и пересечение океанов.

Один из наиболее интересных аспектов конструкции Solar Impulse 2 состоит в том, что при столь огромном размахе крыльев и тяжелых аккумуляторах (633 кг) масса самолета (2300 кг) лишь немного превышает массу среднего легкового автомобиля. Разумеется, снижение массы стало одной из главных задач при разработке проекта. «На самолете необходимо установить много аккумуляторов, а они очень тяжелые», — поясняет Гери Пиллер, главный специалист по прочностным расчетам проекта Solar Impulse. «При этом КПД солнечных батарей очень невелик, поэтому весь самолет должен быть предельно легким».

Все виды конечноэлементных расчетов — в одной системе

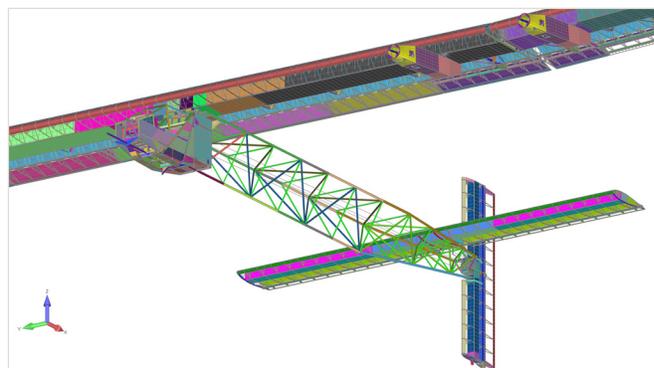
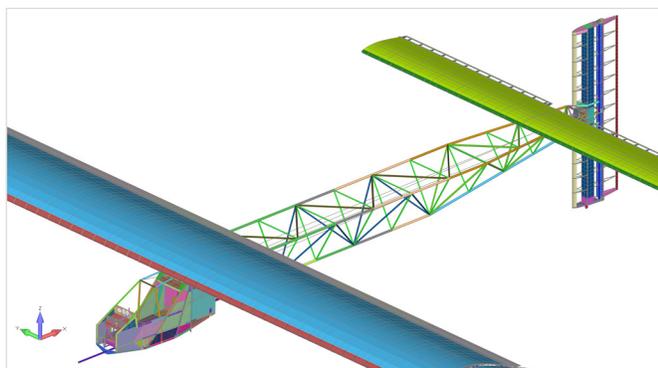
Возглавляемая Пиллером группа инженеров-прочнистов, в которую входят еще четыре человека, выполняла конечноэлементные расчеты самолетов HB-SIA и HB-SIB в системе Femar™ с NX™ Nastran®,

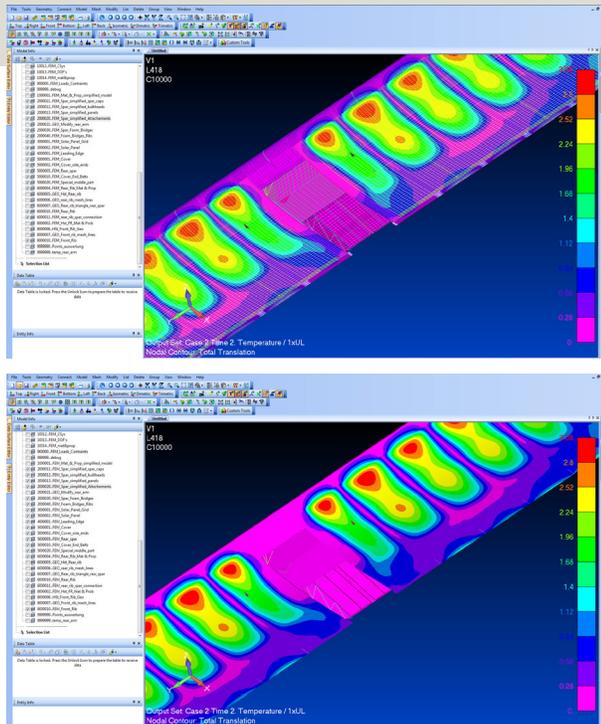
разработанной компанией Siemens PLM Software, специализирующейся на решениях по управлению жизненным циклом изделия. Компания внедрила Femar с NX Nastran в 2007 г. Эти системы продолжают активно применяться и сегодня для совершенствования конструкции самолета Solar Impulse 2 в ходе его подготовки к кругосветному полету.

Пиллер выбрал решение Femar с NX Nastran для работ по проекту Solar Impulse, потому что именно эту систему используют в швейцарской компании AeroFEM, являющейся партнером Siemens PLM Software. Компания AeroFEM была привлечена к проекту Solar Impulse для выполнения особых видов расчетов, в частности — аэроупругости и динамики вращающихся тел. Femar с NX Nastran выполняет самые разные виды расчетов (прочностные, расчеты деформированного состояния, больших деформаций и пр.), необходимые для проекта Solar Impulse. Выбор данного решения обеспечил надежную совместную работу двух групп специалистов. «Инженеры компании AeroFEM фактически стали частью моей

«Работая в Femar, очень легко выявлять места, требующие доработки и оптимизации».

Гери Пиллер, руководитель отдела прочностных расчетов проекта Solar Impulse





команды», — отмечает Пиллер. «Наша совместная работа идет просто отлично».

Широкие функциональные возможности подготовки данных для расчетов и анализа получаемых результатов

Созданная конструкторами самолета Solar Impulse геометрия загружается в Femap в исходном формате файлов CAD-системы, либо в форматах STEP или IGES. На основе этой геометрии строятся конечноэлементные модели. При этом в системе Femap имеется и собственный редактор моделей. По мнению Пиллера, с ним очень удобно работать, особенно при расчетах композитных материалов, из которых выполнена большая часть деталей самолета. «Описание слоев выполняется очень просто», — отмечает он. «Работая в Femap, мы быстро освоили эту процедуру».

В качестве примера задачи, для решения которой применяется и импортированная, и созданная в Femap геометрия, Пиллер упоминает прочностной расчет крыльев. Сначала для расчета применялась созданная в

CAD-системе геометрия внешних обводов крыла. При этом была создана простая расчетная модель, позволявшая выявить пути нагружения. Затем при помощи Femap к модели были добавлены трехмерные твердотельные элементы, представляющие ячеистую внутреннюю структуру из материала Kevlar®. Это позволило выполнить более точные расчеты, в частности — оценить локальные и глобальные деформации конструкции.

Конечноэлементные модели металлических деталей самолета содержат от 50 до 500 тыс. элементов. Модель крыла состоит из двух миллионов элементов. Как правило, в прочностном расчете рассматривается 10...20 вариантов нагружения, а в расчете долговечности — до 160.

Группа Пиллера воспользовалась наличием в системе Femap интерфейса для подключения внешних приложений (API) и разработала программы автоматизации ряда видов расчетов. Одна такая очень полезная программа применяет принятые в проекте нормы прочности при расчетах композитов, что автоматизирует процесс контроля деталей из таких материалов. Другая программа запускается по окончании расчета композитных деталей и автоматически оценивает полученные результаты, выявляя наиболее нагруженные слои. При этом сразу же видны места возможных разрушений в композите или многослойной структуре. «Подобные программы экономят время и, что не менее важно, помогают достичь высокой точности расчетов», — отмечает Пиллер.

Расчетчики часто применяют

Благодаря применению системы Femap Пиллер с коллегами смогли быстро выявить наилучшие способы снижения массы самолета при сохранении прочности, достаточной для трудного кругосветного полета.

Решения/Услуги

Фемар

www.siemens.com/plm/femар

Основной вид деятельности клиента

Solar Impulse SA — проект создания самолета на солнечных батареях, возглавляемый швейцарским психиатром и аэронавтом Бертраном Пиккаром и инженером и предпринимателем Андре Боршбергом.
www.solarimpulse.com

Местонахождение клиента

Лозанна, Швейцария

Партнер

AeroFEM GmbH
www.aerofem.com

Хотя объем новой кабины увеличился втрое, масса возросла менее чем в два раза.

выдаваемую системой Фемар таблицу данных для быстрой оценки результатов проведенного анализа. Например, функция ранжирования сразу же показывает минимальное и максимальное значения механических напряжений в конструкции. «Мы широко применяем данную возможность. Она особенно полезна тем, что можно объединять результаты разных расчетов», — рассказывает Пиллер.

Объем кабины вырос в три раза, а масса — менее чем в два

Конкретный пример пользы, приносимой Фемар с NX Nastran в рамках данного проекта — разработка кабины, в ходе которой конечноэлементные расчеты сыграли важнейшую роль. Одноместная кабина самолета для кругосветного путешествия очень мала (3,8 м³), но это в три раза больше, чем было на первом самолете Solar Impulse (на самом деле новая кабина стала настолько просторнее, что на сайте проекта Solar Impulse появилась шутка: «мы пересадили пилота в бизнес-класс»).

Хотя новая кабина выросла в три раза, ее масса увеличилась менее чем вдвое (60 кг по сравнению с 42 кг на первом самолете).

Конструкция крыла — еще один пример того, как применение Фемар помогло

заметно снизить массу. Крыло состоит из ячеистого кевларового заполнителя, покрытого современным углепластиком. Поскольку скорость нового самолета будет выше, крыло должно выдерживать более высокие нагрузки. Специалисты применили систему Фемар для оптимизации расположения слоев углеволокна, чтобы достичь нужной прочности при минимальном приросте массы. Материал с массой 100 г/м² был заменен материалом, квадратный метр которого весит всего лишь 25 грамм, что дало существенное снижение массы. Кроме того, мотогондола нового самолета также должна выдерживать более высокие нагрузки при минимальном приросте массы. Этого удалось достичь, в частности, переходом от каркасной конструкции к многослойной несущей обшивке, а также применением конечноэлементных расчетов для оптимизации таких элементов, как обтекатели и полки лонжеронов. Благодаря применению системы Фемар Пиллер с коллегами смогли быстро выявить наилучшие способы снижения массы самолета при сохранении прочности, достаточной для трудного кругосветного полета. «Работая в Фемар, очень легко выявлять места, требующие доработки и оптимизации», — отмечает Пиллер.

«Инженеры компании AeroFEM фактически стали частью моей команды. Наша совместная работа идет просто отлично».

Siemens PLM Software в России

Москва +7 (495) 223 3646
Санкт-Петербург +7 (812) 336 7015
Екатеринбург +7 (343) 356 5527

www.siemens.com/plm

Гери Пиллер, руководитель отдела прочностных расчетов проекта Solar Impulse

© Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. Siemens и логотип Siemens являются товарными знаками Siemens AG. D-Cubed, Femар, Fibersim, Geolus, GO PLM, I-deas, JT, NX, Parasolid, Solid Edge, Syncrofit, Teamcenter и Tecnomatix являются товарными знаками Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. или ее дочерних компаний в США и других странах. NASTRAN является товарным знаком Национального управления по воздухоплаванию и исследованию космического пространства. Kevlar является товарным знаком E.I. du Pont de Nemours and Company или ее филиалов. Все остальные логотипы и товарные знаки, используемые в настоящем документе, являются собственностью соответствующих владельцев.

Z8 35115 1/14 A