

Над номером работали:

Бирова Клавдия
Белозерова Марина
Лицкевич Анна

Специальный выпуск. Авиация и космос
Август 2019 | www.siemens.ru/plm

SIEMENS
Ingenuity for life

PLM Эксперт

Инновации в промышленности



PLM Эксперт. Инновации в промышленности № 13, август 2019
Учредитель: Общество с ограниченной ответственностью
«Сименс Индастри Софтвр».
Номер свидетельства о регистрации: ПИ № ФС 77-52601
Главный редактор: Бирова Клавдия Александровна
Подписан в печать: 13.08.2019
Тираж: 2000 экземпляров
Распространяется бесплатно
Адрес редакции: 115184, Россия, Москва,
ул. Большая Татарская, д.9
Отдел маркетинга Siemens PLM Software
Тел.: +7 (495) 223-36-46
Факс: +7 (495) 223-36-47
Отпечатано в типографии: ООО «РПК «ГЛОБО»
Адрес: 123100, г. Москва, Пресненская Набережная, д.10, стр.2

Перепечатка материалов журнала в любой форме возможна
только с письменного разрешения редакции.

Все права защищены © 2019 Siemens Product Lifecycle Management
Software Inc. Siemens, логотип Siemens и SIMATIC IT являются
зарегистрированными товарными знаками компании Siemens AG.
Camstar, D-Cubed, Femap, Fibersim, Geolus, GO PLM, I-deas, JT, NX,
Parasolid, Polarion, Simcenter, Solid Edge, Syncrofit, Teamcenter
и Tecnomatix являются торговыми марками или зарегистрированными
торговыми марками компании Siemens Product Lifecycle Management
Software Inc. или ее филиалов в США и других странах. Все прочие
товарные знаки, зарегистрированные товарные знаки или знаки
обслуживания являются собственностью их владельцев.

www.siemens.ru/plm

**Технологии будущего
воплощают мечты настоящего**

PLM Эксперт

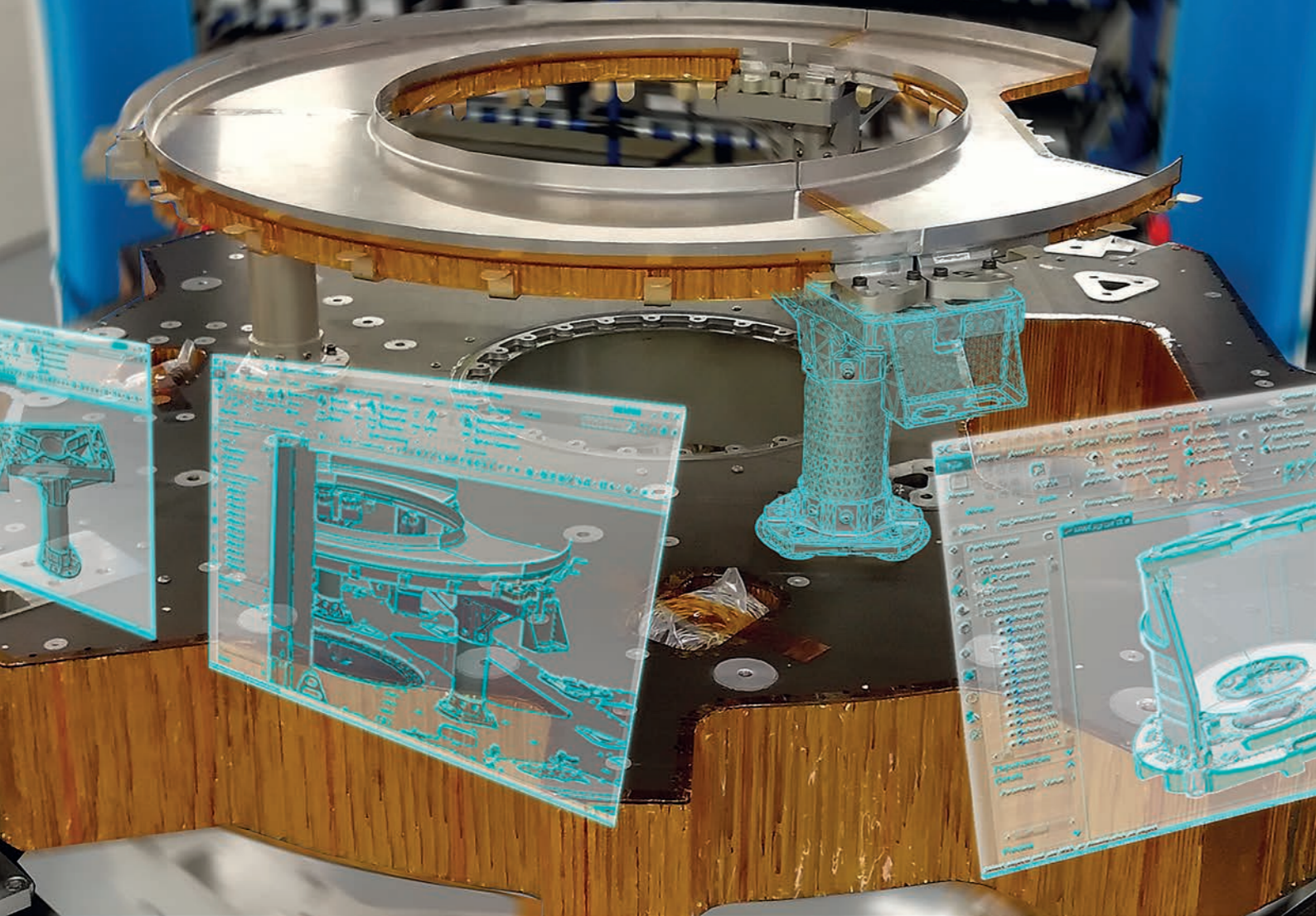
Воплощаем инновации

Siemens PLM Software



Содержание

- 2** **Новости**
- 8** **За каждым успешным проектом стоят люди**
Интервью Виктора Беспалова, вице-президента, генерального менеджера Siemens Digital Industries Software в России и СНГ
- 16** **Восхождение китайской авиации**
Китайский сертификационный центр SAACC использует Simcenter для разработки авиалайнера COMAC C919
- 20** **Откиньтесь в кресле и наслаждайтесь полетом!**
Подразделение СКВ компании Airbus Operations GmbH использует STAR-CCM+ для улучшения конструкции системы отбора воздуха
- 24** **Цифровая сертификация**
Цифровой подход Siemens Digital Industries Software позволяет сократить сроки и стоимость сертификации летательных аппаратов
- 30** **Спросите эксперта**
Интервью Дэйва Римера, вице-президента по стратегии в авиационно-космической и оборонной промышленности компании Siemens Digital Industries Software, о разработке и сертификации изделий
- 32** **Разработка шасси вертолета**
На предприятии АО «МВЗ им. М.Л. Миля» состоялся эксперимент построения математической модели посадки и движения вертолета по поверхности земли с помощью решений Simcenter
- 38** **Ракета-носитель нового поколения**
Решение Simcenter 3D обеспечило NASA необходимую прочность стартового оборудования при запуске ракеты
- 42** **Новое слово в испытаниях**
Thales Alenia Space в партнерстве с Siemens PLM Software тестирует новые средства и подходы к акустическим испытаниям
- 46** **Simcenter на службе науки**
Рейнско-Вестфальский технический университет Ахена использует решения Simcenter для разработки космических аппаратов будущего
- 50** **Универсальный подход к уникальному производству**
Решения Siemens PLM Software позволяют разрабатывать композитные конструкции с учетом особенностей производства
- 52** **Дальний полет**
Авиапроизводитель Piper Aircraft Inc. на 40% увеличил дальность полета благодаря использованию NX CAD и Teamcenter при проектировании крыла
- 54** **Как соответствовать нормативным требованиям при проектировании электрических систем?**
Решение Capital компании Mentor Graphics, входящей в концерн Siemens, облегчает проектирование и сертификацию авиационного электрооборудования
- 58** **Интегрируя данные, умножая результаты**
Группа компаний Pargras оптимизировала взаимодействие с поставщиками и повысила эффективность работы в едином информационном пространстве благодаря использованию Teamcenter



Европейское космическое агентство использует аддитивные технологии Siemens

Аддитивное производство стало важной частью космической отрасли. С его помощью можно изготовить детали, отвечающие самым разнообразным требованиям. При этом их масса значительно меньше, чем у традиционных конструкций. Снижение массы критически важно для космической техники: вывод одного килограмма груза на орбиту обходится в двадцать тысяч долларов. Технологии аддитивного производства позволяют сократить массу практически любой детали ракеты-носителя, космического аппарата и двигательной установки.

Европейское космическое агентство выбрало решения Siemens Digital Industries Software для проектирования и производства изделий авиационно-космической техники, изготавливаемых из металла методом аддитивного производства.

Подход основан на созданной в Siemens полнофункциональной платформе поддержки аддитивного производства, в которой реализованы генеративное проектирование, оптимизация топологии, а также имеются средства аналитики и прогнозирования, численного моделирования технологических процессов, разработки процессов сборки и управления производством. Двухлетний проект под названием Design4AM предусматривает тесное сотрудничество Siemens с компанией Sopas, специализирующейся на авиационно-космических конструкциях. По завершении проекта Design4AM будет утвержден алгоритм применения разработанных в Siemens инструментов поддержки аддитивного производства для проектирования и изготовления высокооптимизированных и легких деталей космической техники. Среди них – элементы крепления

углепластиковых панелей, опоры и подставки с высокими характеристиками и низкой себестоимостью.

«На основе наших знаний в авиационной и космической отраслях и технологий компании Siemens, среди которых – генеративное моделирование, автоматизированная оптимизация топологии и численное моделирование процессов аддитивного производства, инженеры смогут быстрее исследовать сотни вариантов проектных решений, а затем виртуально испытывать их в самых различных условиях окружающей среды, – отметил Педро Ромеро Фернандес, руководитель космического подразделения компании Sopas. – Этот подход позволит находить наилучшее решение, отвечающее всем требованиям к изделию, таким образом конструкция будет правильно напечатана на 3D-принтере с первого раза».

Сотрудничество Уральского федерального университета и Siemens для подготовки кадров цифровой эпохи

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина (УрФУ) и компания Siemens PLM Software заключили соглашение о сотрудничестве в области инженерного образования и инжиниринга. Подписание состоялось на Международной промышленной выставке «Иннопром-2019».

В церемонии подписания приняли участие первый проректор УрФУ Сергей Кортю и вице-президент, генеральный менеджер Siemens PLM Software в России и СНГ Виктор Беспалов.

В рамках сотрудничества планируется проведение совместных мероприятий по формированию привлекательного имиджа инженерных профессий, а также создание информационно-образовательной среды подготовки инженеров. Речь идет об использовании концепции полного жизненного цикла изделия, позволяющей интегрировать и эффективно применять решения Siemens PLM Software в образовательном процессе и научно-практической деятельности ВУЗа.

УрФУ намерен использовать современные технологии Siemens PLM Software в Инженерном центре цифровых технологий машиностроения университета. Соглашение также предусматривает реализацию совместных программ повышения квалификации инженерных кадров, включающих образовательные модули по разработке инженерных программ на базе программного обеспечения Siemens.

Siemens PLM Software реализует по всему миру академическую программу GO PLM, которая направлена на помощь вузам уменьшить разрыв между учебной программой и требованиями современного производства. Участники программы имеют широкие возможности для интеграции в международное сообщество пользователей технологий Siemens для взаимодействия с другими учебными заведениями, обмена учебными программами, лучшими практиками в сфере преподавания инженерных дисциплин, обучения работе с CAD/CAM/CAE- и PDM-системами.



Виктор Беспалов, Александр Либеров, Сергей Кортю

Риски при сертификации авиационно-космической техники стали еще ниже

Siemens объявил о выпуске системы Capital™ Load Analyzer, облегчающей сертификацию авиационного электрооборудования. Бортовое оборудование современных самолетов, включая электрические системы управления и системы развлечения пассажиров, потребляет все больше энергии и содержит много электрических элементов. Высокая сложность приводит к росту рисков несоответствия нормативным требованиям. По данным исследовательской компании Bishop & Associates Inc., в 2019 г. объем рынка кабельной продукции для коммерческой авиации оценивается примерно в \$2,4 млрд. Прогнозируется, что к 2024 г. он вырастет до \$3,3 млрд,

с совокупным годовым ростом свыше 6,5%. Новое решение Capital Load Analyzer предлагает первую в отрасли технологию проектирования электрических систем, в которой средства автоматизации и полное цифровое представление данных применяются для обеспечения соответствия продукции нормативным требованиям.

Для устранения рисков, связанных с разрозненными данными, внесением изменений в конструкцию на поздних этапах, сдвигом сроков и более поздним получением сертификата, решение Capital Load Analyzer позволяет создавать цифровой двойник всей электросистемы на основе конструкторской

документации на систему электропитания и другие подсистемы самолета. Цифровой двойник обновляется по мере разработки. Он позволяет автоматически исследовать всю систему электропитания и с самого начала выполнять проектирование с учетом нормативных требований. В отличие от традиционных подходов с применением разрозненных данных анализ и расчеты выполняются по исходной конструкторской документации. Контроль проектных решений на основе правил обеспечивает точную и полную проверку эффективности функционирования систем электропитания на каждом этапе полета, в том числе и в условиях аварийного снижения нагрузки.

HP и Siemens расширяют сотрудничество в сфере аддитивного производства

Стратегический альянс двух гигантов будет направлен на преобразование промышленности путем широкомасштабного внедрения технологий аддитивного производства. Siemens, лидер в создании инноваций для автоматизации и дигитализации производства, и HP, лидер рынка оборудования для промышленной 3D-печати, совершенствуют интегрированное решение для аддитивного производства. Решение будет дополнено новыми средствами и программным обеспечением – сквозными системами управления жизненным циклом изделия, оптимизацией процессов аддитивного производства, промышленной 3D-печатью, интеллектуальной обработкой данных, управлением производства и анализом характеристик технологических процессов.

В состав нового решения для аддитивного производства входит аппаратное и программное обеспечение, средства интеллектуальной обработки данных и сервисы, оптимизирующие эффективность всего процесса создания изделия – от проектирования и численного

моделирования до подготовки производства, изготовления и контроля качества. Поддерживаемая ведущими промышленными предприятиями интегрированная среда с обратной связью оптимизирует все этапы проектирования и серийного изготовления деталей методом 3D-печати, позволяя нарастить объемы выпуска, повысить качество и сократить объемы отходов.

Созданное решение объединяет программно-аппаратную платформу 3D-печати от компании HP, в состав которой входит промышленный 3D-принтер Jet Fusion 5200, и решения от Siemens Digital Industries Software – CAD/CAE-систему NX, PLM-систему Teamcenter, системы управления производством Tecnomatix Plant Simulation и SIMATIC IT и операционную систему MindSphere для анализа характеристик и поддержки промышленного интернета вещей.

В рамках сотрудничества двух компаний появился новый центр компетенций Siemens в области полимерных материалов.

В этом центре компании будут работать в тесном сотрудничестве с заказчиками из автомобильной и других отраслей промышленности, проектируя уникальные конструкции изделий, ускоряя вывод напечатанных на 3D-принтере деталей на рынок и создавая среду для поддержки цифрового предприятия.

«Volkswagen – партнер как HP, так и Siemens. Мы очень рады, что лидеры рынка объединили усилия и будут совместно работать над полномасштабным промышленным внедрением аддитивного производства. Мы являемся одним из крупнейших автопроизводителей в мире и видим колоссальные возможности технологий цифрового производства для быстрого создания инноваций, сокращения сроков выхода новых изделий на рынок, повышения эффективности и экологичности производства. Вместе с HP и Siemens мы будем расширять области применения 3D-печати на благо наших клиентов», – заявил Мартин Гёде, руководитель отдела технологической подготовки производства компании Volkswagen.



Клаус Хельмрих, член совета директоров, главный исполнительный директор подразделения Digital Industries, Siemens AG
Кристоф Шелл, президент подразделения 3D Printing and Digital Manufacturing, HP

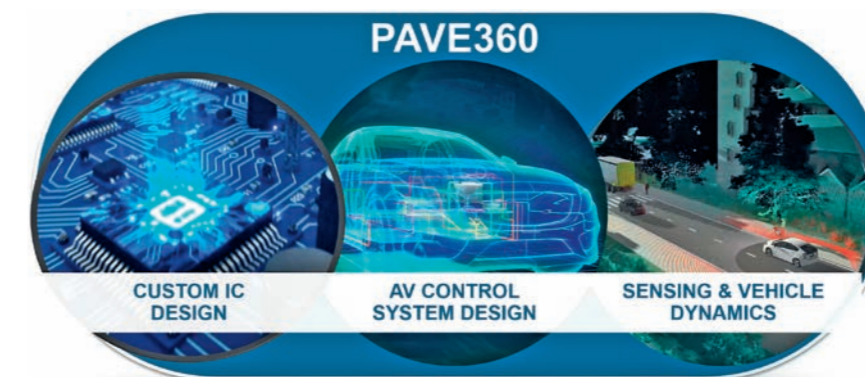
Революционная система для разработки беспилотных автомобилей

PAVE360 – новая технология, созданная в результате произошедшего несколько лет назад объединения сотрудников, идей и технологий Siemens и Mentor Graphics. PAVE360 представляет собой среду для контроля проектных решений и ускорения разработки инновационных беспилотных автомобилей. Решение расширяет область применения цифровых двойников и представляет собой полнофункциональную систему, управляющую совместной

работой при создании нового поколения микросхем для автомобилей. PAVE360 позволяет моделировать не только процессоры, но и другое автомобильное аппаратное и программное обеспечение, а также работать с моделями целого автомобиля, потоками данных с датчиков и информацией о дорожном движении. В системе также предусмотрено численное моделирование инфраструктуры «умных городов», по которым будут ездить беспилотные автомобили.

Новое решение поддерживает контроль логики работы датчиков, систем принятия решений и приводов, лежащих в основе любых систем автономного вождения. Еще до изготовления аппаратной части технология выполняет проверки как детерминированных (на основе правил), так и недетерминированных (на основе искусственного интеллекта) алгоритмов безопасного автономного вождения.

PAVE360 – это высокоэффективная платформа для совместной работы, которая объединяет автопроизводителей, производителей электронных компонентов, поставщиков первого уровня и разработчиков программного обеспечения. Решение позволяет ускорить разработку уникальных микросхем и программного кода для первого поколения автономных автомобилей. PAVE360 станет отраслевым стандартом при контроле проектных решений в рамках экосистемы создания беспилотного транспорта.



Дополненная реальность стала доступнее с Solid Edge 2020

Быстрее выполнять конструкторско-технологическую подготовку производства на предприятиях малого и среднего бизнеса стало возможным благодаря новой версии Solid Edge 2020. Технология дополненной реальности, расширенные средства контроля проектных решений, описание изделий на основе моделей и оптимизация 2D-раскроя теперь доступны в Solid Edge 2020. Новая версия делает совместную работу удобней, обеспечивая сквозную дигитализацию процессов конструкторского и технологического проектирования.

Новые интегрированные и высокоэффективные средства контроля проектных решений позволяют выполнять численное моделирование кинематики и вибраций, благодаря чему сокращается

потребность в изготовлении дорогостоящих опытных образцов. Функция описания изделий на основе моделей (Model Based Definition) дает возможность создавать полное цифровое представление деталей, узлов и технологических процессов, связанных с 3D-моделью. В Solid Edge 2020 появился инструмент оптимизации двумерного раскроя, сокращающий себестоимость и объем отходов, а также ускоряющий производственные процессы. В новой версии реализованы улучшения базовых CAD-функций – добавлены новые возможности по моделированию листовых тел. Функционал решения расширен новыми средствами переноса данных и другими инструментами, которые ведут к росту производительности в 3-10 раз при работе с большими сборками. Solid Edge

2020 – простая в установке, поддержке и использовании система, успешно решающая все задачи подготовки производства.





Siemens Orcenter™ – платформа для преобразования производства

Siemens Digital Industries Software объявила о выходе полнофункциональной линейки решений по управлению производственными операциями Siemens Orcenter. В основе решения – известные MOM-системы Siemens. Они объединены в интегрированную платформу для повышения эффективности производства и качества продукции, а также сокращения сроков выхода изделий на рынок.

Siemens Orcenter объединяет такие функции MOM-систем, как средства объемно-календарного планирования, управление производством и качеством продукции, анализ показателей производительности оборудования. В решении поддерживается

управление рецептурами, а также управление лабораторными исследованиями. В состав платформы вошли такие решения, как Camstar™, SIMATIC IT®, Preactor, R&D Suite и QMS Professional, что позволило добиться существенного синергетического эффекта. Адаптивный интерфейс Siemens Orcenter не только подстраивается под поставленную задачу, но и позволяет добавлять новые элементы в пакет, сокращая время на обучение.

Платформу легко масштабировать: Siemens Orcenter просто установить и настроить, а затем при необходимости расширить и интегрировать с другими решениями – такими, как PLM- и ERP-системы, а также

средствами производственной автоматизации. Новое решение дает полную картину состояния производства. С его помощью можно выявить области возможных улучшений (как в конструкции изделия, так и в технологии его изготовления) и внести соответствующие коррективы, направленные на повышение качества и эффективности производства. В системе предусмотрена поддержка мобильных устройств, позволяющая достигать высокой гибкости в работе. Siemens Orcenter можно установить как на собственных компьютерах, так и в облаке или комбинированным способом. Это открывает новые возможности для экономии на ИТ-ресурсах и обеспечивает масштабируемость.

Расчет электромагнитных полей в Simcenter 3D

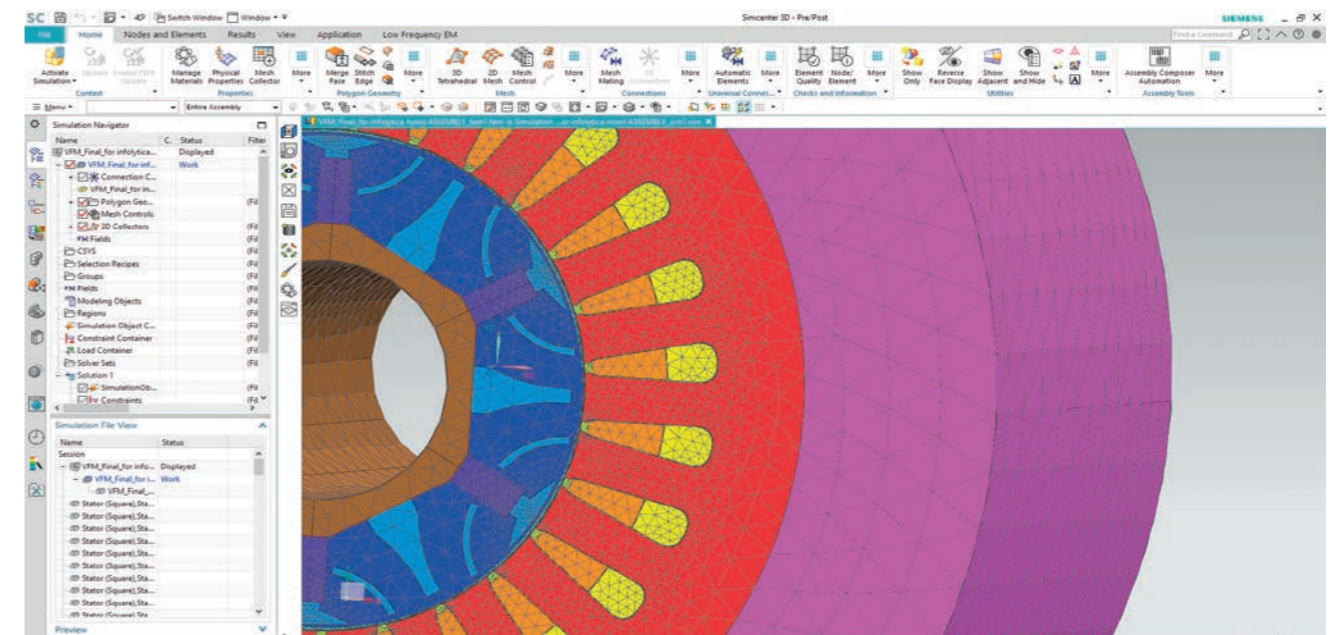
В новейшей версии Simcenter 3D от Siemens появились инструменты моделирования низко- и высокочастотных электромагнитных явлений. Инженеры получили интегрированную среду для ускоренного проведения электромагнитных расчетов и оптимизации процессов мультифизического моделирования, при котором учитываются как электромагнитные, так и другие физические явления.

Современные изделия включают все больше электроники. Поэтому проверить влияние электромагнитных явлений на функционирование всего изделия является одной из первостепенных задач разработчика. Электродвигатели, датчики

и антенны относятся к наиболее распространенным изделиям и узлам, в разработке которых большую роль играет численное моделирование электромагнетизма.

Улучшенная версия Simcenter 3D более открытая и масштабируемая, что упрощает ее интеграцию в цифровую магистраль предприятия. В решении создана более глубокая междисциплинарная интеграция средств численного моделирования и ускорены CAE-расчеты: новый метод погруженной границы сокращает затраты времени на решение задач вычислительной гидрогазодинамики. Теперь в случае внесения конструкторских изменений новые варианты

конструкций гибких шлангов и труб рассчитываются практически мгновенно. Функционал решения позволяет загружать расчетные вибрации из основных конечно-элементных решателей сторонних разработчиков. Улучшенный интерфейс между системами Simcenter 3D и Simcenter™ Testlab™ упрощает совместную работу инженеров-проектировщиков и испытателей, обеспечивая корреляцию результатов расчетов и натурных испытаний. Новые функции Teamcenter Simulation быстро устанавливаются, какие расчеты требуется повторить после внесения конструкторского изменения. Такой подход экономит время при работе с большими сборками и проектами.



XVI Международная PLM-конференция в Сколтехе

С 8 по 12 июля 2019 года в Сколтехе прошла ежегодная XVI Международная PLM-конференция IFIP. Конференция привлекает участников из многих стран мира, способствуя укреплению связей между научным сообществом и представителями индустрии. В мероприятии приняли участие более 90 человек из 20 стран мира, представляя 57 научно-исследовательских институтов. Продолжая давнее тесное сотрудничество, в этом году

в конференции приняла участие Siemens PLM Software.

Главной задачей участников конференции – исследователей, разработчиков и пользователей PLM-систем – является выработка комплексного бизнес-подхода к совместному формированию, использованию и распространению методологии PLM, а также организация использования данных в рамках крупных предприятий и компаний, осуществляющих разработку,

производство и эксплуатацию технических продуктов и систем.

В рамках Индустриального дня эксперты ведущих промышленных компаний и разработчиков рассказали об опыте применения технологий в авиакосмической и автомобильной промышленности, металлургии и других отраслях. Директор по развитию Siemens PLM Software Сергей Мартынов выступил с докладом об опыте создания цифрового предприятия в ПАО «КАМАЗ».

SIEMENS
Ingenuity for life



За каждым успешным проектом стоят люди

Интервью журналу «Авиатранспортное обозрение» Виктора Беспалова, вице-президента, генерального менеджера Siemens Digital Industries Software в России и СНГ

– Виктор Евгеньевич, известно, что у вашей компании теперь новое название – Siemens Digital Industries Software. Когда и почему трансформировали прежнее название – Siemens PLM Software?

– Это произошло в нынешнем году. На наших глазах развивается достаточно интересная история. Siemens, изначально начинавший с разработки и производства электротехнической продукции, постепенно превращается в концерн, основные активы которого находятся в хай-теке – в области автоматизации, электрификации и дигитализации, куда входит и разработка программного обеспечения. На сегодняшний день Siemens (может быть, для некоторых незаметно) вошел в топ-10 софтверных компаний мира – именно такая задача ставилась несколько лет назад.

Цель стать ведущей компанией в области промышленного программного обеспечения выполнена, но это не значит, что, добившись результата, прекращаем развитие. Мы намерены дальше инвестировать и расти. Сегодня мы не ограничиваемся задачами PLM (прикладное программное обеспечение для управления жизненным циклом продукции). Мы занимаемся и вопросами промышленной автоматизации, MES-системами (системами управления производственными процессами). Все активнее начинаем заниматься вопросами бизнес-аналитики в области производственных процессов. За рамки традиционной области PLM мы уже вышли. Поэтому смена названия компании с Siemens PLM Software на Siemens Digital Industries Software абсолютно логична. Новое имя

отражает наше позиционирование на рынке промышленного программного обеспечения и демонстрирует, что мы не ограничиваемся только сегментом PLM, а нацелены на решение задач, связанных с цифровизацией промышленности.

– Интересно, а какие точки для роста софтверного бизнеса вы видите?

– За последние три года наш портфель продуктов и сервисов существенно увеличился. И даже не по количеству наименований, а по количеству функциональных областей, в которых мы работаем и предлагаем зрелые решения. Одна только покупка американской компании Mentor Graphics чего стоит! Это же целый мир, связанный с разработкой и производством печатных плат и больших интегральных микросхем.

– А что в отношении России? Ведь если говорить, например, об авиационной промышленности, то реальных проектов сейчас, кажется, не так много.

– Да, но и на мировом рынке наблюдается тенденция сокращения новых продуктов. В России есть Superjet 100, созданный для рынка региональных перевозок. Есть MC-21, создаваемый для полетов по среднемагистральным маршрутам. И есть проект широкофюзеляжного самолета, который OAK разрабатывает совместно с китайским партнером – компанией COMAC. Вот уже три проекта. А ведь есть еще транспортная и малая авиация, где существуют свои разработки. Это помимо вертолетного сегмента, где число новых программ растет, не говоря уже о сегменте отечественных поставщиков авиационной промышленности: авиадвигатели, авионика и т. д.

Поэтому предприятиями российского авиапрома наши технологии очень востребованы. Каждая авиационная программа, зарождающаяся в России, так или иначе делается с применением технологий Siemens. Это связано как с историей (мы много ресурсов вкладывали в авиационные проекты), так и с экспертизой, которая есть у команды российского офиса, и она очень глубокая. Российские разработчики авиатехники это понимают, и мы этим дорожим. Поэтому точки для нашего роста в авиации остаются.

С появлением новых программ система разработки авиационных продуктов тоже должна совершенствоваться. Потому что с каждым новым продуктом приходит понимание того, что не было учтено в системах управления разработкой при работе над предыдущей авиационной программой. Несмотря на то что в программе Superjet 100 был сделан существенный рывок с точки зрения использования информационных технологий, в программе MC-21 степень автоматизации ряда конструкторских и технологических задач стала гораздо выше. И очевидно, что в широкофюзеляжной программе, если она будет реализована, уровень цифровизации будет еще

выше. Точки для роста уже определены – это решение расчетных задач, это работа по композитным конструкциям, это дальнейшая автоматизация процессов изготовления самолетов в серийном производстве, это задачи, связанные с автоматизацией процессов сертификации воздушных судов. За каждой из таких ключевых тем стоит еще масса других, более мелких, каждую из которых можно развивать дальше.

– А есть ли пока неохваченные вашей компанией ниши в нашей стране?

– Сегодня мы предлагаем не просто универсальные решения для всех, мы предлагаем решения, хорошо соответствующие той или иной индустрии. Не буду скрывать – сейчас у нас наиболее сильные позиции в авиации: мы достаточно хорошо отвечаем требованиям, которые нам предъявляют заказчики. Поэтому с авиапромом у нас

хорошее взаимопонимание. Авиастроители понимают, чего хотят от нас, а мы очень ясно понимаем свои задачи в контексте этих требований.

Но есть индустрии, в которые мы только начинаем входить. Например, процессные. Оказалось, что у компаний, работающих в области нефтехимии, есть масса нишевых сегментов, куда они могут выйти со своими продуктами. Причем эти продукты должны четко соответствовать требованиям того или иного сегмента. Речь может идти о маслах или присадках, полимерах – оказалось, очень важно, чтобы эти и другие продукты соответствовали требованиям новых клиентов из других областей экономики. У нас есть прекрасное решение R&D Suite, которое позволяет создавать и контролировать рецептуру таких продуктов. Если взглянуть на эту задачу в контексте авиационной промышленности,





то она очень актуальна для компаний – поставщиков авиатоплива, различных масел и смазок для авиатехники.

– Понятно. Но почему для российских предприятий вы лучше конкурентов? В России же присутствуют и Dassault Systemes, и PTC.

– Наверное, это все-таки связано с нашей стратегией. Siemens достаточно долго и последовательно инвестировал в развитие программного направления. Это позволило нам занять лидирующие позиции не только на российском рынке. На сегодняшний день компетенции, полученные при работе в России, оказались востребованы за рубежом. Например, специалисты российского офиса Siemens Digital Industries Software активно консультируют турецкие предприятия авиационно-космического сектора.

– Turkish Aerospace Industries Corporation (TAI)?

– Да, и не только. К примеру, TUSAS Engine Industries (TEI) – турецкое предприятие, в том числе занимающееся разработкой и производством авиадвигателей. Российские специалисты участвуют в проектах на Ближнем Востоке. Наша экспертиза востребована в Израиле и Саудовской Аравии. Мы консультируем наших коллег в Китае. Специалисты российского офиса работают и на европейских проектах в таких компаниях, как Sonaca и Pilatus, продукты которых будут представлены на МАКС-2019 в Жуковском.

Сегодня продукт, даже очень хороший, не гарантирует успех. Потому что в конечном счете за каждым успешным проектом стоят люди. Помимо хорошего программного продукта должна быть очень сильная индустриальная экспертиза, которая позволяет все возможности, заложенные в технологии, максимально эффективно внедрить у заказчика. Поэтому без сильной консалтинговой поддержки и понимания специфики индустрии это сделать невозможно. В российском офисе сформировался сильный сплав технологий и знаний в области авиационной техники.

Также у нас налажены хорошие контакты с разработчиками технологий Siemens Digital Industries Software, которые готовы учитывать требования российских заказчиков при создании продуктов. Мы имеем достаточно успешный опыт сотрудничества с компанией «Сухой», когда разработка авиационных приложений для системы автоматизированного проектирования NX фактически велась по требованиям этого предприятия.

– С турецким авиапромом в чем конкретно заключается текущее сотрудничество?

– Сейчас ведется проект в двух подразделениях TAI. Это подразделения, занимающиеся вертолетной тематикой и беспилотниками. Речь идет о внедрении PLM-решений – над этим работает российская команда. Мы являемся генподрядчиками. В прошлом году в Турции был проведен бенчмарк с нашим французским конкурентом. Мы в жесткой конкуренции – можно сказать, кость в кость – выиграли этот бенчмарк. Требование турецких заказчиков заключалось в том, чтобы все решения демонстрировались живьем, а не на уровне презентационных видео. Мы должны были показать работу нашего функционала в соответствии с требованиями турецкого заказчика на реальных примерах. Это делала российская команда. Бенчмарк шел почти две недели. Мы выиграли. В результате был подписан большой многомиллионный контракт. Турецкая сторона потребовала, чтобы внедрением занялась российская команда.

– А какая часть специалистов в российском офисе занимается подобными проектами?

– В структуре российского офиса есть проектное консалтинговое подразделение, занимающееся внедрением. Сегодня оно насчитывает более 30 человек. Когда реализуется проект, мы привлекаем глобальные ресурсы Siemens Digital Industries Software. Например, в Турции мы используем ресурсы наших европейских коллег и коллег из индийского офиса. Но за реализацию турецкого проекта (подчеркну!) отвечает именно российское подразделение.

– Понятно. Давайте теперь вкратце затронем тему продуктов Siemens Digital Industries Software в России. Они все без исключения представлены в нашей стране?

– Да.

– А какие из них наиболее популярны?

– Где мы традиционно сильны в авиации, и даже де-факто и де-юре являемся стандартом, так это в области CAD-решений (NX). В области систем управления жизненным циклом хорошим спросом пользуется система Teamcenter, которая является безусловным лидером на мировом рынке систем управления данными. В нашей продуктовой линейке их можно считать флагманами. С покупкой таких компаний, как LMS International (Бельгия, 2012 г.), CD-adapco (США, 2016 г.) и Mentor Graphics (США, 2017 г.), мы усилили позиции в области инженерного анализа. На сегодняшний день мы, наверное, единственные, кто предлагает решения, позволяющие объединить анализ с экспериментом.

С покупкой LMS International у нас появились продукты для автоматизации решения задач, связанных с проведением испытаний и верификацией. Поэтому мы сейчас внедряем продукты, работающие в области так называемой предиктивной инженерной аналитики. Это еще одно направление, которое сегодня оказалось очень востребовано. Дело в том, что в авиации все большую роль играют расчеты – компании хотят не просто считать, а считать так, чтобы расчеты тут же и полностью совпали с результатами испытаний. Это позволит сразу создавать оптимальную конструкцию. То есть клиенты хотят производить расчеты с одновременной оптимизацией. На сегодняшний день Siemens Digital Industries Software в этой сфере очень сильна, поскольку мы предлагаем продукты, которые позволяют перейти от просто расчетных задач (и проверки полученных расчетов в ходе испытаний) в область оптимальных расчетов с существенным увеличением количества

итераций, позволяющих найти действительно оптимальное решение.

Еще одно направление, где мы видим большой спрос, – оптимальная разработка авиационных систем. Это связь решений 1D и 3D. Когда мы можем производить мультифизические расчеты с использованием решений так называемой системной инженерии. Такой подход позволяет сразу создавать систему с учетом требований, которые предъявляют заказчики конструкции, и отслеживать эти требования на уровне функциональных и логических схем конструкции или всего самолета вплоть до конкретных деталей и компонентов конструкции, а также отслеживать требования, которые необходимы для сертификации авиационной техники.

Не стоит забывать и о промышленной автоматизации, которая связана непосредственно с производством.

– А недооцененные российскими предприятиями решения в вашей продуктовой линейке есть?

– Наверное, есть. Если посмотреть на мировые тренды, то российская авиационная промышленность с точки зрения автоматизации и цифровизации идет с небольшим лагом. В каких-то областях, к сожалению, российские производители авиатехники отстают от зарубежных визави.

Прежде всего речь идет о ранних этапах проектирования, что, в общем-то, традиционно. Потому что в России в первую очередь обратили внимание на наиболее трудоемкие задачи, связанные с этапами рабочего проектирования. Отсюда и востребованность наших флагманских решений, позволяющих быстро создавать электронные макеты конструкции и выдавать рабочую документацию для производства. Поэтому когда речь идет о решении обликочных задач и создании комплексной модели систем самолета, наши авиастроители немного запаздывают по сравнению с зарубежными коллегами.



Хотя мы видим, что этот разрыв начинает сокращаться. В данном направлении было много сделано по программе MC-21, для которой мы предложили сервисы, связанные с инжинирингом. Корпорация «Иркут» реально использует не только наши продукты, но и инжиниринг по созданию так называемого теплового самолета. Сейчас мы наблюдаем, как этот накопленный опыт постепенно перетекает в другие российские авиационные программы. Например, этим направлением заинтересовались производители вертолетов и двигателей. Русские долго запрягают, но быстро ездят. Я думаю, что этот разрыв будет ликвидирован.

Конечно, остается много интересных направлений, где на сегодняшний день нет лидеров. Это как раз в области расчетных задач и оптимизации конструкции. Потому что каждый сегодня идет своим путем. И мне кажется, если бы российские компании более интенсивно двинулись в данном направлении, то они могли бы разрыв ликвидировать. Это позволило бы в том числе

сократить сроки вывода на рынок новых авиационных изделий.

Однако сказать, что есть какие-то технологии, которые активно используются за рубежом, а в России не используются, – таких, наверное, нет. В чем-то российская авиапромышленность идет на уровне с зарубежной, где-то она немного отстает, а в чем-то даже немножко опережает. Но в целом уровень автоматизации российского авиапрома достаточно высок.

– На Ваш взгляд, какова временная оценка отставания российского авиапрома в части использования передовых технологий на раннем этапе проектирования?

– Моя оценка – два-три года.

– Это немало.

– Три года, конечно, многовато. Но с учетом временных задержек, с которыми сталкиваются практически все авиационные программы в мире, эта задержка не критична. Более трех лет уже критично.

– А в каких продуктах Siemens Digital Industries Software

реализована возможность автоматизации расчетов на самых ранних этапах проектирования?

– В первую очередь это наши решения Simcenter Amesim для создания 1D-моделей и Simcenter STAR-CCM+ в области гидрогазодинамики.

– Эти продукты вообще не используются российскими авиационными конструкторскими бюро?

– Используются, но не так интенсивно и массово.

– Не используются какие-то блоки и модули?

– Да, верно. Хотя в этой области есть большой резерв с точки зрения сокращения сроков работы и оптимизации конструкции уже на самых ранних этапах. Очень часто бывает так, что оптимизировать начинают достаточно поздно, поэтому времени получить наиболее оптимальную конструкцию уже не остается.

– А по весовому расчету? Главный конструктор ПАО «Ил» Николай Таликов признавал, что прототип Ил-112В оказался перетяжелен.

– По весовому расчету у нас тоже есть интересное направление

работы. Мы уже сделали один проект. Я не могу рассказать о нем подробно, потому что нет разрешения от заказчика. Это проект, связанный с использованием наших решений для проектирования бортовых кабельных сетей, который, очевидно, влияет на вес самолета. Данный вопрос критически важен для авиационной техники.

По оценке самих разработчиков авиатехники, примерно 30% конструкторской документации, выпускаемой на самолет, приходится на бортовую кабельную сеть (БКС). Если учесть, что производство БКС происходит на заключительном этапе, то допущенные ошибки при проектировании могут серьезно повлиять на общие сроки программы и характеристики программы – такие, как вес, который Вы упомянули. С покупкой Mentor Graphics у Siemens Digital Industries Software появилось очень интересное решение Capital.

В рамках этого проекта, о котором я упомянул, данная технология полностью локализована. То есть у нее полностью русскоязычный интерфейс, а библиотеки наполнены соответствующим инструментарием для реализации в российских программах. Кстати, к использованию Capital большой интерес проявил Boeing, который стандартизовал эту область разработки на нашем продукте, что говорит о зрелости и востребованности нашего решения. Поэтому мы рассчитываем, что и в России этот продукт будет пользоваться спросом.

– И куда в итоге все движется?

– Магистральный путь – цифровизация. На сегодняшний день в рамках стратегии концерна Siemens мы предлагаем концепцию цифрового двойника. Под ним мы понимаем цифровую модель, описывающую физические процессы и реальные объекты в цифровом виде. Цифровой двойник постепенно видоизменяется по мере его продвижения по этапам жизненного цикла. Цифровой двойник объединяется с нашей открытой операционной системой интернета вещей MindSphere, которая фактически позволяет реализовать идею цифровизации. Все решения,

которые на сегодняшний день у нас есть, укладываются в концепцию цифровизации. Это и линейка продуктов NX, и линейка продуктов Simcenter – все, что связано с предиктивной аналитикой, расчетами и их верификацией; это и решения в области промышленной автоматизации SIMATIC IT. И конечно, MindSphere как операционная система. Дальше все развивается с учетом требований конкретных индустрий и рынков, в том числе и российского.

Помимо хорошего программного продукта должна быть очень сильная индустриальная экспертиза

– Я правильно понимаю, что вы не занимаетесь автоматизацией существующих процессов?

– Да, потому что это бессмысленно. Даже если оптимизировать существующий процесс, все преимущества, которые дают технологии, использованы быть не могут. Поэтому нам нужно процесс переработать таким образом, чтобы он получил все преимущества, которые собственно и дают новые технологии Siemens Digital Industries Software.

Например, проектирование и производство самолетов ранее базировалось на плазово-шаблонном методе (ПШМ). Если бы мы попытались использовать эти решения для оптимизации ПШМ, выгоды никакой не было. Было предложено решение электронного макета, который позволял более эффективно решать задачи разработки и дальнейшего производства авиатехники без использования ПШМ. Эта технология стала не нужна, так как электронный макет позволил делать увязку конструкции в электронном виде.

Второй пример. На сегодняшний день все производители авиатехники прекратили использовать стапели в сборочном производстве. Происходит так называемая бесстапельная сборка. Она тоже была бы невозможна без использования технологий, которые предлагает Siemens Digital Industries Software.

Наши решения позволяют смоделировать процессы сборки, вести разработку конструкции с учетом требований, которые предъявляет производство по принципу бесстапельной сборки.

Или есть такой важный этап, как технологическая подготовка и планирование производства. В его рамках изготавливаются специальные конструкции и устройства для организации производства. Мы готовы предложить решения,

которые позволяют вести виртуальные пусконаладочные работы. У Siemens Digital Industries Software есть технологии, которые позволяют разработать решения, используемые в дальнейшем при производстве, еще не имея самого производства.

Поэтому важно использовать все преимущества, которые дают наши технологии. Это необходимо, чтобы оптимальным образом организовать процесс создания и производства продуктов на основе решений Siemens Digital Industries Software.

– Вы неоднократно упомянули о жизненном цикле изделий. Есть ли у Siemens Digital Industries Software решения по послепродажной поддержке изделий, потому что это краеугольный камень для успеха высокотехнологичной продукции?

– Это большая и емкая тема, на которую можно много говорить. Попытаюсь ответить коротко. В области послепродажного обслуживания есть несколько аспектов. Собственно, это проведение самого техобслуживания. Siemens Digital Industries Software готова предложить решения, позволяющие автоматизировать этот процесс. Раньше со стороны рынка, в том числе российского, не было явных запросов на подобные решения. Но сейчас такой запрос становится все более серьезным.



Вторая тема, которой мы интенсивно занимались, – разработка так называемых технических публикаций, то есть фактически эксплуатационной документации, которая очень важна. У нас есть решение, базирующееся на собственных продуктах: Cortona3D. Корни этого продукта российские, потому что его разработчики работают в нашей стране. Речь идет о компании Parallel Graphics – Siemens ее акционер. Мы очень тесно сотрудничаем и создали весьма интересное решение. Один из наших заказчиков – разработчик авиационной техники – долго полагался на другое решение. Но, к сожалению, оказалось, что в этой технологии не смогли вовремя решить задачу подготовки необходимой эксплуатационной документации. И это начало сказываться на сроках сертификации. В итоге оказались востребованными наши решения на базе Cortona3D и Teamcenter, позволившие быстро создать эксплуатационную документацию, а самое главное – вносить в нее изменения без увеличения сроков подготовки эксплуатационной документации и задержки сроков сертификации.

Третье направление тоже очень интересное. К нему все начинают только-только подступать. И Россия не является исключением: мы находимся на одинаковых стартовых позициях с другими ведущими странами – разработчиками авиатехники. Это сбор больших данных, их анализ и использование результатов анализа для предиктивного техобслуживания и – самое главное – для дальнейшей оптимизации конструкции. На базе MindSphere есть интересное решение. Но чтобы его внедрить, надо начинать диалог. По этому поводу мы уже разговариваем с нашими заказчиками.

– Речь идет только о заводах? Или это решение может заинтересовать авиакомпании и провайдеров услуг техобслуживания авиатехники?

– Пока мы только начинаем разговаривать с авиапроизводителями. Стараемся идти поступательно. Если в дальнейшем российские перевозчики и провайдеры будут готовы к такому разговору, то мы с удовольствием начнем обсуждать сотрудничество.

– Провокационный вопрос. Правильно ли я понимаю, что на сегодняшний день российская

промышленность и национальный авиапром в области автоматизации полностью зависят от решений Siemens Digital Industries Software? Что произойдет, если случится совсем серьезная геополитическая катастрофа?

– Ответу немного философски. В нашем мире все взаимосвязано. Кто-то из известных дипломатов, говоря про одну из стран, с юмором сказал примерно так: «Самая независимая страна в мире – та, от которой ничего не зависит». На сегодняшний день Siemens Digital Industries Software – поставщик критически значимых технологий для российского авиапрома. И это факт.

– То есть ни одной программы, где не использовались бы ваши технологии, нет?

– Сегодня нет. Но ведь российский авиапром ставит задачу быть конкурентоспособным на международном рынке. Мы готовы к открытой конкуренции и конкурируем. Ни одно из решений по покупке наших технологий не принимается только потому, что у нас есть заслуженный опыт.

Мы каждый раз должны подтверждать, что технологии Siemens Digital Industries Software наилучшим образом соответствуют требованиям заказчиков. Мы все время находимся в конкурентной ситуации, и это хорошо. Мы постоянно в тонусе. Благодаря вновь предъявляемым требованиям развиваемся сами и поддерживаем свои компетенции на достаточно высоком уровне.

Востребованность российской команды Siemens Digital Industries Software на международном уровне – лучшее подтверждение того, что российский заказчик получает от нас качественный продукт и сервис. От наших заказчиков мы тоже зависим. Потому что если они перестанут использовать наши технологии, кому тогда мы будем нужны? Это взаимовыгодное сотрудничество, где каждая из сторон понимает значение друг друга.

Интервью записал Артем Коренько, заместитель главного редактора журнала «Авиатранспортное обозрение»



Восхождение китайской авиации

Китайский сертификационный центр SAACC использует Simcenter для разработки авиалайнера COMAC C919

Китай – одна из восьми стран, которая спроектировала среднемагистральный самолет. Остальные семь – это США, Россия, Бразилия, Канада, Великобритания, Франция и Германия. Однако недостаточно разработать крупный авиалайнер – его необходимо сертифицировать.

Китайские авиационные специалисты со всей серьезностью отнеслись к вопросам сертификации самолета COMAC C919. Второй из шести запланированных опытных образцов C919 AC102 успешно выполнил свой первый полет в декабре 2017 года. В течение следующих нескольких лет шесть опытных

самолетов должны пройти более тысячи сертификационных испытаний, а также наземные вибрационные испытания, в том числе на статическую и усталостную прочность всего самолета в сборе.

Приоритет – безопасность! Безопасность полетов является важнейшим приоритетом мировой авиационной отрасли. Каждая новая модель самолета должна пройти сертификацию в соответствующем контролирующем органе, что является обязательным условием для дальнейшего ввода в эксплуатацию. Такая сертификация требует глубоких технических знаний, всего несколько стран

с высокоразвитой авиационной промышленностью имеют авторитетные организации, которые выдают сертификаты летной годности. Среди них – Федеральное авиационное управление США (FAA) и Европейское агентство авиационной безопасности (EASA). В Китае эта важная обязанность возложена на Центр сертификации летной годности гражданских воздушных судов при Управлении гражданской авиации Китая (CAAC). В состав центра входят пять организаций, включая Шанхайский центр сертификации летной годности гражданских воздушных судов (SAACC), ставший одним из первых китайских органов сертификации.

Методики контроля соответствия нормативам летной годности

Этап работ	Обозначение методики	Методика контроля	Предоставляемые документы
Контроль проектных решений	M C0	Заявление о соответствии нормативам – Выдержки из конструкторской документации – Выбор формул и коэффициентов – Разработка моделей	Записи о соответствии конструкторской документации
Испытания	M C1	Графические документы	Иллюстрации, чертежи и другая техническая документация
	M C2	Расчеты	Полные комплекты иллюстраций и отчетов о прохождении контроля
	M C3	Оценка безопасности	Анализ безопасности
	M C4	Лабораторные испытания	Заявление о проведении испытаний
	M C5	Наземные испытания	Программа испытаний
	M C6	Летные испытания	Отчет об испытаниях
Проверка	M C7	Испытания на моделирующих стендах	Анализ результатов испытаний
		Проверка воздушного судна	Записи о проведении контроля и соответствии нормативам в ходе производства
Аттестация оборудования	M C9	Аттестация оборудования	Все приведенные методики испытаний включаются в программу сертификации

Центр SAACC занимается сертификацией летной годности всех гражданских реактивных воздушных судов, среди которых – Boeing, Airbus и другие зарубежные самолеты, которые должны пройти сертификацию перед выходом на китайский рынок. Также организация занимается поддержкой квалификационных сертификатов для китайского сертифицированного авиалайнера COMAC ARJ21-700, сертификацией летной годности пожарных, аварийно-спасательных самолетов-амфибий и других больших самолетов, таких как COMAC C919.

При выполнении всех этих задач Центр SAACC сталкивается с немалыми трудностями. Среди них – своевременный выбор подходов к сертификации летной годности и объема испытаний с учетом постоянного появления новых технологий и все более сложных сценариев применения летательных аппаратов.

Необходимо постоянно повышать эффективность и качество процессов сертификации и подтверждать безопасность воздушного судна. Более того, Центр SAACC должен оказывать поддержку авиапроизводителям, стимулируя их разрабатывать и внедрять инновационные технологии верификации.

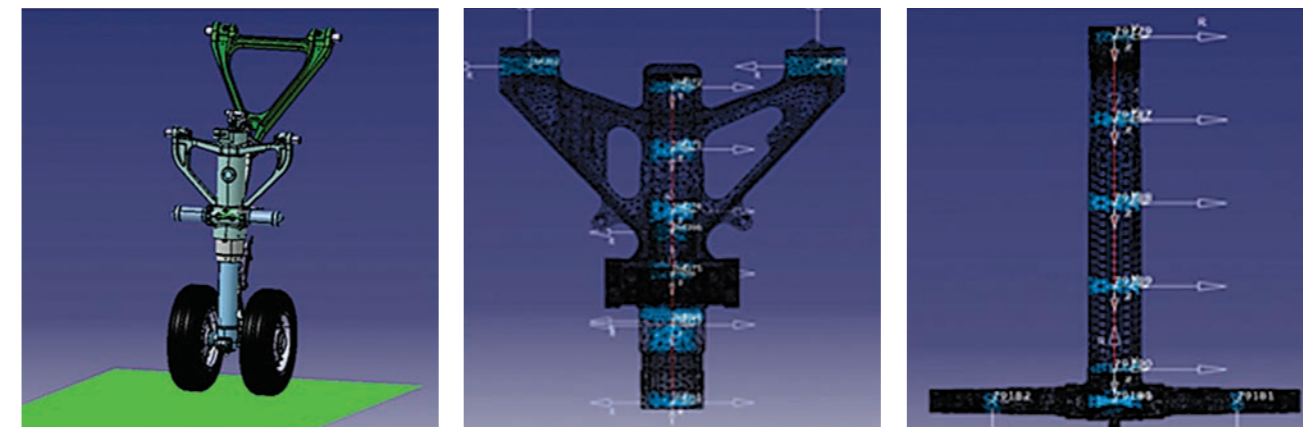
Контроль соответствия нормативам летной годности

При проведении сертификации летной годности производитель самолета обязан предоставить сопроводительные документы по всем сертифицируемым системам в соответствии с методиками контроля проверяющего органа. В таблице вверху представлены основные методики контроля летной годности и соответствующие им документы, которые необходимо предъявить.

При сертификации систем шасси выяснилось, что проведенных

расчетов недостаточно, чтобы продемонстрировать и полностью подтвердить соответствие требованиям. Поэтому Центр SAACC потребовал от заявителей применять другие методы верификации, такие как лабораторные, наземные и летные испытания. Процесс оказался длительным и дорогостоящим. Для проведения большинства испытаний требовалось тесное сотрудничество с изготовителем самолета и зарубежными поставщиками комплектующих, что приводило к росту затрат.

Сертификация систем шасси требует междисциплинарного подхода: должны быть учтены общая конструкция самолета, механическое устройство шасси, устройство системы управления, гидросистемы, а также воздействие различных факторов окружающей среды (в том числе свойства материалов шин и взлетно-посадочной полосы).



Создание параметрической расчетной модели шасси в Simcenter 3D

Сравнительные характеристики самолетов

	Comac C919	Bombardier CS300	Иркут MC21-300	Boeing 737-800	Airbus A320	Embraer E195
Начало эксплуатации	2019	2016	2016	1998	1988	2004
Число мест	168	160	180	162-189	150	122
Длина	38,9 м	38,7 м	42,3 м	39,5 м	37,5 м	38,6 м
Размах крыльев	35,8 м	35,1 м	35,9 м	34,3 м	34,1 м	28,7 м
Дальность полета	5555 км	6112 км	5900 км	5765 км	5700 км	4077 км

Источники: Bombardier, «Объединенная авиастроительная корпорация», Boeing, Airbus, Embraer

Комплексная оценка влияния условий окружающей среды на все элементы конструкции является важным и необходимым этапом при сертификации шасси. Но по объективным причинам натурные испытания не могут полностью решить такую сложную и объемную инженерную задачу. Необходимо широкое применение методик численного моделирования, позволяющих создавать полнофункциональные и эффективные параметрические расчетные модели. Как следствие, необходима разработка верификационных методов, основанных на численных расчетах.

Выбор Центра SAACC

По рекомендациям ряда партнеров в 2014 году Центр SAACC внедрил в качестве основного рабочего инструмента систему Simcenter 3D Motion (ранее LMS Virtual.Lab Motion), входящую в портфолио решений Simcenter. Благодаря профессиональной технической поддержке со стороны Siemens PLM Software Центр SAACC успешно разработал расчетную кинематическую модель системы шасси самолета, состоящую

одновременно из жестких и податливых тел. Поскольку модель полностью параметризована, ее можно быстро перенастроить и использовать на другом типе самолета, что повышает эффективность работы специалистов по сертификации. Кроме того, в модели учитываются различные факторы воздействия окружающей среды. Это позволяет эффективно моделировать ситуации, которые сложно воспроизвести при натуральных испытаниях. Такой подход значительно увеличивает как общую эффективность работ по сертификации, так и уверенность в правильности расчетов.

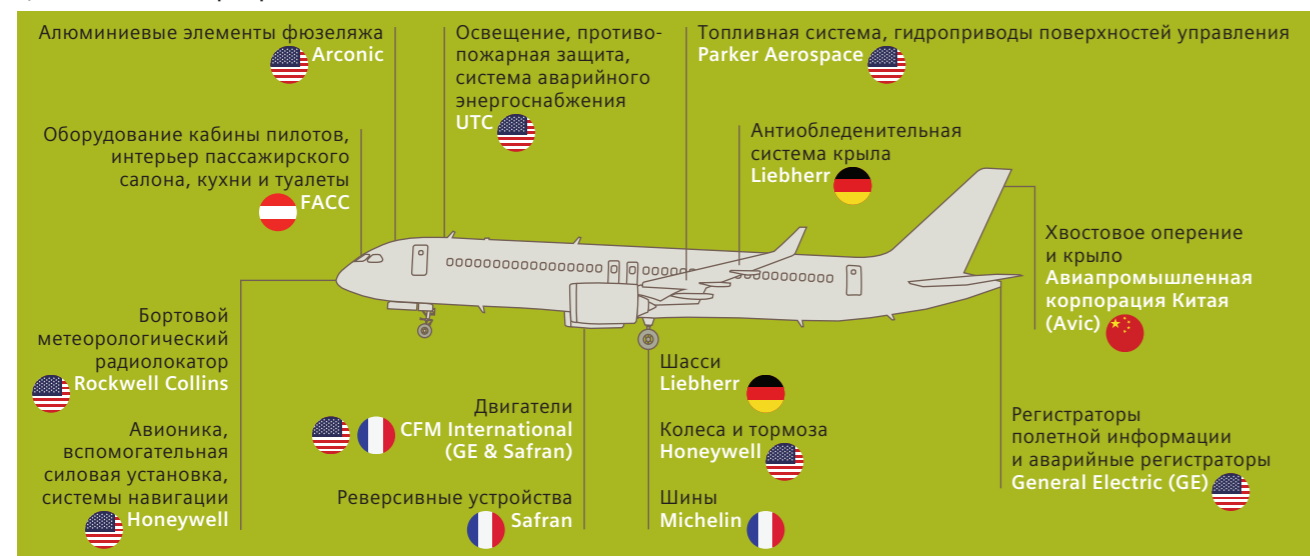
Первая методика сертификации, разработанная в Китае

При помощи численного моделирования Центр SAACC успешно разработал расчетную методику сертификации шасси. В 2016 году Центр завершил проект «Исследование технологии сертификации летной годности гражданских самолетов по критериям вибраций и колебаний», который стал первой разработанной в Китае методикой сертификации летной годности.

Центр SAACC успешно применяет разработанную методику при сертификации выпускаемых в Китае пожарных и аварийно-спасательных самолетов-амфибий и других больших самолетов. Проект стал надежной основой для последующих разработок методик расчета и контроля других самолетных систем.

«Решение Simcenter сыграло важнейшую роль в наших исследованиях и разработках средств контроля систем шасси, – рассказывает Хи Зуфей, эксперт Центра SAACC по сертификации систем шасси. – Часть расчетов по данной методике выполняется в Simcenter 3D Motion. Удобство этой системы и надежность выполняемых расчетов – два важнейших фактора, определивших наш выбор. Мы планируем внедрить и другие средства численного моделирования из портфолио Simcenter. Сотрудничество с Siemens PLM Software помогает повышать эффективность и качество процессов сертификации летной годности, что позволяет авиапроизводителям создавать инновации и обеспечивать безопасность новых моделей гражданских самолетов».

Цепочка поставок при производстве самолета COMAC 919



Источники: Bloomberg, U.S. Global Investors, Airframer.com



Технологии будущего воплощают мечты настоящего

www.siemens.ru/plm

Откиньтесь в кресле и наслаждайтесь полетом!

Как часто мы поражаемся возможности лететь на высоте 10 тысяч метров в салоне с контролируемым климатом? Нас это уже совсем не удивляет, а ведь создание комфортабельной атмосферы в салоне, когда за бортом от -40 до -55 °C, – очень непростая задача, требующая систем кондиционирования и наддува кабины. Она еще больше усложняется тем, что подготовленный воздух необходимо подавать в узлы авионики и антиобледенительную систему

В авиации система кондиционирования воздуха (СКВ) помогает создать комфортабельную атмосферу для перевозки пассажиров или грузов, а также для работы авионики и других систем воздушного судна. Система жизнеобеспечения и защиты летательного аппарата (СЖЗ ЛА) предохраняет самолет от экстремальных температур, давлений и обледенения. Правильно спроектированные системы обеспечивают комфорт пассажиров и экономят топливо, ведь система кондиционирования воздуха – второй крупнейший потребитель мощности двигателей после создания тяги.

Системы должны быть высокоэффективными, позволять экономить топливо и сокращать вредные выбросы.

В концерне Airbus постоянно работают над достижением максимального комфорта пассажиров и снижением расходов авиакомпаний. Подразделение СКВ компании Airbus Operations GmbH хорошо знакомо с этой ситуацией. Благодаря новейшим разработкам подразделение СКВ использует численное моделирование в самых различных областях. В результате сократились сроки анализа и оптимизации систем и их элементов.

Дорогостоящие натурные испытания остались в прошлом. Численное моделирование, и особенно средства вычислительной гидрогазодинамики, оказались наиболее эффективными в проектировании кабины пилотов и систем охлаждения авионики, расчете процессов смешивания и потерь давления в воздуховодах, оценке теплового комфорта в салоне. Недавно подразделение СКВ занялось анализом пространства проектных решений для улучшения конструкции системы отбора воздуха на новой модели авиалайнера.



Система отбора воздуха авиалайнера Airbus A320neo

Воздухозаборники

- 1 Горячий воздух, отбираемый от компрессора двигателя
- 2 Холодный воздух, отбираемый от вентилятора двигателя

Оборудование

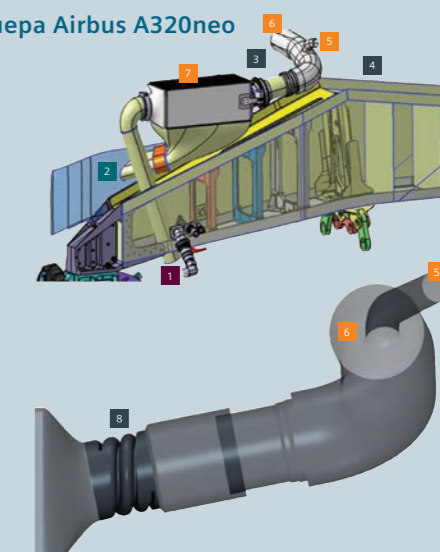
- 3 Статический смеситель
- 4 Датчик температуры

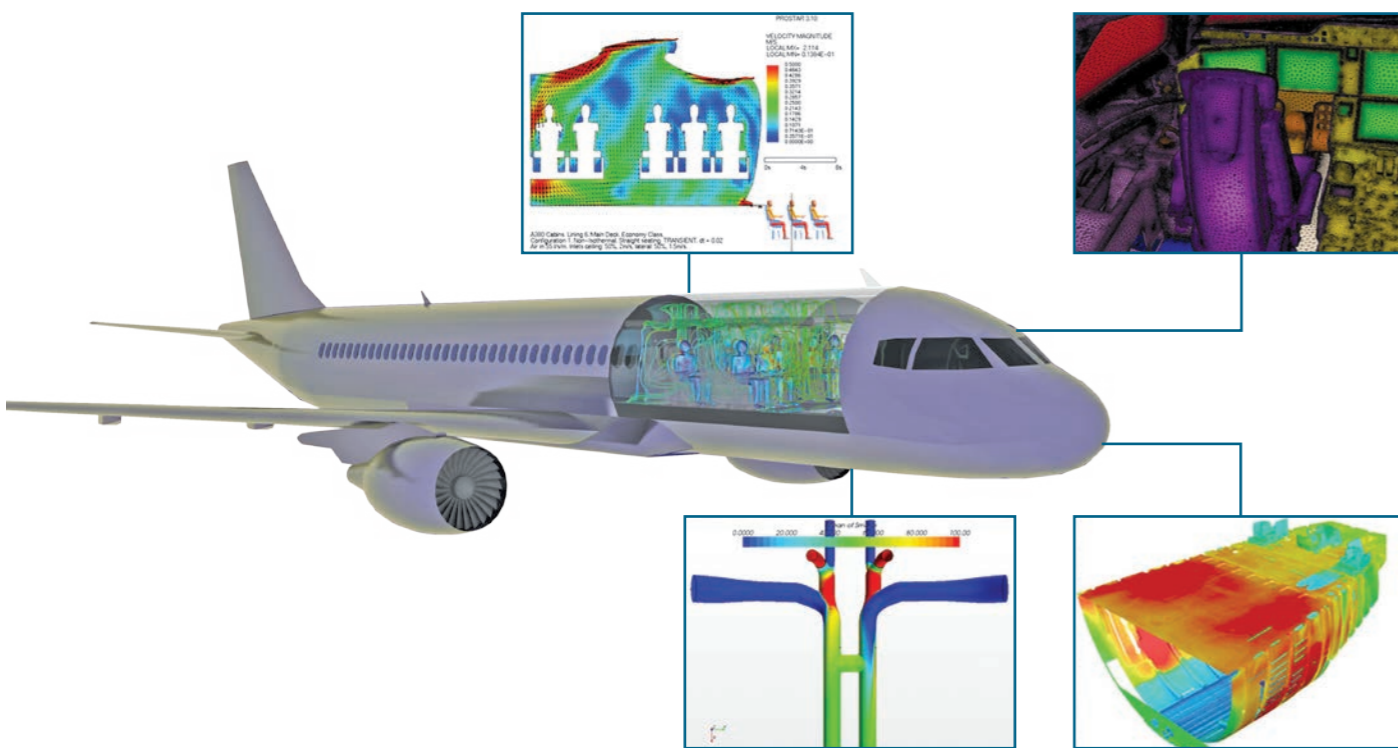
Выходы

- 5 В антиобледенительную систему крыла
- 6 В систему кондиционирования воздуха
- 7 Выход охлаждающего воздуха

Проект спирального смесителя, применявшийся на первом этапе оптимизации

- 8 Спиральный смеситель





Группа СКВ концерна Airbus использует численное моделирование при проектировании кабины пилота, авионики, воздухопроводов и для обеспечения теплового комфорта в салоне

Эффективность системы кондиционирования

Воздух от вентилятора и компрессора двигателя создает наддув и отапливает салон. Стандартная система отбора воздуха на авиалайнере Airbus 320neo размещается в пилоне под крылом. Система подает подготовленный воздух с заданными температурой и давлением на кондиционирование салона и очистку крыльев ото льда. Горячий воздух, отбираемый от компрессора двигателя, и холодный воздух от вентилятора подаются по воздухопроводу в теплообменник. Там воздух охлаждается примерно до 200 °С. Равномерное и тщательное перемешивание потоков внутреннего и внешнего контуров выполняется в статическом смесителе. Температура воздушной смеси на выходе из статического смесителя контролируется датчиками. Оптимизация характеристик статического смесителя позволит повысить эффективность работы всей системы кондиционирования воздуха.

Концерн Airbus решил улучшить существующую конструкцию статического смесителя с соблюдением ряда заданных параметров. Общее падение давления на смесителе

не должно превышать 5 кПа, а неоднородность температуры в области установки датчика не должна быть более 12 К.

Противоречивые требования
Найти оптимальный вариант конструкции и достичь компромисса между противоречивыми требованиями возможно, если поиск оптимальных проектных решений является неотъемлемой частью цикла проектирования. Чтобы перейти от исходной геометрии к оптимальной конструкции, выполняется несколько этапов: планирование эксперимента, геометрическое моделирование, упрощенные гидрогазодинамические расчеты, создание суррогатных моделей, нахождение Парето-фронта и обработка полученных результатов. Первый рассмотренный процесс оптимизации предполагал использование сторонних программ и систем собственной разработки. Для проверки работоспособности такого процесса была проведена оптимизация эскизного проекта спирального смесителя. В ходе оптимизации рассматривались три конструктивных параметра: радиус кривизны спирального канала, глубина выреза в воздуховоде и ширина спирального выреза.

Предложенный процесс оказался неудачным: возникли проблемы со сложной инфраструктурой и обменом данными между различными приложениями. Чтобы уложиться в ограничения по времени оптимизации, удалось учесть только два конструктивных параметра. Анализ выявил вариант конструкции, обеспечивающий перепад давления в 5000 Па и неоднородность поля температуры в 45 К в месте установки датчика. На весь проект ушло шесть месяцев. В итоге неоднородность температур уменьшилась, но достигнуть целевого значения не удалось. Вопрос остался нерешенным: как достичь заданных характеристик и сократить сроки проектирования на практике? Концерн Airbus решил обратиться в компанию Siemens PLM Software и вместе создать новый процесс.

Оптимизация в единой среде
Решением задачи сокращения сроков оптимизации конструкций стало внедрение системы Simcenter STAR-CCM+, которая успешно выполняет расчеты и анализ пространства проектных решений, точно прогнозируя характеристики изделий на основе численного моделирования. Дополнительный модуль Optimate+ в составе

Simcenter STAR-CCM+ выполняет анализ и оптимизацию конструкций поисковым алгоритмом SHERPA, реализованным в системе HEEDS – среде междисциплинарной оптимизации. Алгоритм SHERPA настраивает стратегии поиска наилучшего решения за заданное время. Для этого применяются гибридные и адаптивные методики поиска. Новый процесс устраняет необходимость использования нескольких разрозненных систем – вся оптимизация теперь выполняется в единой среде.

Чтобы достичь заданных характеристик изделия, было решено разместить лопатки смесителя по двум концентрическим окружностям, а не по спирали. При оптимизации учитывалось одиннадцать конструктивных параметров. Эскизный проект отличался высокой гибкостью пространства проектных решений, а применение методики прямой оптимизации позволило обойтись без упрощения этого пространства. Геометрия редактировалась исходя из полученных конструктивных параметров.

Оптимизация за две недели
Исходный вариант имел перепад давления в 996 Па и неоднородность температур в 153 К. Алгоритм SHERPA в модуле Optimate+ смог за 211 итераций найти наилучший компромисс между двумя конфликтующими целями оптимизации. Наилучший вариант позволил достичь перепада давления в 4775 Па и неоднородность

Сравнение результатов оптимизации

	Перепад давления (Па)	Перепад температур (°С)	Срок оптимизации (недели)
Спиральный смеситель	5000	25	25
Размещение лопаток по концентрическим окружностям, оптимизация по двум критериям	4775	9,11	2
Размещение лопаток по концентрическим окружностям, оптимизация по одному критерию	4961	7,56	

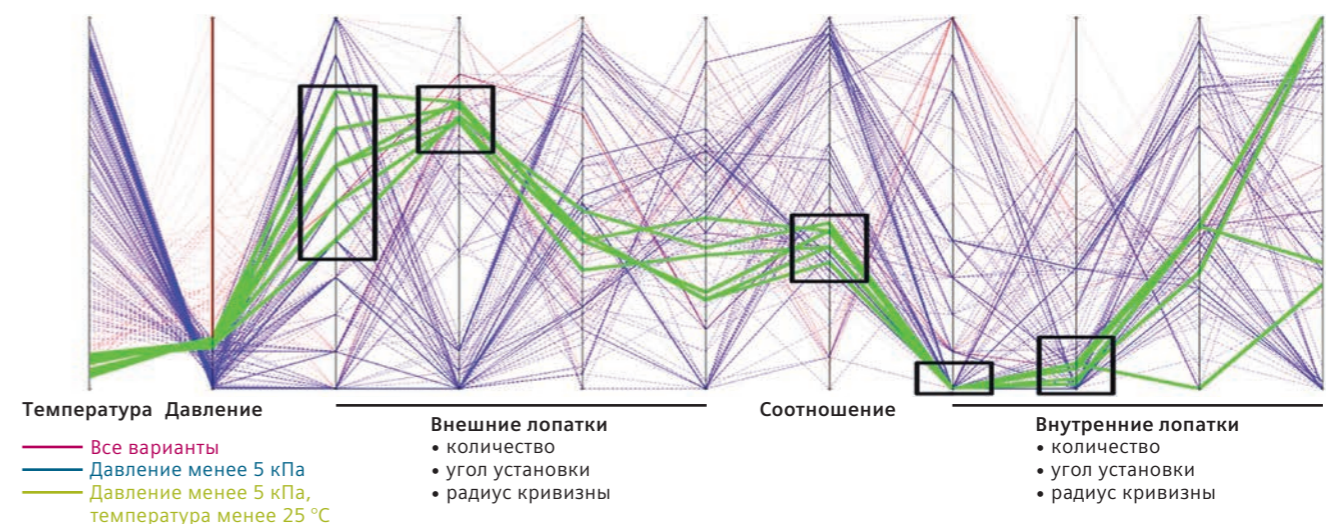
температур в 16,4 К. Оптимизация по Парето выявила, что самые лучшие конструкции отличаются малым числом лопаток и небольшой кривизной смесителя. На основе этой информации было проведено еще 57 итераций, и неоднородность температур удалось еще уменьшить. На построенном в Optimate+ графике можно сравнить перепады температуры и давления, а также значения отдельных конструктивных параметров для всех вариантов. Красные линии соответствуют всем итерациям, синие – конструкциям, отвечающим требованию по перепаду давления. Наилучшие конструкции представлены зелеными линиями – в этом случае соблюдаются оба критерия. График демонстрирует влияние различных параметров на достижение наилучшего варианта конструкции. У лучших вариантов было больше внешних лопаток и меньше – внутренних. При этом внешние лопатки имели большую кривизну, чем внутренние. Соотношение диаметров составило около 0,5.

В лучшем варианте по результатам оптимизации устанавливаются

девять наружных лопаток с углом раскрытия 62° (средняя кривизна при хорде в 25%) и три внутренние лопатки с углом раскрытия 5° (малая кривизна при хорде в 48%). Удалось достигнуть перепада давления в 4961 Па и неоднородность температуры в 13,6 К. На поиск оптимального варианта ушло две недели.

Новый процесс оптимизации с применением Simcenter STAR-CCM+ и Optimate+ сократил время расчетов на 90%. Разработанная методика будет применяться в Airbus и в будущем, чтобы быстрее находить оптимальные варианты конструкций узлов СКВ. Это позволяет создать модернизированную систему кондиционирования с лучшими параметрами смешивания воздуха, сократить сроки разработки и объемы испытаний, повысить энергоэффективность и степень удовлетворенности заказчика.

Когда вы находитесь на борту самолета Airbus на высоте 10 тысяч метров, помните – ваш комфорт обеспечивается системой Simcenter STAR-CCM+.



На графике показано влияние различных конструктивных параметров

Цифровая сертификация



Как цифровой подход Siemens Digital Industries Software позволяет сократить сроки и стоимость сертификации летательных аппаратов



Сергей Кулаков,
менеджер по развитию
направления «Виртуальные
и натурные испытания»,
Siemens Digital
Industries Software

Вызовы при разработке и сертификации авиационной техники

Количество авиационных перевозок на протяжении последних десяти лет постоянно растет. Если в 2009 году из-за последствий глобального финансово-экономического кризиса объемы пассажирских перевозок сократились на 1,2%, то уже в 2010 году этот показатель увеличился на 8% и не сокращался на протяжении нескольких последующих лет. В 2018 году пассажирские перевозки увеличились на 6,5%, а в 2019 году этот показатель, по оценке Международной организации гражданской авиации (ИКАО), составит не менее 6%.

В 2018 году авиакомпании по всему миру выполнили 38 миллионов рейсов, перевезли 4,3 миллиарда человек и 58 миллионов тонн грузов. По прогнозам экспертов, к 2035 году объем авиaperезовок пассажиров и грузов увеличится по меньшей мере в два раза. Об этом в январе 2019 года заявил президент ИКАО Олумуива Бенард Алиу. При этом около 70% роста авиaperезовок придется на уже существующую

маршрутную сеть. Авиакомпании учитывают этот рост и планируют наращивать авиационный парк.

В то же время ужесточаются требования к шумности и экологичности новых летательных аппаратов. Действующие Парижские соглашения в области сокращения объемов вредных выбросов требуют в 2 раза снизить объемы выбросов парниковых газов авиацией к 2050 году. С одной стороны, растущий спрос на новые летательные аппараты стимулирует авиапроизводителей к созданию новых самолетов и вертолетов, но с другой — ужесточение экологических норм и требований к потреблению топлива значительно усложняет и удорожает разработку авиационной техники.

В сложившихся жестких условиях цена ошибки высока как никогда. Так, задержка программы пассажирского лайнера Airbus A350 на два года из-за необходимости перепроектирования отдельных узлов самолета привела к увеличению стоимости проекта почти на 3 миллиарда евро. Серьезные финансовые потери



Сокращение сроков сертификации возможно благодаря более точному планированию натурных испытаний и значительной автоматизации расчетов и анализа данных результатов испытаний

из-за переноса сроков и конструкторских ошибок понес европейский концерн Airbus и в проекте разработки военно-транспортного самолета A400M. Стоимость программы разработки японского регионального самолета MRJ компанией Mitsubishi Aircraft из-за задержек на 6 лет выросла чуть больше чем на 3 миллиарда долларов.

Чтобы добиваться успеха, разработчикам авиационной техники приходится переосмысливать подходы к проектированию и испытаниям летательных аппаратов, прибегать к использованию новых решений и материалов, а также повышать сложность своих изделий. Это увеличивает сроки наземных и летных испытаний авиационной техники и ее сертификации в соответствии с новыми стандартами. Как результат, возрастает стоимость сертификационных испытаний.

По словам исполнительного директора по коммерческим самолетам компании Rockwell Collins Кента Статлера, сертификация самолетных систем сегодня порой обходится существенно дороже их разработки, при том что прежде из каждого доллара, израсходованного на проект, 75 центов шли непосредственно на разработку, а оставшиеся 25 центов – на сертификацию. В компании Siemens PLM Software уверены, что применение современных цифровых технологий позволяет сэкономить и ускорить разработку авиационной техники за счет автоматизации заметной доли расчетов и сертификационных испытаний.

Дигитализация на всех этапах

Традиционный подход к созданию современной авиационной техники, включая ее бортовое оборудование и программное обеспечение, начинается с концептуального проектирования и заканчивается сертификацией. В случае с пассажирскими самолетами стоимость всех мероприятий по сертификации может превышать 100 миллионов долларов, причем именно процесс сертификации нередко приводит к задержкам в разработке авиационной техники

и росту стоимости программы в целом. Нередко этап сертификационных испытаний определяет, будет проект прибыльным или убыточным.

Основной целью сертификации является подтверждение того, что летательный аппарат и его системы полностью соответствуют нормам летной годности. В ходе сертификации проект проходит два этапа: валидацию и верификацию. Первый подразумевает проверку правильности и полноты предъявляемых к нему требований, тогда как второй призван подтвердить, что разработанное воздушное судно полностью удовлетворяет предъявляемым к нему требованиям, прошедшим валидацию.

Применение интегрированных решений Siemens PLM Software существенно ускоряет процесс верификации и, как следствие, сертификацию. Например, с помощью решения Teamcenter Verification Management становится возможным интегрировать управление требованиями, конфигурациями и изменениями, данными расчетов и испытаний, а также обеспечить гарантию прямой и обратной прослеживаемости выполнения всех требований и характеристик. В результате можно избежать ошибок, связанных с человеческим фактором и необходимостью синхронизации результатов между разными отделами и соисполнителями. Благодаря Teamcenter актуальные данные в любой момент времени доступны всем участникам процесса верификации.

Решения Siemens PLM Software помогают перенести процесс верификации на более ранние этапы разработки, обеспечивая большой потенциал для сокращения бюджетов и сроков программы. Технологии Siemens PLM Software позволяют создавать верифицированные модели летательных аппаратов, их агрегатов, узлов и систем, а также проводить их виртуальные испытания. Для типовых авиационных систем и компонентов решения предлагают уже существующие библиотеки настроенных

моделей, благодаря чему становится возможным выполнение достоверных расчетов и отказ от части натурных испытаний. Их результаты заменяются результатами виртуальных испытаний.

Благодаря высокому качеству верифицированных 1D-моделей Simcenter Amesim в ряде случаев результаты моделирования расходятся с результатами реальных испытаний не более чем на 1%. Использование других решений из портфеля Simcenter, объединяющего технологии для 1D- и 3D-моделирования, а также натурных испытаний, позволяет проводить достоверные расчеты для режимов, которые трудно или даже невозможно проверить в рамках физических испытаний. Речь, в частности, идет о расчете границ флаттера или моделировании различных аварийных ситуаций. Еще одним преимуществом виртуальных испытаний является возможность частично заменить, а в некоторых случаях и полностью отказаться от части дорогостоящих испытаний в аэродинамической трубе или на специализированных стендах типа «железная птица».

Сокращение сроков сертификации становится возможным благодаря более точному планированию натурных испытаний. Так, верифицированные модели, полученные с помощью решений Simcenter, позволяют заранее определять места наилучшего размещения датчиков и режимы испытаний отдельных узлов, агрегатов и летательных аппаратов в сборе. Кроме того, с помощью технологий Simcenter Testing можно значительно автоматизировать процесс испытаний – проводить автоматические расчеты и анализ данных эксперимента непосредственно в темпе испытаний. В этом случае снижается риск влияния человеческого фактора и во многом отпадает необходимость «ручной» обработки огромного массива данных.

Решения Siemens PLM Software позволяют построить процесс верификации с учетом разработки

нескольких конфигураций летательных аппаратов. Например, разные конфигурации самолета могут включать агрегаты нескольких производителей, часть летных испытаний которых можно провести в лаборатории или вообще заменить расчетом, значительно сократив объем летных испытаний и затраты на их подготовку и проведение. Отчеты по результатам таких испытаний или расчетов служат основанием для подтверждения требований, проверяемых сертифицирующими органами.





Всеобъемлющий цифровой двойник

Технологии Siemens PLM Software позволяют предприятиям реализовать концепцию «цифровых двойников». Компания-разработчик интегрирует все цифровые процессы в едином формате и обеспечивает всем вовлеченным в проект сотрудникам доступ, стремясь создать всеобъемлющий цифровой двойник – это взаимосвязанная комбинация цифровых двойников разрабатываемого продукта, производства и изделия в эксплуатации. Он соединяет требования с производством и эксплуатацией для непрерывного улучшения продукта и его производства, сокращает цикл разработки, повышает эффективность и гибкую адаптивность под меняющиеся рыночные требования, позволяет воплощать больше инновационных идей в жизнь.

Цифровой двойник продукта подразумевает создание виртуальной полностью верифицированной модели самолета или вертолета, проведение практически полного спектра инженерного анализа

(путем расчетов и/или испытаний), контроль соответствия требованиям и виртуальной доводки. Анализ включает проверку аэродинамических характеристик, характеристик прочности и усталостной долговечности конструкции, тепловых режимов, режимов обледенения, вибрационных и акустических колебаний. Такая цифровая модель с высокой точностью соответствует реальному образцу, уточняется по результатам наземных или летных испытаний и позволяет учитывать все изменения, происходящие с реальным самолетом.

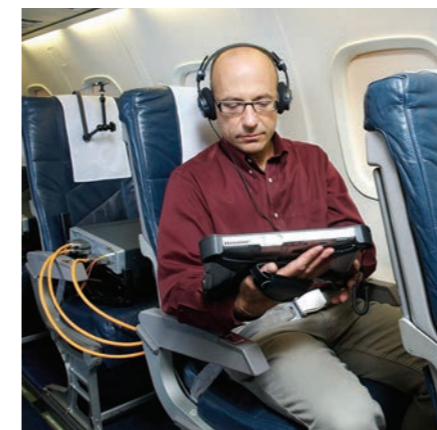
Цифровой двойник производства – гарантия своевременного выхода на сертификацию в рамках определенных сроков и бюджета с требуемым качеством. Она используется на самых ранних этапах планирования производства будущего изделия, например, для имитационного моделирования производства посредством решения Tecnomatix Plant Simulation. Благодаря ему становится возможным прогнозирование трудностей при организации производства, а также оптимизация производственных процессов и взаимодействия с поставщиками.

Это позволяет добиться минимизации ошибок, которые могут быть допущены при реальном производстве. Наконец, цифровые двойники позволяют отработать и техпроцесс. И все это задолго до запуска реального производства.

После выполнения четырех шагов – виртуального проектирования, виртуального производства, запуска реального производства и создания летательного аппарата – цифровой двойник позволяет учитывать все особенности эксплуатации самолета или вертолета. Поступающие на этом этапе жизненного цикла данные могут быть использованы для доработки и модернизации изделия, а также заложить основу для разработки перспективных изделий. По оценкам экспертов Siemens PLM Software, внедрение цифровых технологий в проекте пассажирского самолета вместимостью 150-170 человек позволяет снизить ежегодные расходы на разработку на 290-300 миллионов евро, в том числе и за счет ускорения процесса сертификации. Так, Федеральное управление гражданской авиации США позволяет заменять натурные

испытания некоторых изменений конструкции летательных аппаратов аэродинамическими расчетами, которые подтверждают, что такая модификация не приведет к нарушению требований летной эксплуатации и снижению безопасности самолета.

Как это работает на практике
Решения Siemens PLM Software успешно используют разработчики авиационной техники по всему миру. В некоторых случаях



в процессе сертификации разработчики использовали результаты виртуальных испытаний, выборочно подтвержденные реальными проверками. Европейский авиастроительный концерн Airbus при разработке топливозаправочной штанги самолета-заправщика Airbus A330MRTT прибегал к виртуальным испытаниям. В этом проекте достоверные результаты были получены еще

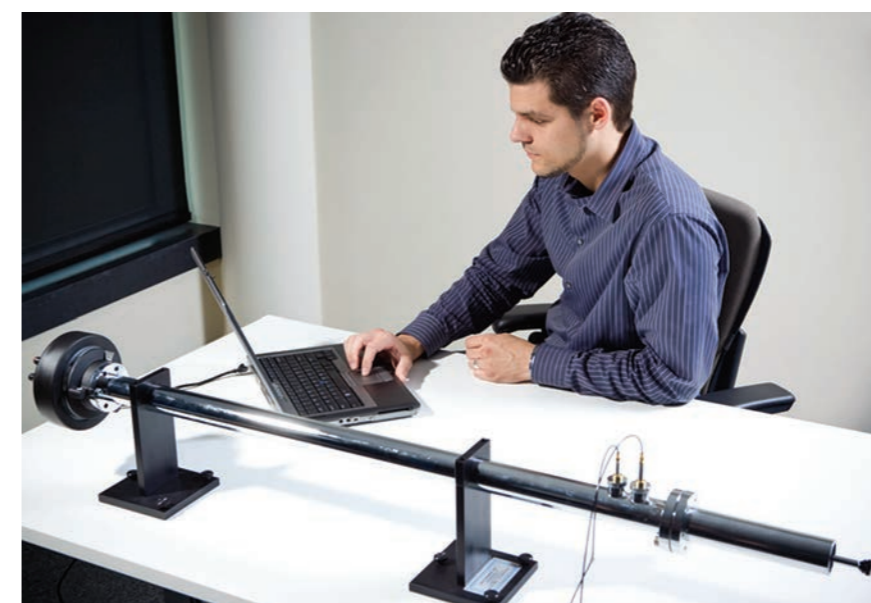


на этапе моделирования флаттера и позднее подтверждены натурными испытаниями.

Еще одним успешным примером использования цифрового подхода к проектированию, испытаниям и сертификации является разработка лайнера Airbus A380. Французская компания Safran Landing Systems, занимавшаяся созданием шасси этого самолета, использовала решение Simcenter Amesim. A380 был введен в эксплуатацию с передней стойкой шасси, разработанной и настроенной полностью по 1D-модели, созданной в Simcenter Amesim. Результаты виртуальных испытаний шасси полностью подтвердились натурными. При этом разработчику удалось ускорить реализацию проекта за счет точного

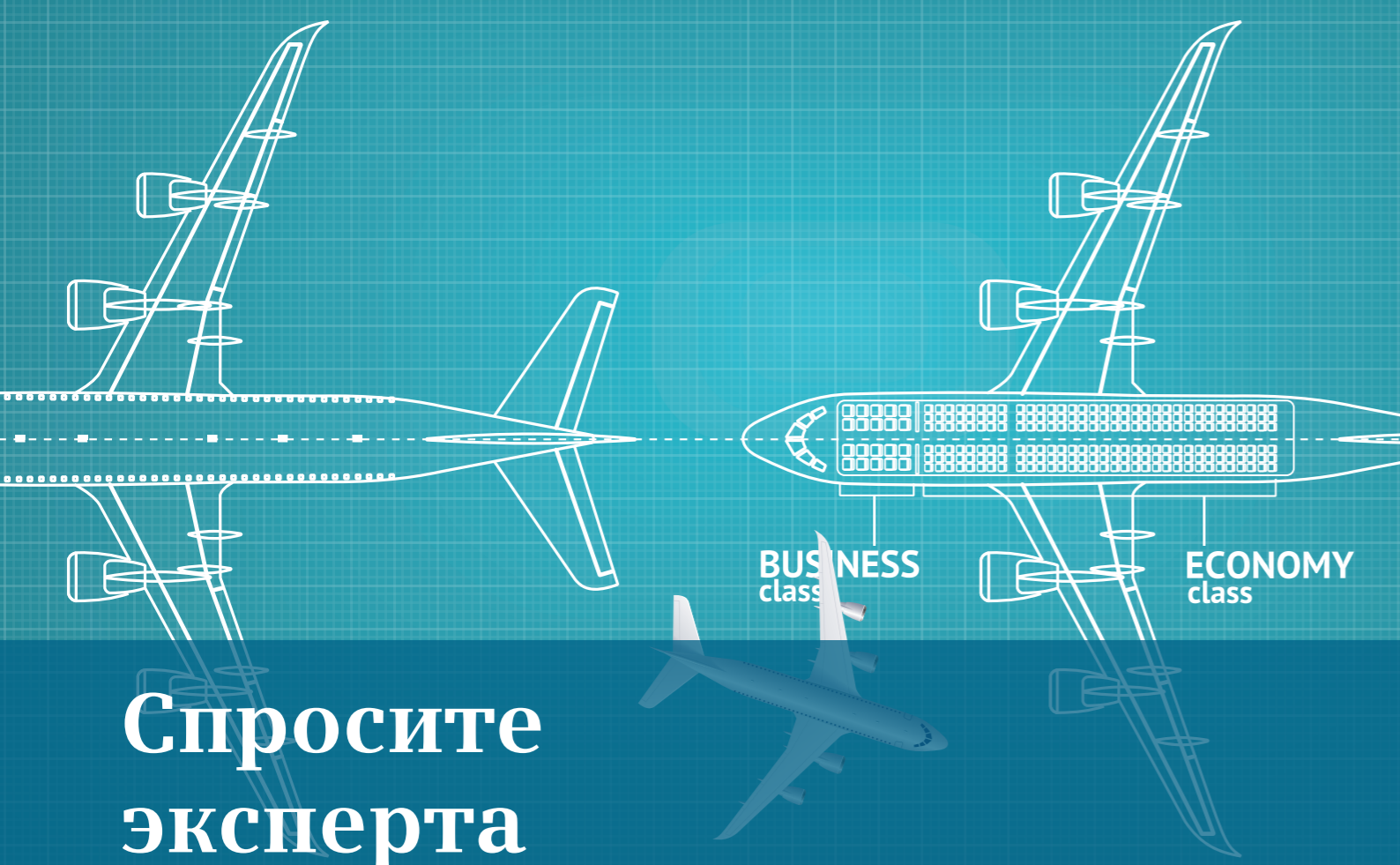
планирования испытаний и прогнозируемости эксперимента.

Airbus использовал Simcenter Amesim для создания цифровых двойников самолета A380, его топливной системы и двигателей, которые затем прошли испытания на виртуальном стенде. С помощью такого виртуального стенда специалисты смогли спрогнозировать и оценить эффекты пульсации давления в топливной системе. По оценке разработчиков, цифровой подход позволил уменьшить время, необходимое на доработку и доводку топливной системы, почти на 2 года. При традиционном подходе, подразумевающим полный цикл натурных испытаний, потребовалось бы больше времени и средств на создание и настройку стенда и проверку работы систем самолета.



Историями успешного использования решений Siemens PLM Software могут поделиться многие разработчики, в числе которых Boeing, Airbus, Airbus Helicopters, Kaman Aerospace, Honda Aircraft, Embraer и другие. Полученный при решении конкретных задач опыт подтверждает, что решения Siemens PLM Software позволяют оптимизировать, ускорить и удешевить процесс сертификации летательных аппаратов, обычно занимающий значительную часть в бюджете проекта.

*Кулаков Сергей, менеджер по развитию направления «Виртуальные и натурные испытания», Siemens Digital Industries Software
Сычев Василий, корреспондент, «Авиатранспортное обозрение»*



Спросите эксперта

Интервью Дэйва Римера, вице-президента по стратегии в авиационно-космической и оборонной промышленности компании Siemens Digital Industries Software, о разработке и сертификации изделий

Дэйв Ример – эксперт в авиационно-космической и оборонной отрасли с более чем 35-летним опытом. До прихода в Siemens он работал вице-президентом по науке и технологиям в компании ATK Aerospace Systems, где отвечал за все программы разработки авиационно-космических систем, включая ускорители первой ступени ракеты Arge I. Дэйв также отвечал за все виды работ по многократным топливным ускорителям шаттла, системам противоракетной обороны, стратегическим ракетам и твердотопливным ускорителям для вывода коммерческих спутников. До работы в компании ATK Дэйв отработал 27 лет в компании Raytheon Aircraft.

Какое место в процессах разработки авиационной техники занимает Simcenter?
Simcenter – основной инструмент конструктора и важная составляющая процесса разработки: при проектировании нам необходимо выполнять расчеты и моделировать характеристики будущих изделий. Часто мы сначала проектируем изделие, и только после сертифицируем его. Проектирование в Simcenter гарантирует успешную сертификацию изделий.

Использование Simcenter сокращает сроки разработки, а в крупных проектах экономит миллионы долларов. Наличие инструмента, интегрированного

с остальными процессами предприятия – проектированием, технологической подготовкой производства и изготовлением продукции, – становится абсолютно необходимым.

Как этот подход реализован на практике?
Результаты любого расчета должны быть точными. Рассмотрим вопрос управления результатами численного моделирования. Расчетами занимается группа специалистов. Один из них хранит результаты на своем ноутбуке. Например, я сохраняю файлы в общей папке, а вы – на флешке. В результате никто из нас не может быть уверенным, что выполняет расчеты с нужной версией файла. У кого она есть? И где она хранится?

Такая ситуация наблюдается на многих предприятиях. Обычно все файлы хранятся в общей или даже локальной папке. И в этой папке помимо последней версии лежат еще несколько предыдущих. И какую из них брать? Предположим, что по ошибке я взял не ту версию. Такая ошибка может обойтись в миллионы долларов.

Управление расчетными моделями – важный аспект. При внесении изменений необходимо быть уверенным, что расчетная модель соответствует конструкторской. Какие расчетные модели надо обновлять, а какие можно оставить без изменений? На помощь приходят технологии управления жизненным циклом изделия, которые объединяют конструктора и расчетчика с остальными производственными процессами.

О каких технологиях идет речь?
Teamcenter, NX CAD и Simcenter тесно связаны между собой. Использование этих инструментов позволяет синхронизировать CAD-модели с расчетными CAE-моделями. Расчетчик получает уведомление об изменении модели конструктором и необходимости обновить CAE-модель. В каких-то случаях это изменение не требует проведения расчета, а в каких-то будет необходимо провести все вычисления заново. В любом случае расчетчика известили об этом.

Каким образом подобные технологии помогают в решении задач авиационно-космической промышленности?

При проектировании любых изделий авиационно-космической техники – спутников, ракетных двигателей, самолетов и вертолетов – все сводится к одному: от этой техники зависят жизни людей. Поэтому у инженеров нет права на ошибку: люди могут заплатить за нее своими жизнями. Это относится как к гражданской, так и к военной авиации. Работу надо делать безукоризненно, а для этого нужна соответствующая платформа, объединяющая этапы конструирования и расчетов. Она гарантирует синхронизацию. При отсутствии такой платформы трудоемкость резко возрастает, а на контроль проектных решений

уходит немало времени и средств. Есть ли смысл тратить дополнительное время и ресурсы, когда можно внедрить Simcenter и Teamcenter, которые будут следить за синхронизацией конструкторских и расчетных моделей? Технологии предоставляют всю информацию, необходимую для незамедлительного принятия решений. Вам больше не придется тратить недели на поиск нужных моделей и их сравнение вручную. Simcenter гарантирует точные результаты.

Проектирование в Simcenter гарантирует успешную сертификацию изделий

Верификация и сертификация – важнейшие этапы разработки. Какое место занимают решения Simcenter для проведения испытаний во всем процессе?
В портфеле Siemens PLM Software есть решение Verification Management из линейки Catalyst на базе Simcenter. Оно связывает требования к изделию с методиками проведения испытаний или численного моделирования. При внесении изменений в технологию производства мы сразу можем определить, какие именно испытания необходимо провести. Такой принцип работы очень помогает при повторных испытаниях. Аналогичный подход применим и к области CAE. Для каждой детали можно установить, к какой расчетной модели и виду расчета она относится.

Испытания и расчеты в авиационно-космической отрасли могут длиться несколько лет. И на протяжении всего проекта в конструкцию вносятся изменения. Как выявить, какие именно испытания и расчеты придется выполнять заново? Возможно, измененная деталь не окажет никакого влияния на характеристики изделия, и повторные испытания не потребуются. Но может оказаться и так, что новые испытания и расчеты будут абсолютно необходимы.

То есть мы говорим о прослеживаемости?
Да, обеспечивается сквозная прослеживаемость – вплоть

до испытательного оборудования. Сейчас мы разрабатываем модуль автоматической корреляции результатов испытаний для системы Verification Management под названием Automated Test Correlation. Таким образом, мы сможем применять численное моделирование и аппаратные модули Simcenter SCADAS совместно с системой Simcenter Testlab для решения задачи размещения измерительных приборов. Технология позволяет

видеть результаты численного моделирования в NX. Инженер выбирает место установки прибора, а требования к проведению испытаний создаются автоматически – задаются величины ускорений, проводятся сбор данных в системе Simcenter Testlab, калибровка оборудования и автоматический вывод результатов испытаний. Инженерам по испытаниям больше не придется перебирать множество каналов сбора данных, чтобы установить, какие данные поступают и с каких датчиков. Они просто выполняют измерения, а результаты отображаются автоматически.

Получается, что сложные комплексные испытания больше не понадобятся?

Я так не думаю. Но возможности контроля проектных решений путем численного моделирования будут расширяться. Хорошим примером является такое явление, как флаттер. Мы не до конца понимаем, как он возникает, поэтому натурные испытания по-прежнему необходимы.

Удовлетворительное решение нам не подходит. Требуется только отличное! Отвечая на ваш вопрос: я не представляю себе, что самолет можно сертифицировать без проведения летных испытаний, однако цифровые технологии помогут существенно сократить затраты на сертификацию.



Разработка шасси вертолета

Разработка современной авиационной техники в условиях жесткой конкуренции диктует свои правила: необходимо сокращать время разработки, снижать конечную стоимость и повышать надежность разрабатываемого изделия. Один из путей решения данных задач – сокращение объема сертификационных работ за счет замены натурных стендовых и летных испытаний математическим моделированием с помощью цифровых технологий

Портфель решений Simcenter от Siemens PLM Software предоставляет широкие возможности для инженерного анализа сложных систем авиационной техники. Данное решение включает в себя средства для создания конечно-элементных (КЭ) моделей, анализа напряженно-деформированного состояния конструкции, теплового расчета конструкции и систем, расчетов гидро-газодинамики, анализа работы систем и кинематики. Комплексное использование данного решения позволяет создавать модель цифрового двойника проектируемого изделия.

На ведущем предприятии по созданию вертолетной техники – АО «МВЗ им. М.Л. Миля»

при технической поддержке компании АО «ЛАНИТ» состоялся эксперимент построения математической модели посадки и движения вертолета по поверхности земли с помощью решений Simcenter.

Поскольку в России данный подход был реализован в вертолетной отрасли впервые с применением Simcenter, задача была решена в рамках изделия, для которого уже существуют данные натурных стендовых и летных испытаний, использованных для верификации математической модели посадки вертолета.

Эксперимент состоял из основных этапов – синтез в Simcenter Amesim математических моделей

амортизаторов как комбинации работы пневматической, гидравлической и механической систем; моделирование копровых испытаний колесных опор шасси посредством совместного расчета математических моделей амортизаторов, моделей кинематики опор шасси и моделей пневматиков; построение математической модели посадки вертолета на трехточечное колесное шасси с абсолютно жестким фюзеляжем, а также с учетом деформации планера вертолета.

Математические модели амортизаторов

Амортизатор является основным элементом опоры шасси, поглощающим работу внешних сил,



которые возникают на колесах при посадке, рулении и пробеге, и передающим нагрузки на узлы крепления к фюзеляжу.

Математические функциональные модели амортизаторов передней и основных опор были построены с помощью компонентов из специализированных библиотек Simcenter Amesim, предназначенных для моделирования гидравлических, пневматических и механических систем. Simcenter Amesim позволяет создавать параметризованные системы и моделировать их поведение без подробной геометрии, а также подбирать оптимальные параметры элементов моделируемой системы на ранних этапах проектирования. Расчетная модель амортизатора основной опоры шасси и сопоставление компонентов с принципиальной схемой амортизатора представлена на рисунке 1.

Для всех компонентов функциональной модели амортизатора были определены параметры, которые соответствуют реальной рассматриваемой конструкции. Результаты моделирования работы амортизатора основной стойки шасси вертолета при статическом и динамическом обжатии представлены на рисунке 2.

На представленных графиках видно, что данные изготовителя

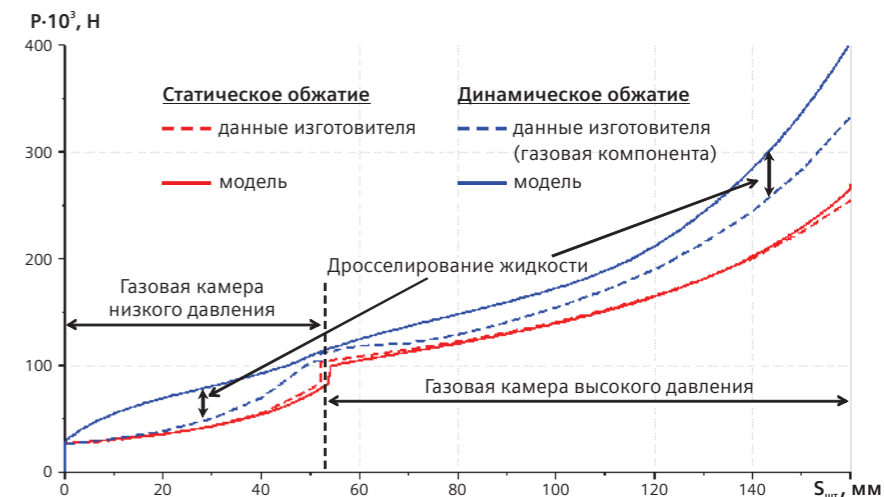


Рисунок 2. Диаграммы обжатия амортизатора

и функциональной модели, построенной в Simcenter Amesim, полностью соответствуют друг другу. При моделировании динамического обжатия амортизаторов время полного перемещения штока $t = 0,25 \text{ с}$, что соответствует времени прямого хода штока при копровых испытаниях шасси и реальных посадках вертолета. При этом учитывается дросселирование жидкости через отверстия.

Моделирование копровых испытаний опор шасси

Simcenter Amesim позволил произвести совместный расчет (ко-симуляцию) совместно с моделями MBS (multi-body simulation) для анализа кинематики

и динамики рассматриваемого механизма. Для этого в структуру функциональной схемы (см. рис. 1) был добавлен элемент для связи с приложениями, производящими расчет кинематики или динамики.

Анализ кинематики и динамики системы тел осуществляется модулем Simcenter 3D Motion из портфеля решений Simcenter, который позволяет напрямую преобразовывать конструкторскую геометрию и ограничения сборки в точную кинематическую модель, а встроенный решатель с возможностью постобработки дает возможность детально изучить поведение рассматриваемого изделия.

Кинематическая модель опор шасси вертолета строилась на основании геометрии конструкции элементов (кинематических звеньев). Подвижные соединения были заданы организацией соответствующих связей между звеньями. Инерционные свойства звеньев (масса, моменты инерции и положение центра тяжести) рассчитывались автоматически, с помощью средств модуля Simcenter 3D Motion.

Моделирование контактного взаимодействия пневматика колеса шасси с поверхностью обеспечивалось модулем Simcenter 3D Motion Tige. Для точного анализа данного взаимодействия необходимо знать вертикальную жесткость пневматика (диаграмму обжатия), которая была задана по результатам эксперимента.

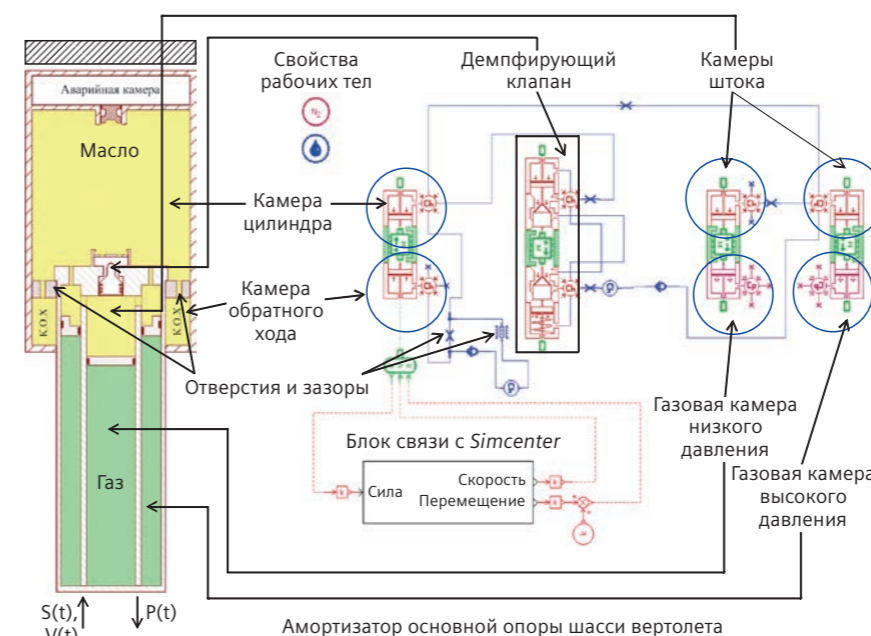


Рисунок 1. Расчетная модель амортизатора в Simcenter Amesim



Использование решений Simcenter для инженерного анализа поведения сложных систем авиационной техники позволяет получать достоверный результат на ранних стадиях проектирования, сокращая время на разработку и сертификацию новой конструкции

Для связи кинематической модели стойки шасси с функциональной схемой амортизатора использовались встроенные инструменты ко-симуляции. При совместной работе Simcenter 3D Motion и Simcenter Amesim из кинематической модели стойки шасси передавались в функциональную модель амортизатора перемещение и скорость штока относительно цилиндра, а усилие, рассчитанное в Simcenter Amesim, прикладывалось к соответствующему звену (рисунок 3).

В соответствии с требованиями норм АП-29 по сертификации вертолетной техники предприятия обязаны проводить испытания на сброс опор шасси, чтобы

подтвердить работоспособность и максимальные нагрузки.

С помощью разработанных математических моделей опор шасси в ходе данного эксперимента специалисты провели расчет копровых сбросов опор.

Для оценки достоверности моделей они провели сравнение результатов расчета с данными сертификационных испытаний на сброс передней и основной опор шасси вертолета. Условия сброса брались в соответствии с данными сертификационных испытаний на сброс передней и основной опор. В качестве условий были заданы вес сбрасываемого груза $P_{гр}$, вертикальная и горизонтальная составляющие скорости V_y, V_x

в момент касания пневматиками поверхности, разгрузка Y , имитирующая силу тяги несущего винта, а измерялись сила в точке контакта колеса с поверхностью P_y и перемещение центра тяжести сбрасываемого груза $S_{цм}$.

Расчетная схема и результаты расчета для передней опоры представлены на рисунке 4. Красными точками отмечены данные эксперимента, синяя линия соответствует расчету с помощью математической модели.

Полученные результаты расчета с помощью математической модели совпадают в пределах погрешности с данными натурных испытаний передней опоры шасси на копровый сброс.

Применение данной методики позволяет на ранних стадиях разработки изделия получать достоверные результаты, которые раньше можно было получить только в процессе дорогостоящих испытаний, и в случае необходимости изменить конструкцию до начала процесса изготовления деталей. Но для верификации модели необходимо провести хотя бы один сброс.

По результатам эксперимента напрашивается вывод, что с помощью программных продуктов Simcenter 3D Motion и Simcenter Amesim можно сократить объем

натурных испытаний для данного типа в процессе разработки и выбора параметров опор шасси.

Моделирование посадки вертолета

Копровые сбросы дают информацию об энергоёмкости опор шасси и позволяют подтвердить расчетные нагрузки и ход оси колеса. Однако они не дают возможность получить данные о поведении всего вертолета в целом при посадке и движении по поверхности. Так как использованная методика для моделирования амортизаторов и опор шасси дают хорошее совпадение с данными натурального эксперимента, специалистами АО «МВЗ им. М.Л. Миля» и АО «ЛАНИТ» было принято решение проводить численное моделирование посадки всего вертолета с трехточечным колесным шасси.

Решение Simcenter 3D Motion позволяет создавать сложные кинематические расчетные модели с помощью технологии субмеханизмов. Данный подход разрешает использовать уже ранее созданные модели стоек шасси в единой модели вертолета. Поскольку субмеханизмы могут содержать элементы для самостоятельных расчетов, то после импорта их в общую кинематическую модель, все неиспользуемые элементы субмеханизмов (приложенные силы, звенья и т.д.) могут быть

деактивированы и не будут учитываться при анализе движения. Такой метод позволяет распараллелить процесс создания сложных моделей, состоящих из большого числа механизмов, между несколькими специалистами одновременно.

Для построения математической модели посадки вертолета первоначально была взята твердотельная модель вертолета, к которой добавлены в качестве субмеханизмов модели опор шасси (рисунок 5), использовавшиеся ранее для моделирования копровых испытаний. Субмеханизмы позиционируются друг относительно друга с помощью специального набора инструментов. При изменении

положения одного из субмеханизмов (например, при изменении расположения центра тяжести фюзеляжа вертолета относительно поверхности или угла тангажа) остальные субмеханизмы изменяют свою позицию соответственно.

При математическом моделировании движения механизма, в котором твердые тела движутся с заданными степенями свободы в соответствии с ограничениями, невозможно учесть динамические эффекты, которые возникают в результате таких условий, как резкие удары, внезапные изменения в движении тел или если компонент конструкции достаточно податлив.

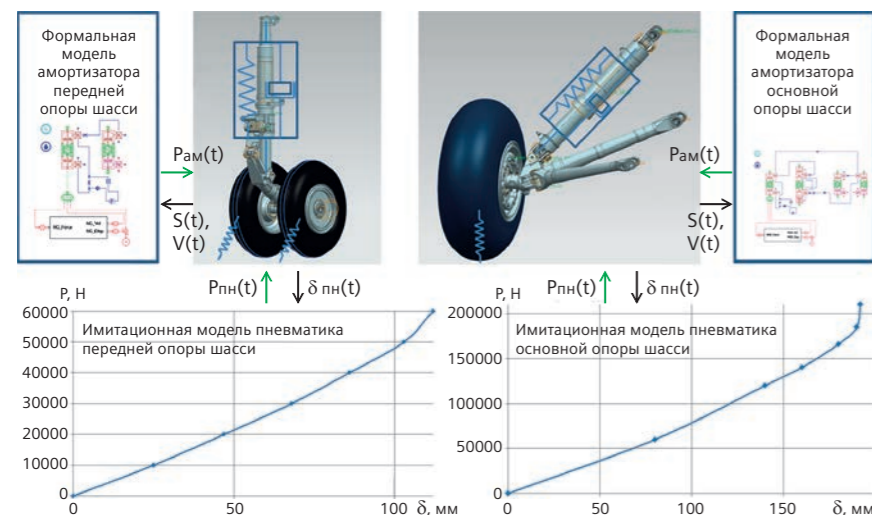


Рисунок 3. Совместное моделирование в Simcenter Motion и Simcenter Amesim

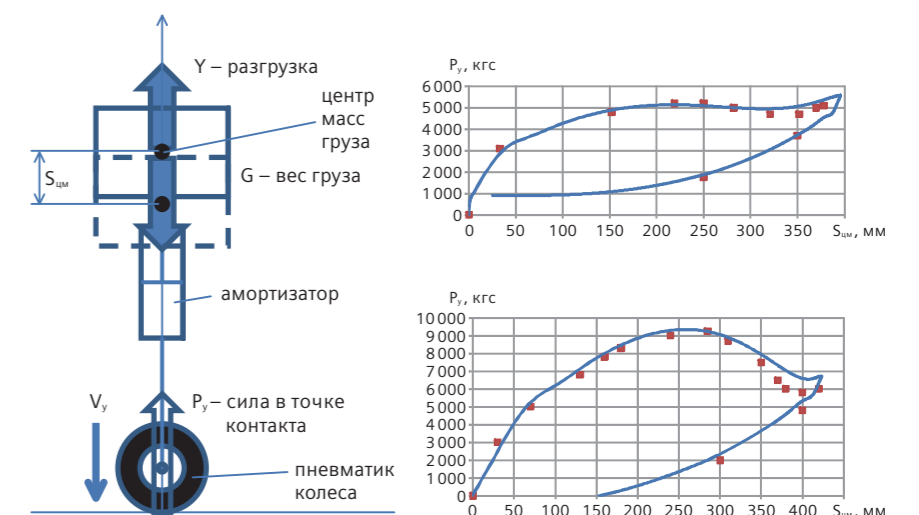


Рисунок 4. Моделирование копровых испытаний опоры шасси



Рисунок 5. Модель посадки вертолета с твердотельным фюзеляжем

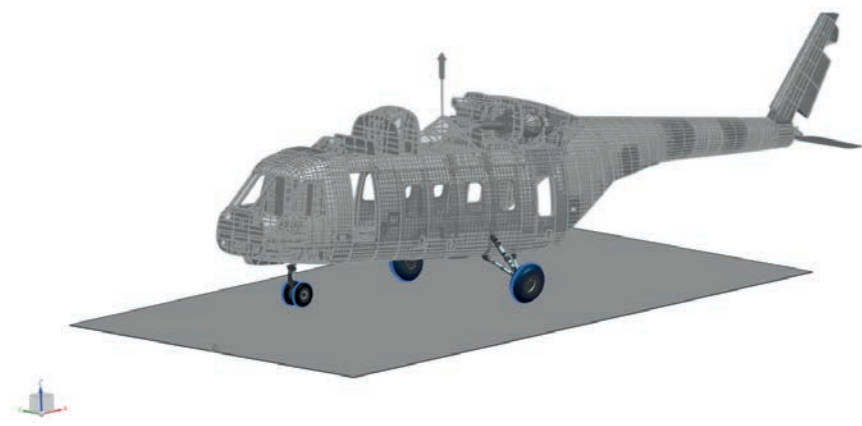


Рисунок 6. Учет деформации планера вертолета при посадке

В процессе посадки вертолета происходят подобные динамические процессы – удар колеса о поверхность, изменение направления движения всей системы после касания с поверхностью. При этом податливость хвостовой балки вертолета, которая значительно выше центральной части планера, может существенно влиять на результат моделирования.

Для учета данных эффектов в Simcenter 3D Motion заложен функционал расчета податливости звеньев механизма, чтобы объединить как упругую деформацию, так и движение твердого тела. Расчет податливости звеньев осуществляется с помощью динамической редукции методом Крейга-Бентона для конечно-элементной модели звена и интеграции ее в анализ движения механизма. Динамическое поведение податливого тела в виде определенного набора форм колебаний редуцируется до модальной массы и модальной жесткости.

Построение конечно-элементной модели и ее расчет производился в программном продукте Siemens Simcenter 3D Structures, который включает в себя пре-/постпроцессор для построения КЭ-модели и набор решателей для оценки статической прочности, устойчивости, анализа собственных частот и форм, а также решения для динамической редукции методом Крейга-Бентона.

В качестве упругого тела для учета деформаций планера в процессе анализа движения системы

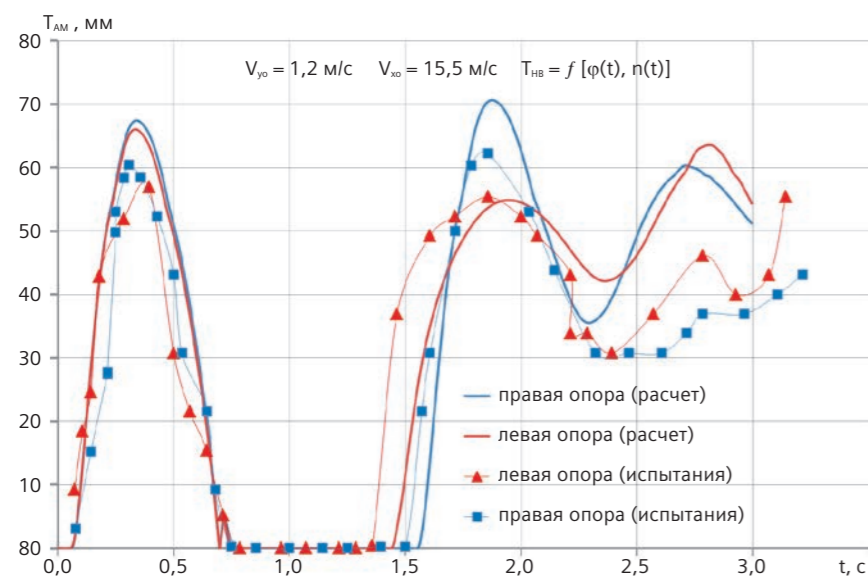


Рисунок 7. Сравнение расчета и данных летного эксперимента



использовалась подробная КЭ-модель планера вертолета, соединенная с субмеханизмами опор шасси (рисунок 6).

Для подтверждения достоверности модели сравнивались результаты расчета и данных летного эксперимента – посадки вертолета в режиме авторотации (рисунок 7). Точками показаны данные летного эксперимента, сплошными линиями – результаты расчета с помощью разработанной модели.

При моделировании посадки вертолета, в рассматриваемом варианте, используется сила тяги от несущего винта, полученная во время натурного эксперимента. На этапе проектирования вертолета

некоторые особенности поведения винта в критических и нерасчетных ситуациях неизвестны. Для устранения подобных неопределенностей используется моделирование работы винтов в Simcenter STAR-CCM+. Наряду с непосредственным моделированием вращения винтов в стационарной и нестационарной постановке в Simcenter STAR-CCM+ существует метод, который позволяет учитывать нестационарные взаимодействия несущего винта с фюзеляжем и рулевым винтом без выполнения прямого численного расчета вращения двух винтов. Применение данного подхода дает возможность создать зависимость силы тяги от различных условий работы несущего винта (количество оборотов,

высота полета, угол тангажа и другие) и использования при моделировании посадки вертолета.

Применение портфеля решений Simcenter для инженерного анализа поведения сложных систем авиационной техники, таких как шасси вертолета, позволяет получать достоверный результат на ранних стадиях проектирования, а также сокращать время на разработку и сертификацию новой конструкции. Разработанная методика может быть принята как стандарт при разработке шасси вертолета. Она также позволяет моделировать и исследовать критические или аварийные ситуации, которые невозможно воспроизвести при летных испытаниях.

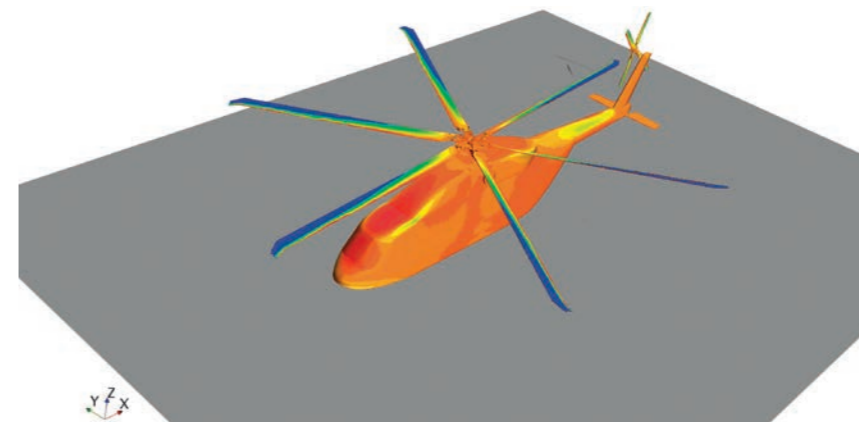


Рисунок 8. Моделирование работы несущего винта в Siemens STAR-CCM+

Кручинин М.М.,
 начальник группы
 АО «МВЗ им. М.Л. Миля»
 Суриков В.В.,
 ведущий специалист АО «ЛАНИТ»
 Караченцев А.И.,
 технический эксперт
 направления CAE АО «ЛАНИТ»
 Фоломеев В. А.,
 технический эксперт
 направления CFD АО «ЛАНИТ»

Фотографии взяты с сайта www.russianhelicopters.aero

Ракета-носитель нового поколения

Решение Simcenter 3D обеспечило NASA необходимую прочность стартового оборудования при запуске ракеты



Ракета-носитель Space Launch System (SLS), один из проектов группы ATK, – наследник космических челноков (Space Shuttle). В документах NASA проект SLS описан как «крупнейшая и обладающая наибольшими возможностями ракета, предназначенная для нового поколения пилотируемых полетов за пределы околоземной орбиты». SLS будет первой в NASA ракетой такого класса с того момента, как носитель Saturn V доставил американских астронавтов на Луну более 40 лет назад. Более того, ракета SLS сможет доставить человека еще дальше в космос, в том числе на Марс.

Компания ATK разрабатывает твердотопливные ускорители для ракеты SLS – два боковых блока по обеим сторонам центральной ступени, создающие дополнительную тягу в течение первых двух минут полета. В первых полетах носителя SLS будут применяться модифицированные ускорители от космического челнока, также спроектированные в компании ATK. В рамках нового проекта компания ATK создаст и новые ускорители с увеличенной тягой, которые будут применяться в последующих полетах с большей полезной нагрузкой. Компания ATK уже почти десять лет применяет технологии по управлению жизненным циклом изделия от Siemens PLM Software, в том числе систему автоматизированного проектирования NX, пакет решений для численного моделирования характеристик изделий Simcenter и систему управления процессами и данными об изделии Teamcenter.

«С компанией Siemens нас связывает многолетнее партнерство, – рассказывает Рамеш Кришнан, главный инженер отдела технологических процессов и оснащения компании ATK. – Оно началось благодаря

дальновидной позиции руководства, которое осознало всю пользу интегрированной системы».

Последние годы группа компаний работала над углублением интеграции инженерных расчетов с процессом проектирования.

Реализация интегрированного процесса проектирования в NX и расчетов в Simcenter 3D помогает создавать точную расчетную модель

«Перед нами стояла задача начать использование инженерного анализа на ранних этапах разработки изделия, чтобы конструкция создавалась на основе расчетов, – говорит Натан Кристенсен, старший руководитель отдела технологических процессов и оснащения компании ATK. – Это очень сложное дело с учетом специфики нашей работы и высокой сложности применяемых инструментов». Работа по проектированию сопла нового ускорителя в рамках программы SLS – отличный пример того, как эту задачу удалось успешно решить.

«Чтобы повысить характеристики наших двигателей, требовалось существенно увеличить размер сопла, – поясняет Кришнан. – При этом в ходе подъема ракеты такое увеличенное сопло может столкнуться со множеством конструкций пускового сооружения».

На заднем конце ускорителя имеется коническая секция. Пусковые крепления захватывают эту секцию и удерживают ракету на стартовом столе. Компания ATK впервые в своей практике разрабатывает убираемые крепления, которые при пуске будут отводиться, чтобы

не произошло столкновение с соплом.

Нижняя часть ускорителя, включая коническую секцию и убираемые крепления, была смоделирована в NX. Затем представленная в цифровом виде геометрия

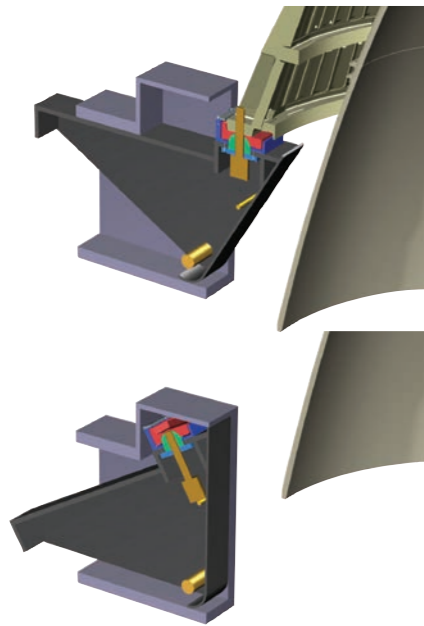
применялась для выполнения двух видов расчетов: кинематического и прочностного методом конечных элементов.

Компания ATK использовала модуль Simcenter 3D Motion для моделирования кинематики движений убираемых креплений при пуске ракеты. «Мы задали график изменения скорости ракеты в Excel-таблице и затем подключили ее в качестве источника данных о скорости моделируемого объекта, – рассказывает Кришнан. – Мы использовали зависимость тяги двигателей от времени, что оказалось правильным выбором. По расчетам ракета запускалась с требуемым ускорением».

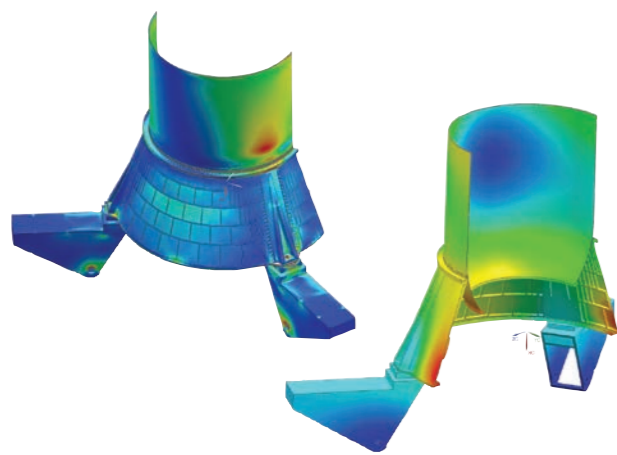
«Работавший над этой задачей инженер ранее не имел дела с модулем Simcenter 3D Motion, но быстро разобрался и уже через несколько дней получил готовую модель», – отмечает Кришнан. Созданная модель учитывала даже четырехдюймовый болт, которым фиксируются пусковые крепления. Данный болт разрушается при пуске, так как на нем установлена специальная хрупкая гайка. При помощи анализа кинематики компания ATK быстро создала проектное решение,



Применение Teamcenter позволяет рассчитывать нужные модели деталей и исполнения изделий. Все расчеты синхронизированы с конструкторской документацией



Модель NX нижней части с убираемым креплением



На основе конструкторской модели задней части твердотопливного ускорителя компания ATK создала конечно-элементную модель в Simcenter 3D

в котором крепления отводились нужным образом. «Основная цель SLS – создать временную последовательность пуска ракеты и обратного движения креплений, используя модуль Simcenter 3D Motion. Нам удалось этого достигнуть», – подытоживает он.

Затем инженеры провели расчеты методом конечных элементов. В компании ATK имелся широкий выбор конечно-элементных препроцессоров и решателей. В рамках инициативы по углублению интеграции инженерных расчетов и проектирования компания ATK работает над унификацией применяемых CAE-систем. Simcenter 3D и NX Nastran стали стандартными приложениями. При необходимости применяются и другие системы. «Каждый инженер работает в системах, выбранных в качестве стандарта предприятия, а не в той, которая ему больше нравится», – поясняет Кристенсен. – Это приводит к снижению затрат – нам не приходится заниматься поддержкой различных решений со сходной функциональностью, и это облегчает обмен результатами расчетов между исполнителями».

На основе конструкторской модели задней части твердотопливного ускорителя компания ATK создала конечно-элементную модель в Simcenter 3D. «Многие системы конечно-элементного анализа плохо справляются с расчетом сборок, но в Simcenter 3D таких проблем нет», – отмечает Кришнан. По его мнению, главное преимущество решения Simcenter 3D в том, что вносимые в сборку изменения передаются в конечно-элементную модель. «Особенно здорово, что можно вносить изменения в модель и передавать их в среду конечно-элементного анализа», – говорит Кришнан. – Такая передача выполняется безошибочно. Конечно-элементная сетка при этом автоматически перестраивается, и это очень удобно. Кроме того, сохраняется ассоциативность. Все наложенные в сборке связи сохраняются и в конечно-элементной

модели. Поэтому нет необходимости проверять правильность кинематики расчетной модели».

Компания ATK по достоинству оценила удобство создания геометрии в Simcenter 3D. «Нам понравилось то, что можно очень быстро моделировать болты в виде балочных и спайдер-элементов, – поясняет Кришнан. – Мы берем детали, которые фактически свободно плавают в пространстве, и накладываем на них связи при помощи инструмента, позволяющего выбрать все поверхности или ребра отверстия под болт. Затем балочные элементы создаются автоматически. Это экономит массу времени».

Компания ATK выполнила ряд конечно-элементных расчетов прочности пусковых креплений, но в основном метод конечных элементов применялся для расчета конической секции ускорителя, являющейся местом соединения ракеты со стартовым сооружением. Данная секция должна выдерживать вес всей ракеты (осевая нагрузка от пустой ракеты превышает 900 тонн, а от заправленной составляет почти 3200 тонн), а также ветровые нагрузки, в том числе и от ураганного ветра. Таким образом, расчетные нагрузки оказались огромными. «Мы еще никогда не сталкивались с такими колоссальными нагрузками на коническую секцию», – отмечает Кришнан.

Помимо экономии времени, важным преимуществом реализованного в компании ATK интегрированного процесса проектирования в NX и расчетов в Simcenter 3D стала убежденность в точности расчетной модели. «Мы были полностью уверены в том, что все выполняемые в NX построения точно передавались в модуль анализа методом конечных элементов, и рассчитывали именно актуальный вариант конструкции», – отмечает Кришнан. Благодаря этому компания ATK не теряла время на проверку моделей. «Кроме того, одна из проблем моделирования контактных взаимодействий

в большой конечно-элементной сборке заключается в необходимости абсолютно точного совмещения деталей. При работе в Simcenter 3D детали в расчетной модели уже совмещены. Мы не тратим силы и время на создание сопряжений и размещение всех деталей. Они всегда находятся в правильном положении». Данный процесс уменьшает число возможных ошибок, так как нет необходимости передавать данные между различными системами.

Интеграция расчетов в процесс проектирования предполагает применение решения Teamcenter для управления задачами инженерного анализа. В хранилище данных Teamcenter записаны расчетные модели, отчеты и ссылки на структуру изделия. «Благодаря этому мы всегда рассчитываем именно нужные модели деталей и исполнения изделий, а расчеты синхронизированы с конструкторскими изменениями», – отмечает Кристенсен. Компания применяет Teamcenter для управления как процессами проектирования, так и расчетными проектами. Решение Teamcenter для подготовки отчетов и аналитики отслеживает состояние проекта, время выполнения и долю результатов, полученных с первого раза.

Кристенсен подводит итоги внедрения Simcenter 3D в качестве стандартного инструмента инженерного анализа и углубления интеграции между проектированием и расчетами: «Интеграция CAE-решений на ранних этапах разработки изделия сокращает сроки проектирования, а также позволяет нам уделять основное внимание общей продолжительности конструкторской разработки, а не только продолжительности требуемых расчетов. Мы отмечаем существенное сокращение затрат и рост производительности благодаря тщательно продуманному стратегическому решению о стандартизации CAE-систем. Средства инженерного анализа наиболее эффективны, когда конструкторы применяют их на ранних этапах разработки».



Новое слово в ИСПЫТАНИЯХ

Thales Alenia Space в партнерстве с Siemens PLM Software тестирует новые средства и подходы к акустическим испытаниям

Запуск спутника в космос – тяжелое испытание для его деталей и узлов. Несмотря на высокую вероятность поломок и повреждений, инженеры должны гарантировать доставку аппарата на орбиту в абсолютно исправном состоянии. Успех запуска спутников – это результат современных подходов и программ приемо-сдаточных испытаний, а также кропотливой работы конструкторов и производителей.

Проверка на прочность

Важнейшим этапом разработки спутников являются приемо-сдаточные испытания, которые нужны для ответа на вопрос, сможет ли каждая деталь перенести тяжелые условия запуска. Благодаря многолетнему опыту Siemens PLM Software в разработке специализированных решений для испытаний на внешние динамические воздействия все больше космических агентств отдадут предпочтение Siemens в партнерстве при проведении приемо-сдаточных испытаний. Возможности программной платформы Simcenter Testlab™ и аппаратной платформы Simcenter

SCADAS™, входящих в портфолио решений Simcenter™, гарантируют безопасное и эффективное проведение таких испытаний.

Благодаря многолетнему опыту в разработке решений для испытаний многие космические агентства отдадут предпочтение партнерству с Siemens

Thales Alenia Space, совместное предприятие компаний Thales и Leonardo, является ведущим европейским производителем спутников и космических аппаратов. Специалисты компании создают высокотехнологичные решения для телекоммуникации, навигации, дистанционного зондирования Земли, решения задач в области экологии, научных исследований и строительства орбитальной инфраструктуры. Государственные учреждения и частные компании полагаются на большой опыт Thales Alenia Space в области проектирования,

изготовления и эксплуатации спутниковых систем, обеспечивающих связь и оптимизацию использования ресурсов планеты.

Подходы к испытаниям:

поиск идеальной формулы
Испытания на устойчивость к динамическим воздействиям окружающей среды предусматривают множество проверок, необходимых для квалификационной оценки целевой и служебной аппаратуры космических аппаратов. Акустические прочностные испытания – один из критически важных этапов, при которых объект подвергается воздействию поля звукового давления высокой интенсивности с измерением вибрационных колебаний.



Специалисты по испытаниям проверяют как отдельные компоненты (рефлекторы, панели солнечных батарей), так и весь спутник.

Акустические прочностные испытания космических аппаратов традиционно проводятся в реверберационных акустических камерах. Как правило, это крупные стелды объемом более 1 000 м³, в которые нагнетается газообразный азот с коэффициентом звукопоглощения ниже, чем у воздуха. Спектр шума создается модуляторами, соединенными с рупорами, и достигает уровня более 150 дБ. В таких камерах имитируется поле звукового давления, воздействующее на спутник под обтекателем ракетно-носителя на участке выведения. Помимо многоканального сбора данных, Simcenter позволяет управлять акустическим нагружением в реверберационных камерах по заданному профилю.

Акустические испытания в реверберационных камерах – надежный, безопасный и точный метод, но длительный и дорогостоящий. Аналогичным методом проводятся испытания антенн и рефлекторов, используя для этого камеры среднего размера.

Последние пятнадцать лет американская космическая отрасль

работает над созданием альтернативных подходов к испытаниям. Исследовательские проекты направлены на оценку более экономичных способов, позволяющих проводить испытания без использования уникальных и дорогих в эксплуатации испытательных стелдов. В частности, разработан метод прямого возбуждения акустическим полем (Direct Field Acoustic eXcitation или DFAX, в США также используется сокращение DFAT (Direct Field Acoustic Test)), который в отдельных случаях уже применяется при проведении квалификационных испытаний американских спутников. Метод DFAX отличают более низкие начальные инвестиции и последующие эксплуатационные расходы. Среди его технических преимуществ – существенное сокращение времени, необходимого для выхода на заданный уровень нагрузки, и лучшее управление по спектру в низкочастотном диапазоне от 20 до 60 Гц. В 2016 году НАСА опубликовало «Справочник НАСА 7010» – первую работу, закладывающую основу нового подхода к акустическим испытаниям. Как и американские коллеги, ведущие европейские компании, включая Thales Alenia Space, проводят эксперименты по освоению и оценке новых методик акустических испытаний космических аппаратов.

Добавьте громкости!

Что общего между фестивалями Alfa Future People в России, Coachella в США и Sziget в Венгрии? Эти популярные рок- и поп-фестивали под открытым небом собирают страстных поклонников музыки. За последние годы характеристики современных усилителей и динамиков достигли максимума. Появление на рынке концертных динамиков и усилителей, способных создавать подходящее для испытаний спутников поле акустического давления, сделало возможным разработку метода прямого возбуждения акустическим полем. При проведении испытаний методом DFAX объект устанавливается в центре круга из громкоговорителей и подвергается непосредственному воздействию акустического поля. Современные усилители и динамики способны создавать уровень громкости, соответствующий требуемому значению общего уровня звукового давления. Уровни виброколебаний при использовании метода DFAX сравнимы с теми, что зафиксированы в рамках испытаний в реверберационных камерах. В ближайшем будущем запускаемые с космодрома Европейского Союза спутники смогут проходить ряд испытаний с помощью динамиков, используемых на концертах.

Метод DFAX снижает общие затраты, поэтому испытания можно проводить практически везде. Помимо очевидного удобства, сокращается продолжительность испытаний. Однако нельзя забывать о вопросах безопасности, надежности и точности. Природа звукового поля при испытаниях методом DFAX отличается от поля в камерах реверберации, и эту разницу необходимо учитывать для получения реалистичных результатов. Инженеры компании Thales Alenia Space постоянно работают над совершенствованием и оценкой метода DFAX.

Звук вокруг

Инженеры компании Thales Alenia Space в Тулузе разрабатывают компоненты спутников, из которых затем собирается полноценный космический аппарат. У компании есть своя реверберационная

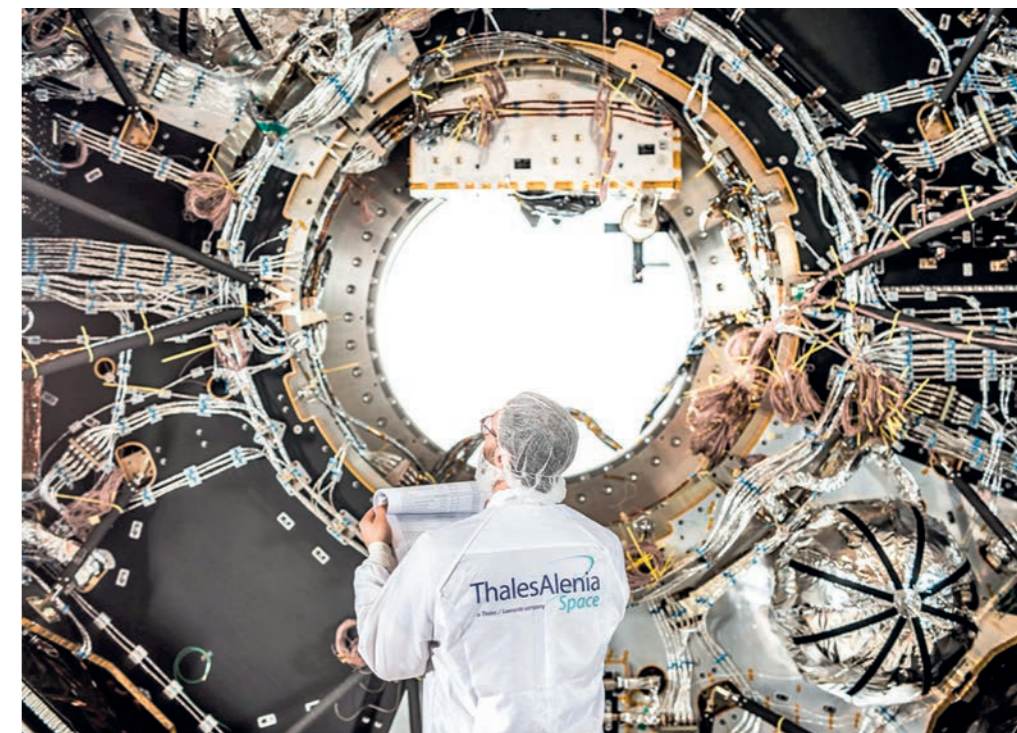
камера, которая находится в Каннах, в 500 км от Тулузы. На практике это означает, что каждый новый разработанный компонент необходимо перевозить в Канны для проведения акустических приемо-сдаточных испытаний, а это приводит к дополнительным расходам и задержкам. При поддержке специалистов компании Siemens PLM Software инженеры Thales Alenia Space изучили новую методику DFAX, позволяющую проводить приемо-сдаточные испытания прямо на месте. Проект получил название «Гром» – весьма подходящее для установки, создающей уровень громкости в 147 дБ в «чистой комнате» и отвечающей требованиям стандарта ISO9. Это уникальный по своим техническим характеристикам стелд.

В рамках серии испытаний было воспроизведено такое же поле акустического давления, которое воздействует на телекоммуникационный спутник под головным обтекателем ракеты-носителя. На стелде воссоздаются высокие уровни акустического давления, соответствующие тем, что воздействуют на аппарат на участке выведения. Стелд включает 96 динамиков, установленных по кругу в 12 стойках, и 96 усилителей, выдающих мощность 4x5 кВт.

Simcenter Testlab и Simcenter SCADAS гарантируют безопасное и эффективное проведение испытаний

Объект испытаний помещен в центре цилиндра высотой 5 м, образованного стойками с динамиками. Основная трудность состояла в воспроизведении равномерного диффузного акустического поля вокруг объекта. В ходе испытаний инженеры должны были убедиться, что поведение объекта аналогично тому, что наблюдалось в реверберационной камере.

Кристоф Фабрие, руководитель проекта в компании Thales Alenia Space, поясняет: «Компания Siemens PLM Software применила весь свой опыт для решения сложной задачи

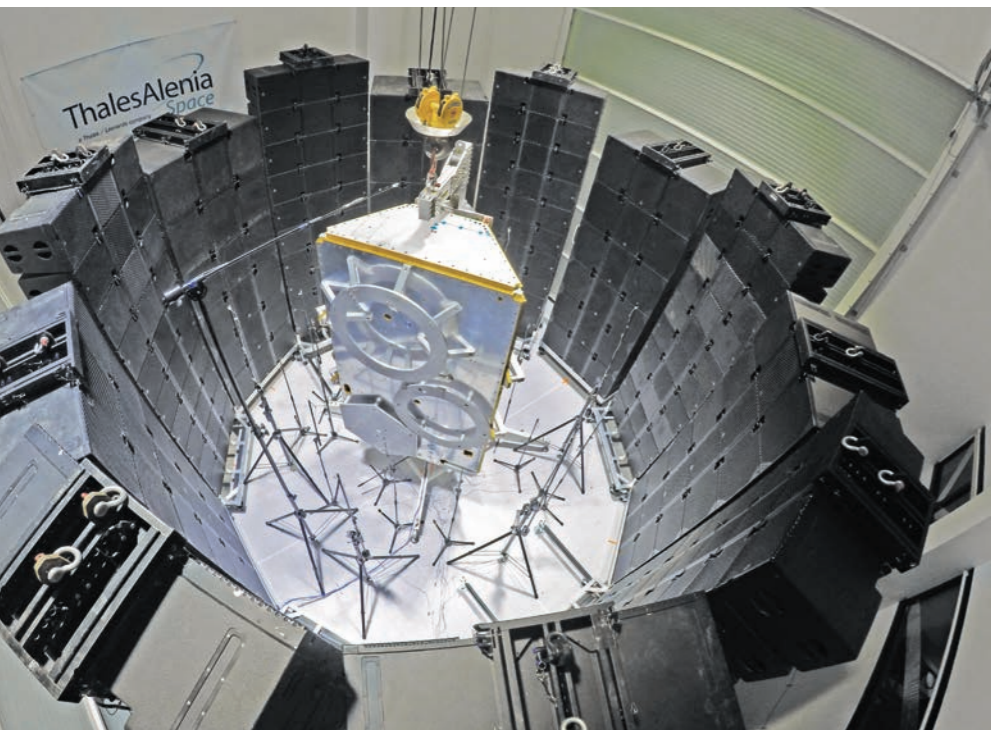


создания равномерного звукового поля вокруг испытываемого объекта. Мы использовали системы Simcenter SCADAS с программным обеспечением Simcenter Testlab в режиме управления многокомпонентным случайным возбуждением с обратной связью. В систему поступают сигналы от 16 микрофонов, размещенных вокруг объекта испытаний.

рефлектора антенны. На втором этапе инженеры выполнили приемо-сдаточные испытания среднеразмерной платформы макета спутника Global Star второго поколения (GB2). Последовательность испытаний полностью соответствовала условиям запуска согласно спецификациям ракеты-носителя.

«На втором этапе мы проверяли пригодность новой методики для проведения последующей серии приемо-сдаточных испытаний целой группы космических аппаратов, – отмечает Фабрие. – Методика позволяет проводить до 25 испытаний за одну смену. Это очень эффективный способ проверки новых конструкций космических аппаратов. Он даст возможность исследовать большее число вариантов с мгновенной оценкой результатов непосредственно в нашей лаборатории».

Новый метод позволяет снижать затраты на приемо-сдаточные испытания спутников и обеспечивать полную безопасность как испытываемых объектов, так и задействованного персонала. Теперь испытания можно проводить на месте без необходимости перевозки космических аппаратов в специальный испытательный центр.



Simcenter на службе науки



Рейнско-Вестфальский технический университет Ахена использует решения Simcenter для разработки космических аппаратов будущего

Колыбель инженерной мысли

Рейнско-Вестфальский технический университет (RWTH), состоящий из 9 факультетов и 270 институтов, расположен в немецком городе Ахен. Это ведущее европейское научно-образовательное учреждение основано в 1863 году. Профессоры университета выбрали практический подход к преподаванию и стремятся дать своим выпускникам высокое качество образования, возможность проведения прикладных исследований и реализации инноваций. Более 45 тысяч студентов получают свою будущую профессию в RWTH. Выпускники учебного заведения востребованы на рынке труда, впоследствии многие из них занимают руководящие должности в лучших промышленных компаниях.

Университеты – это не только учебные заведения для будущих ученых, инженеров и лидеров. Это еще и лаборатории, где активно поощряется создание инноваций. Институт механики и легких конструкций, входящий в состав RWTH, более 60 лет занимается наукой и обучением в области проектирования легких конструкций. Институт накопил внушительный опыт в сфере конструирования и проведения испытаний авиационно-космической техники.

«Космический конструктор»

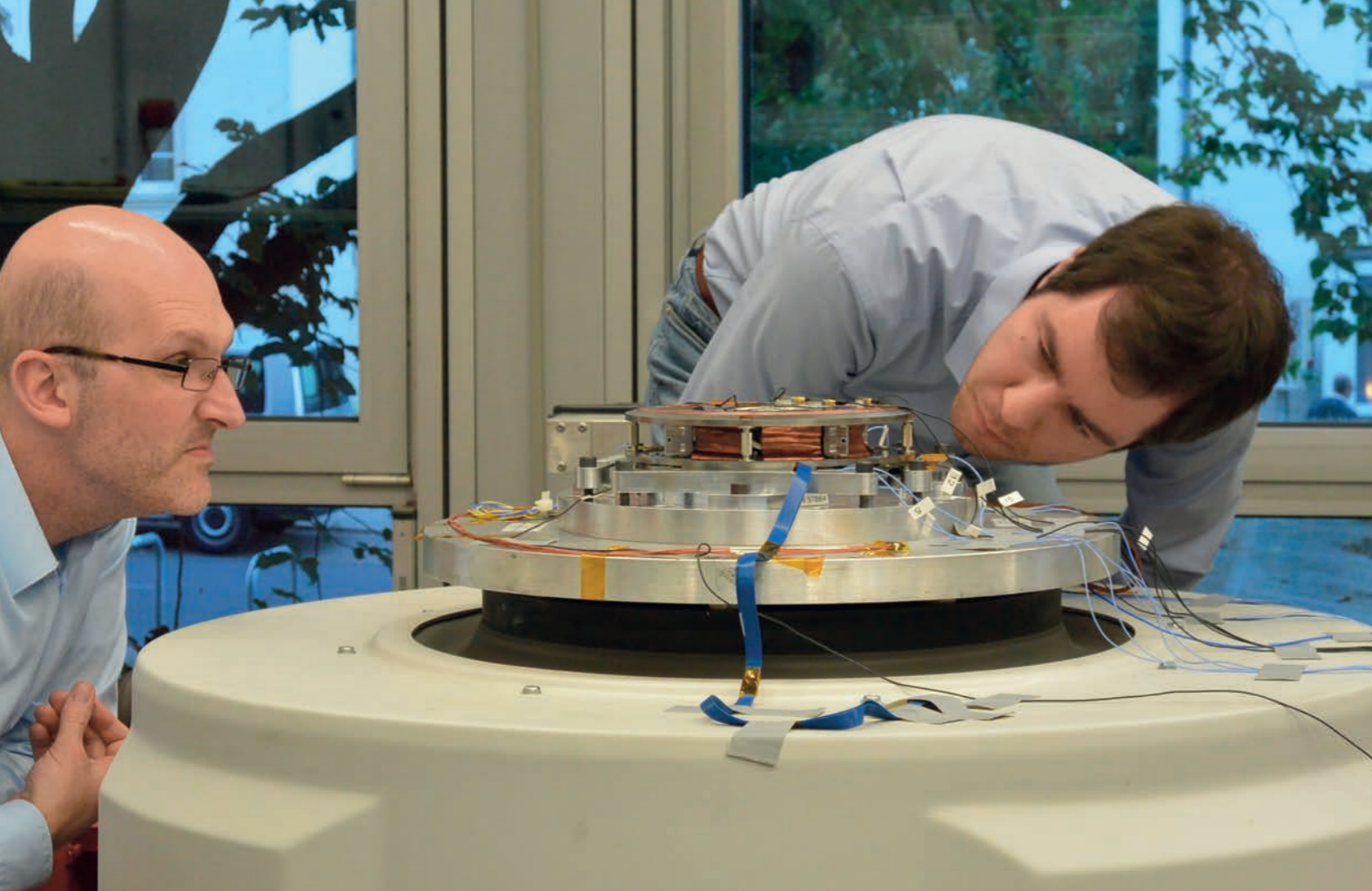
«Интеллектуальные строительные блоки для сборки и обслуживания спутников на орбите» (iBOSS) – один из проектов, в которых Институт механики и легких конструкций принимает активное участие.

Проект финансируется федеральным министерством экономики и технологий Германии и Германским центром авиации и космонавтики (DLR). Целью проекта iBOSS является разработка модульного подхода, позволяющего повысить гибкость будущих космических систем, – инновационного способа проектирования спутников и других космических аппаратов.

Спутники классической конструкции всегда уникальны. Это одноразовые системы, которые дорого создавать и сложно ремонтировать, а в конце срока службы они неизбежно превращаются в космический мусор. Проект iBOSS предусматривает разработку стандарта, упрощающего обслуживание и масштабирование космических систем в долгосрочной перспективе. Замена дефектных или устаревших модулей непосредственно в космосе позволит продлить срок службы аппаратов.

Иногда даже самая простая идея может лечь в основу инновационного решения. В проекте iBOSS применяется концепция, аналогичная той, что заложена в элементах конструкторов LEGO®: соединяемые друг с другом модули взаимозаменяемы. Это открывает самые широкие возможности обслуживания и ремонта как на земле, так и в космосе. Основным элементом системы iBOSS – модуль под названием iBLOCK. Он представляет собой кубик размером 40 см и весом около 10 кг. Из готовых и прошедших необходимые проверки модулей iBLOCK быстро создаются спутники и другие космические системы.

Одним из самых инновационных решений в модуле iBLOCK можно назвать «интеллектуальный интерфейс космической системы» (ISSI). Модули iBLOCK соединяются при помощи высокоинтегрированного стандартного интерфейса, объединяющего механическое соединение с каналами передачи данных,



Решения Simcenter де-факто являются стандартом космической отрасли для проведения динамических испытаний. Их использование позволяет удостовериться, что изделия выдержат суровые условия космического пространства

электрической и тепловой энергии. Благодаря симметричности разъемов интерфейс ISSI позволяет создавать бесчисленное множество сочетаний модулей.

Инженеры Института механики и легких конструкций при университете RWTH работают над подготовкой модулей iBLOCK и всей концепции ISSI к эксплуатации в космосе. При выходе на орбиту спутник подвергается воздействию мощных шумов и вибраций. Испытания при динамических воздействиях окружающей среды

призваны определить, выдержат ли детали и системы спутника экстремальные условия запуска и смогут ли они оптимально функционировать в космосе. В будущем стандартные модули iBLOCK помогут сократить объем испытаний, так как они являются проверенными элементами конструкции.

Анализ поведения в космосе
Институт механики и легких конструкций использует решения Simcenter при проведении испытаний для совершенствования космических аппаратов.

На текущем этапе изучается динамическое поведение будущей конструкции. Система Simcenter™ Testlab™ и аппаратные модули Simcenter SCADAS™, входящие в линейку Simcenter от Siemens PLM Software, де-факто стали стандартом космической отрасли для проведения испытаний при динамических воздействиях окружающей среды. Многие национальные космические агентства применяют эти решения, чтобы удостовериться, что разрабатываемые изделия выдержат суровые условия космического пространства. Инженеры университета RWTH также выбрали этот путь.

«Я полностью удовлетворен программными и аппаратными решениями семейства Simcenter, – отмечает Вернет Яст, инженер по испытаниям Института механики и легких конструкций при университете RWTH. – В промышленной эксплуатации система Simcenter Testlab показала себя с самой лучшей стороны, обеспечив эффективность динамических испытаний. Что немаловажно для образовательного процесса, решение Simcenter Testlab

отличается максимально удобным пользовательским интерфейсом: в этом отношении с ним не может сравниться ни одна другая система. Я работаю в Simcenter Testlab ежедневно, а многие студенты и лаборанты, которые впервые сталкиваются с Simcenter Testlab, также не испытывают сложностей: решение интуитивно понятно и просто в использовании при проведении испытаний». На изучение функций системы уходит минимальное время. Это позволяет уделить основное внимание образованию и инновациям, а не изучению интерфейсов и функций.

Промышленность скажет «Да»
Модули Simcenter SCADAS и система Simcenter Testlab применяются для решения научных и образовательных задач не только в Институте механики и легких конструкций. Лаборатория станочных систем и подготовки производства университета RWTH также успешно занимается передовыми исследованиями и созданием инновационных решений. Фундаментальные теории и открытия лаборатории направлены на удовлетворение текущих и будущих потребностей промышленности.

Решения Simcenter Testlab и Simcenter SCADAS применяются при реализации разнообразных исследовательских и прикладных

проектов. В этих системах выполняется модальный анализ различных станков и промышленного оборудования. Конечные цели научной работы разнообразны: от оценки прочностных характеристик новой

Simcenter SCADAS находятся в эксплуатации уже более двух десятков лет, – рассказывает Йоханн Винделен, технический администратор лаборатории. – Они исключительно эффективны.

«Некоторые наши системы Simcenter SCADAS находятся в эксплуатации уже более двух десятков лет. Они исключительно эффективны. За все эти годы у нас не было ни одного случая потери данных»

Йоханн Винделен,
технический администратор,
Рейнско-Вестфальский технический университет Ахена

конструкции станка до устранения проблем с качеством, возникающих при повышении производительности.

Лаборатория станочных систем и подготовки производства с 1991 года использует решения Siemens PLM Software для проведения модального анализа. На протяжении всего периода сотрудники лаборатории полностью удовлетворены функционалом данных продуктов. «Некоторые наши системы

За все эти годы у нас не было ни одного случая потери данных».

Современные университеты и промышленные предприятия высоко ценят практическую ориентацию образования. Поэтому они полагаются на инновационные и широко используемые в промышленности решения линейки Simcenter. Именно эти решения внесли важнейший вклад в успех лабораторий и институтов Рейнско-Вестфальского технического университета Ахена.



Универсальный подход к уникальному производству

Решения Siemens PLM Software позволяют разрабатывать композитные конструкции с учетом особенностей производства



Применение композитов на основе упрочненных пластиков становится повсеместным из-за их очевидных преимуществ – эффективности конструкции и легкости материала. Разработка композитных конструкций каждый раз является уникальной задачей: под конкретное новое изделие и требуемые функции создается уникальный слоистый материал. Как эффективно и быстро разработать композитную деталь? Какие технологии использовать для создания качественного изделия? Решения Siemens PLM

Software для инженерного анализа Simcenter 3D с модулем Laminate Composites и Fibersim для конструкторско-технологической подготовки производства композитных изделий открывают широкие возможности прогнозирования механических характеристик сложных изделий из слоистых композитов.

Почему Simcenter 3D и Fibersim? Высокая степень интеграции решенный Simcenter 3D и Fibersim позволяет осуществлять двусторонний обмен данными о композитной

укладке между расчетной и конструкторско-технологической моделями. Упрощенная укладка композитного пакета, принятая в проектном расчете на прочность и жесткость в Simcenter 3D, передается в систему Fibersim, которая содержит широкий набор инструментов для конструкторско-технологической проработки слоев с учетом драпируемости материала и технологических надрезов и вырезов. Затем эта проработанная укладка передается обратно в Simcenter 3D, где выполняется поверочный расчет на прочность.

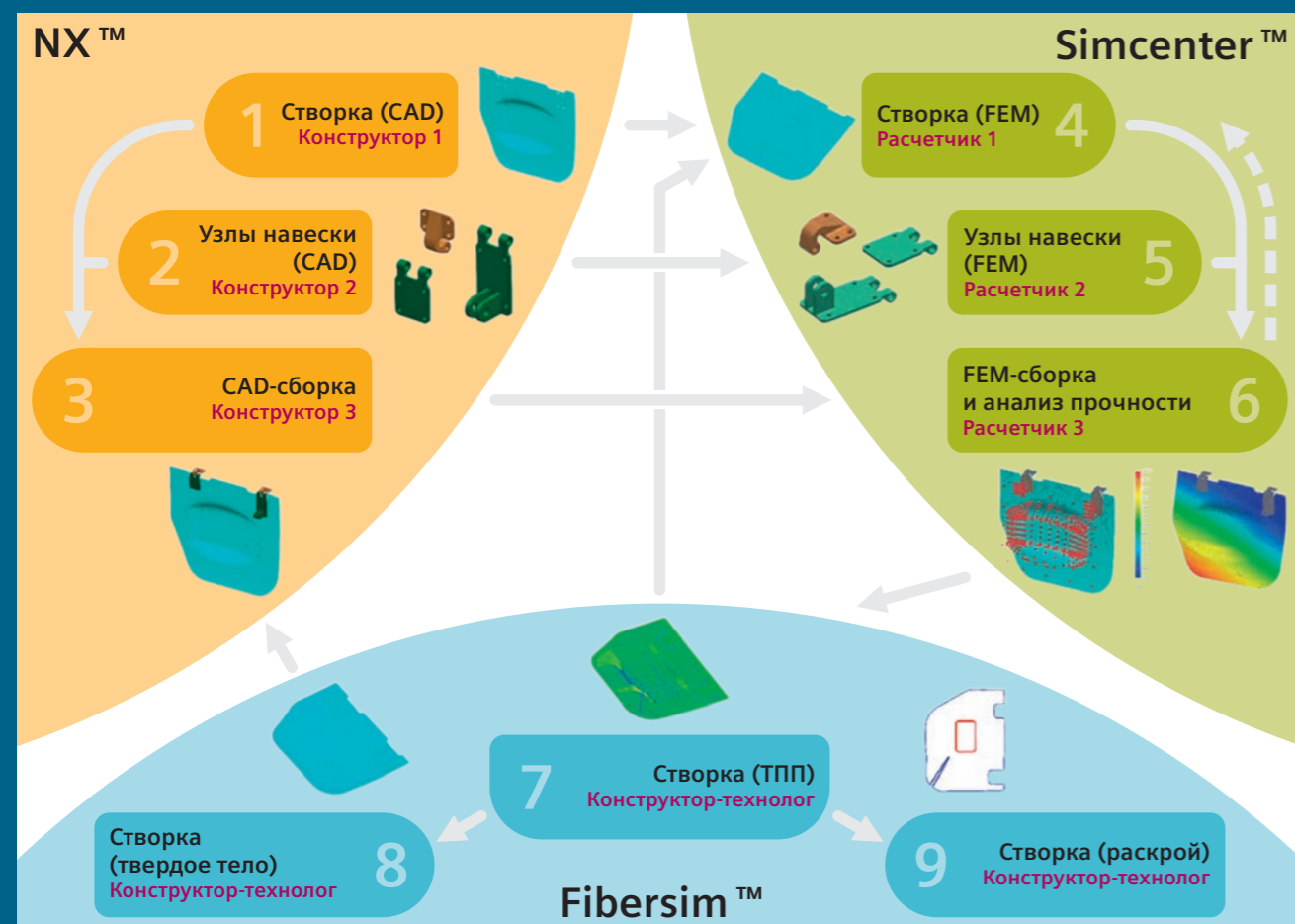


Рисунок 1. Схема разработки изделий из композиционных материалов

Технология конечно-элементных сборок, позволяющая создавать сложные расчетные модели из отдельных конечно-элементных моделей, входящих в сборку деталей, дает возможность параллельно работать над сложным изделием нескольким специалистам-расчетчикам одновременно. Кроме того, поддерживается ассоциативная связь конечно-элементной сборки с родительской конструкторской сборкой и учитывается множественность использования в сборке одинаковых деталей. Все вышесказанное иллюстрирует схема организации работы предприятия по разработке изделий из композиционных материалов (рисунок 1).

На одном из этапов проекта для подтверждения точности математического моделирования и оптимизации модели с целью дальнейших расчетов проводятся испытания уже изготовленных деталей и сравниваются результаты тестов с результатами численного анализа.

Готово ли производство?

На первый взгляд кажется, что описанных выше инструментов и мероприятий достаточно для обеспечения успешного создания изделий из композитов. Но это не так. Для выполнения всех требований к конструкции и получения изделия высокого качества необходимо учитывать особенности организации композитного производства.

На предприятиях по производству композитных изделий многие технологические процессы связаны с изменением фазового состояния

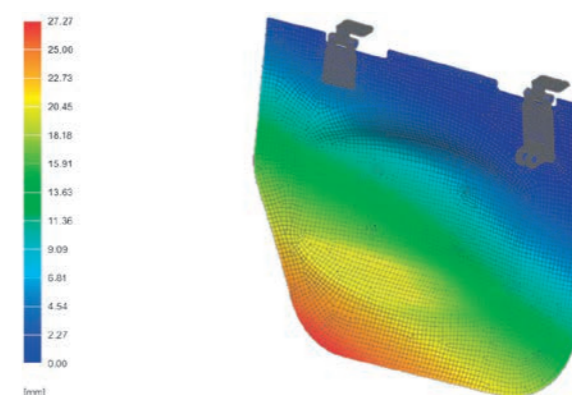


Рисунок 3. Результат расчета перемещений створки шасси в Simcenter 3D

полимерной матрицы от жидкого к твердому, часто при воздействии высоких температур. Эта трансформация наряду с такими факторами, как химическая усадка связующего и изменение его механических свойств, отклонение волокна от заданного направления при выкладке, несимметричная укладка, термическое и механическое взаимодействие детали с оснасткой, неравномерное распределение воздушных потоков в автоклаве, вызывает в материале остаточные напряжения. А они в свою очередь становятся причиной деформаций композитной конструкции после изготовления, то есть приводят к расхождению полученной конструкции с той, какой она задумывалась на стадии проекта. Во время сборки рабочий вынужден приводить композитную деталь к желаемой проектной форме с помощью ее механического закрепления на базовой конструкции, что порождает дополнительное нагружение сборочной единицы и, следовательно, может снизить ее эксплуатационные качества.

Для того чтобы спрогнозировать любые деформации, возникающие в производственном процессе, необходимо моделирование производства композитных деталей. С помощью Fibersim укладка слоев композиционного материала моделируется с учетом драпируемости ткани и изменений формообразующей поверхности. Это позволяет спрогнозировать и избежать производственных дефектов, таких как образование складок. А с помощью Simcenter 3D с решателем Samcef проводятся химико-термический и химико-механический анализы полимеризации и коробления, что дает возможность рассчитать деформации при отверждении с учетом различия температур по всей детали и соответствующего цикла отверждения (рисунок 2).

Натурные испытания на плоских монолитных тонкостенных образцах с различными вариантами укладки показывают, что погрешность вычисления перемещений в этом случае не превышает 20%. Для данной конструкции это отличный результат. Такие расчеты позволяют скорректировать начальную геометрию оснастки и изготовить композитную деталь в соответствии с проектом.

Применение современных решений Simcenter 3D с набором необходимых решателей и Fibersim помогают эффективно спроектировать сложную композитную конструкцию, избежать серьезных производственных проблем, а также сократить срок разработки и снизить конечную стоимость изделия.

Александр Беспалов, инженер-прочист, АО «ИТС»

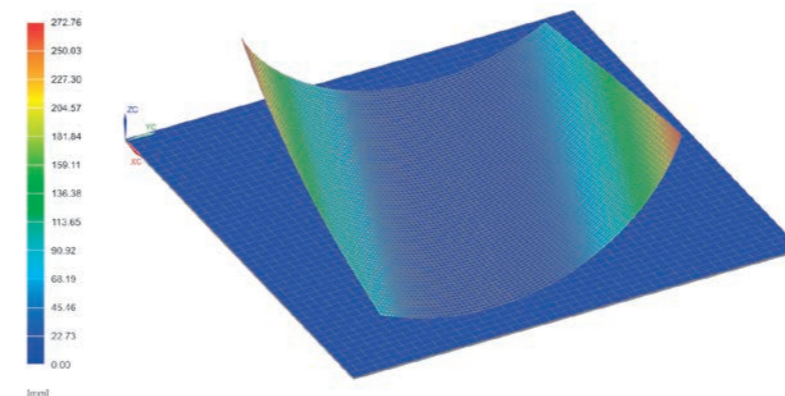


Рисунок 2. Результат анализа технологического процесса полимеризации и коробления плоского многослойного образца из композитного материала



Дальний полет

Авиапроизводитель Piper Aircraft Inc. на 40% увеличил дальность полета благодаря использованию NX CAD и Teamcenter при проектировании крыла

Компания Piper Aircraft Inc. – единственный производитель авиационной техники общего назначения, выпускающий всю линейку продукции: от надежных учебных самолетов до высокоэффективных турбовинтовых машин. Головной офис находится в городе Виро Бич, штат Флорида. Сегодня в компании работают около 950 человек. Piper является поставщиком безопасных эффективных одно- и двухдвигательных самолетов во всем мире. С момента основания в 1937 году Piper выпустила свыше 130 тысяч самолетов. Принцип компании заключается в том, что самолеты изготавливаются только после получения заказа, поэтому в складских запасах нет необходимости.

У компании появился заказ на воздушное судно с топливным

баком большего объема для увеличения дальности полета. Для создания такого судна было решено модернизировать модель M500 до M600. В основе Piper M600 – абсолютно новое крыло с превосходной аэродинамикой, позволяющей увеличить скорость и дальность полета. Проектирование велось с нуля. Заказчик указал свои требования, а Piper создала опытный образец на их основе. Фактически специалистам требовалось разработать принципиально новую конструкцию крыла для транспортировки большего объема топлива. Инженеры рассматривали варианты, отличающиеся размером или геометрией крыла, объемом топливных баков, количеством установленных систем, энергопотреблением, конструкцией законцовок и прочими характеристиками.

Основная техническая проблема, с которой столкнулись сотрудники Piper, – соблюдение жестких ограничений по массе: модель M600 не должна была быть значительно тяжелее M500. Необходимость выбрать нужный размер и снизить массу крыла стала одной из сложнейших задач. Для ее решения компания использовала систему автоматизированного проектирования NX™ и систему управления жизненным циклом изделия Teamcenter®. Решения Siemens PLM Software помогли Piper повторно использовать модели деталей, управлять данными, знаниями и интеллектуальной собственностью в масштабах всего предприятия, а также повысить эффективность производства и гарантировать соответствие нормативным требованиям.

Одновигательный самолет Piper M600 – это сочетание большей дальности полета и высокой скорости по умеренной цене. Новое крыло обеспечило увеличение дальности полета и полезной нагрузки. Модель M600 вмещает 980 л топлива – это на 35% больше, чем M500, где емкость бака составляет 640 л. Дальность полета M600 увеличилась до 3000 км, то есть на 40% относительно M500. Новое крыло позволило увеличить полезную нагрузку с 770 до 1100 кг.

«Первоначально мы разработали силовой каркас крыла в NX, разместив все нервюры, лонжероны и закрылки, – рассказывает Майк Рашворт, ведущий инженер группы прочностных расчетов компании Piper Aircraft Inc. – Затем перешли к детальной проработке проекта. Мы были полностью уверены в том, что при изготовлении не возникнет каких-либо проблем: точно знали все допуски, зазоры, места и способы крепления, так как они были заданы в CAD-модели. Все значительно упрощается, когда точно знаешь, что самолет без проблем будет собран в цехе».

Применение NX CAD ускоряет процесс проектирования – в большей степени за счет средств визуализации в 3D. К тому же более точная конструкция сокращает время сборки.

Наличие единого информационного пространства также сыграло важную роль в разработке



самолета M600: решение Teamcenter позволило сотрудникам Piper отслеживать состояние всех деталей воздушного судна. Имея точное представление о ходе разработки каждой детали на всех этапах – от эскизного до рабочего проектирования, – можно создавать уникальные исполнения самолета на основе первоначальной конструкции.

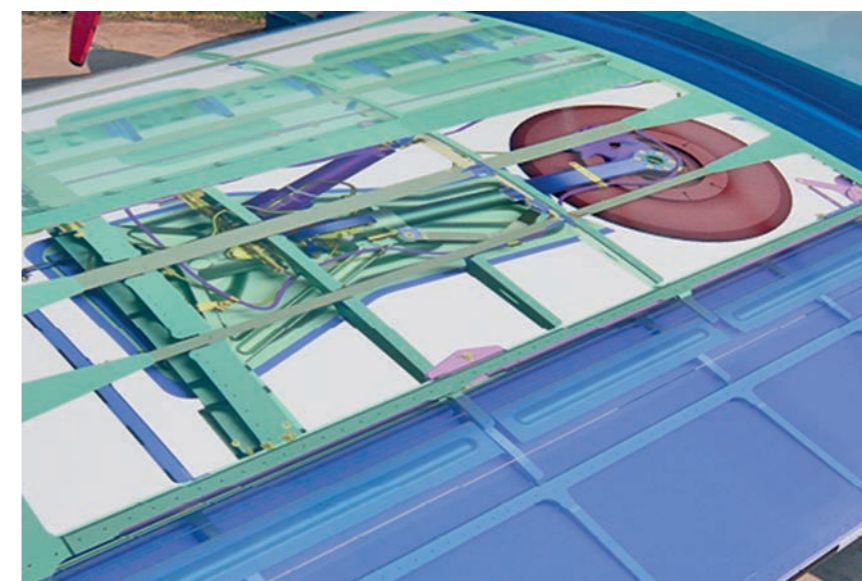
Отдельным преимуществом является знание состава изделия для каждой модификации. Это значительно упрощает технологическую подготовку производства: технологи применяют те же модели, что и конструкторы, и видят, какая работа им предстоит. Они проектируют оснастку на основе твердотельных моделей. При этом производственный персонал может оценить картину в целом.

Реализованные в NX современные CAD-решения и технология цифровых двойников помогли компании Piper снизить себестоимость самолета. «NX CAD отлично помогает в снижении массы изделия, что сокращает себестоимость летательного аппарата, – отмечает Рашворт. – Представьте, сколько времени ушло бы на отрисовку нервюры крыла на чертежной доске по сравнению с ее моделированием в NX. К тому же в NX можно очень быстро вносить изменения».

Использование Teamcenter позволяет компании Piper управлять всеми моделями деталей, проектировать сборки и сборочные процессы, а также объединять все службы предприятия – конструкторский и технологический отделы, службу снабжения и другие. Теперь все сотрудники получают доступ к информации о проектируемом самолете прямо в Teamcenter.

Система помогает и в работе с поставщиками. Они присылают в Piper 3D-модели, которые сотрудники компании добавляют в собственные сборки, чтобы сразу выявить возможные проблемы. Это в очередной раз свидетельствует о том, что NX и Teamcenter повышают точность и ускоряют процессы разработки.

Внедрение решений от Siemens PLM Software помогло компании Piper повысить производительность и достичь всех целей, поставленных перед программой разработки нового самолета.





Решение для проектирования электрических систем Capital обеспечивает соблюдение нормативных требований при конструировании и сертификации авиационного электрооборудования. Это позволяет избежать перепроектирования всей конструкции и повторного прохождения аттестационных испытаний

Как соответствовать нормативным требованиям при проектировании электрических систем?

Директор направления авиационно-космической и оборонной промышленности подразделения интегрированных электрических систем компании Mentor Graphics Тони Николи рассказывает о новом методе автоматизированного проектирования с учетом нормативных требований в авиационно-космической отрасли

По данным исследования, проведенного в начале этого года компанией Market Research Engine, объем рынка кабельной продукции для летательных аппаратов в 2024 году превысит миллиард долларов, а совокупные темпы годового роста достигнут 6%.

Высокая сложность летательных аппаратов приводит к росту рисков несоответствия нормативным требованиям, причины которых объяснимы. Современные методики контроля и анализа проектных решений используют разрозненные данные. Вся работа выполняется вручную с применением чертежей и таблиц и уже после того, как основные работы по проектированию электрооборудования завершены. Если проблемы выявляются на поздних стадиях разработки, то внесение изменений в конструкцию обходится предприятию очень дорого. Сроки проведения важнейших этапов срываются, прибыль уменьшается.

«Чтобы превзойти конкурентов, производителям требуется выделить свои самолеты на фоне других, – отмечает Николи, – и все чаще это делается путем расширения функциональных возможностей. В первую очередь это касается электрооборудования, так как реализация новых функций электрическими средствами дает наибольшую финансовую отдачу по сравнению с применением механических, пневматических и гидравлических систем. Например, Wi-Fi и потоковое видео для пассажиров. Электрические системы проще обслуживать, они легче, надежнее и потребляют меньше энергии. К тому же гибридные электроприводы начинают появляться не только в автомобилях, но и в авиации».

Электрооборудования становится все больше
Необходимость создания конкурентных преимуществ привела к колоссальному росту объемов самолетного электрооборудования. За последние 50 лет мощность

бортовых генераторов возросла в десять раз. Последние 20 лет наблюдается взрывной рост, особенно с появлением Airbus A330 и A380, а Boeing 787 на полной мощности генерирует электроэнергию, достаточную для питания 500 средних коттеджей.

«Фактически это целая электростанция: в нее входят четыре генератора и две вспомогательные силовые установки. Наличие столь мощного источника питания оказывает колоссальное влияние на всю электрическую систему самолета», – добавляет Николи.

В результате разводка бортовой электропроводки значительно усложнилась. Николи поясняет, что на провода и кабели приходится 3% массы современного самолета, а стоимость кабельных изделий, необходимых для передачи все больших объемов данных, постоянно растет.

За последние 20 лет на самолетах появилось значительно больше электрооборудования, требующего мощных источников питания, а проектирование и эксплуатация электросистем превратились в весьма сложную задачу.

«Некоторые жгуты проводки имеют длину 20 метров и весят около 350 килограмм. В одиночку такой жгут не передвинуть! – добавляет Николи. – При проектировании подобных систем требуются самые современные подходы, обеспечивающие не только достижение требуемых уровней функциональности и безопасности при минимальных стоимости и массе. Конструкция должна быть максимально технологичной с точки зрения процессов сборки и монтажа».

В типичном пассажирском самолете длина проводки достигает 500 километров. Это 100 тысяч проводов общим весом в 7 тонн и 40 тысяч разъемов. Из-за высокой сложности возрастают риски при проектировании, комплексировании и монтаже подобных систем.

Николи поясняет: «Как говорят специалисты, при решении любых задач комплексирования в авиационно-космической отрасли всегда возникают совершенно неожиданные проблемы, связанные с тем, что для повышения летных характеристик все самолетное оборудование работает на пределе своих возможностей».

«Традиционно авиационная отрасль искала способы решения проблем проектирования в механических, пневматических и гидравлических системах. Однако методики проектирования электрооборудования пока не достигли столь высокого уровня. Поэтому проблемы с электрикой оказываются очень болезненными и чаще всего требуют внесения существенных изменений в конструкцию, повторного проведения комплексирования, аттестационных и сертификационных испытаний. Все это может затянуться больше, чем на год, и обойтись в миллиард долларов. Такие итерации процессов проектирования электрооборудования не только наносят ущерб репутации программ и работающих над ними специалистов, но и ставят под угрозу благополучие всей организации в целом».

Авиационно-космическая отрасль отличается жесткими сроками. Исполнители стараются опережать график работ, чтобы как можно быстрее ввести самолет в эксплуатацию, ведь только с этого момента воздушное судно начинает приносить прибыль. Поэтому для приближения первого полета самолет часто строится еще до окончания процесса комплексирования. Но из-за этого возникает опасность ошибок при проектировании: «У нас был заказчик, который построил шесть самолетов, работая по такой схеме, – говорит Николи. – Однако только по завершении постройки выяснилось, что на них забыли установить резервную систему. В итоге самолеты вообще не могли подняться в воздух. Инженерам пришлось вернуться в исходную точку и перепроектировать конструкцию, заново проходить аттестационные испытания, испытания всех

электрических систем и их комплексирование. В результате специалистам пришлось демонтировать все оборудование с шести самолетов, переделывать его и устанавливать снова. На это ушло почти два года и полтора миллиарда долларов».

Для устранения подобных рисков компания Mentor Graphics, входящая в концерн Siemens, выпустила новую систему Capital, облегчающую соблюдение нормативных требований при проектировании и сертификации авиационного электрооборудования. Это первая технология проектирования электрических систем, в которой средства автоматизации и полное цифровое представление данных применяются для обеспечения соответствия продукции нормативным требованиям. Для расчета общего энергопотребления летательного аппарата применяется цифровой двойник.

«Решение Capital Load Analyser дает видимые преимущества, – отмечает Николи. – Цифровая модель позволяет надежно решать такие задачи, как анализ конструкции на соответствие нормативным требованиям. Анализ электрических нагрузок на уровне изделия в целом гарантирует правильное управление энергопотреблением и безопасность самолета на всех этапах и в любых условиях полета, включая аварийные ситуации».

Николи продолжает комментировать вышеприведенный случай с колоссальными убытками:

«Если бы у заказчика были возможности, которые мы сейчас реализовали, то всей этой дорогостоящей операции можно было бы избежать. Если бы конструкторы руководствовались данными из такой системы, как Capital, они бы сразу заметили возникшую проблему. Причина сложившейся ситуации – в крайне высокой сложности. Они упустили часть процедур из-за гигантского объема работ. Один из важнейших этапов на пути к первому полету – обеспечение соответствия нормативным требованиям, и нередко проблемы выявляются именно в этот момент».

Обеспечение соответствия нормативным требованиям – трудная задача. Высокая сложность современных систем и старые методики анализа приводят к тому, что отвечать нормативным требованиям становится все более проблематичным.

Николи добавляет: «Методики были разработаны многие десятилетия назад – в эпоху гораздо более простых электрических систем. Они дорогие и трудоемкие, так как все работы выполняются в основном вручную и с применением разрозненных источников данных, а также отнимают очень много времени. Нередко нормативные несоответствия выявляются в самом конце программы разработки, что приводит к дорогостоящим переделкам на самом критичном этапе».

Одна из важнейших составляющих обеспечения соответствия

нормативным требованиям – проведение анализа электрической нагрузки, поскольку именно он влияет на безопасность. Такие проверки гарантируют работоспособность всех электрических систем на всех этапах и в любых условиях полета. Однако анализ электрической нагрузки – непростая задача. Николи продолжает: «Из общения с заказчиками мы установили: главная трудность эффективного выполнения анализа нагрузки – неактуальность используемых данных, что не позволяет оперативно вносить изменения в конструкцию. Проектные решения уже поменялись, но об этом никто не знал, и в результате проблемы обнаруживались только методом экспертной оценки».

Электрические распределительные системы двух экземпляров одной и той же модели самолета могут отличаться примерно на 30%. Дело в том, что разные авиакомпании заказывают разные исполнения. Например, Lufthansa предъявляет изготовителю совсем не такие требования, как American Airlines.

Более того, новые самолеты продаются довольно медленно. «У конечных пользователей просто нет такого количества денег, чтобы за месяц скупить все выпущенные самолеты. Производители не способны строить воздушные суда в таком темпе, – продолжает Николи. – Самолеты одной и той же модели продаются на протяжении даже не года, а 5-10 лет. За это время изготовители модернизируют электрическую систему, реализуют дополнительные функции по запросам заказчиков, а также вносят изменения в соответствии с новыми нормативными требованиями, что вынуждает перепроектировать бортовое электрооборудование. Двух одинаковых самолетов не существует».

Еще одна задача, с которой сталкиваются заказчики, – разработка документации. Заказчики тратят недели на подготовку отчетов, а при любом изменении в производственном цикле всю работу приходится делать заново. На сегодняшний день не существует эффективного способа передачи результатов расчетов

сотрудникам, которые занимаются подготовкой документации для нормативных органов.

«Применяемые инструменты разрознены, – отмечает Николи. – На предприятиях применяются Word и Excel, а также устаревшие системы, разработанные в 1970-е годы или даже раньше. Такие системы привычны и хорошо знакомы сотрудникам, но проблема состоит в том, что они не справляются со сложностью и масштабом современных электросистем. Цифровые технологии Siemens Digital Industries Software помогают снизить риски и совершенствовать бизнес-процессы заказчиков. Мы называем такой подход “разработка электрооборудования на основе моделей”. Это междисциплинарная совместная работа на всех этапах – от проектирования отдельных систем до изготовления и эксплуатации».

Николи отмечает, что данная концепция основана на единстве данных, интегрированной архитектуре и самых современных средствах автоматизации. Единство данных обеспечивается благодаря использованию цифрового двойника или цифровой магистрали. Они позволяют обмениваться информацией между различными системами и успешно решать задачи на всех этапах разработки. Благодаря наличию подобных решений и интегрированной архитектуры у заказчика появляется возможность автоматизации процессов и интерактивного управления исполнителями. Подход позволяет разработать упрощающие работу алгоритмы и встроить в них задачи верификации и контроля, чтобы всегда быть в курсе установленных требований – как функциональных, так и нормативных.

Новый инструмент Capital Load Analyser от Mentor Graphics выполняет анализ электрических нагрузок с целью ускорения процесса сертификации воздушных судов и снижает риски несоблюдения сроков сертификации и приемки проекта.

Николи добавляет: «Capital Load Analyser отвечает требованиям

военного стандарта MIL-E-7016F. Мы также разрабатываем средства Wire Derating Analyser и 3D Signal Separation Visualisation and Checking Analyser. Первая из названных систем также будет соответствовать требованиям военного стандарта MIL-W-5088L». Эти два новых продукта появятся позднее. Их цель – помочь разработчикам авиационно-космической техники в применении цифровых двойников изделий для проведения расчетов и учета летных характеристик.

При проведении нового расчета достаточно буквально нажать кнопку, чтобы обновить сразу множество отчетов и отправить их всем заинтересованным лицам

«Мы разрабатываем методику точной, автоматизированной и непрерывной верификации, – говорит Николи. – Если подобный анализ можно будет проводить одним нажатием кнопки, это сэкономит много времени и позволит выявлять влияние вносимых изменений на электрические нагрузки и управление электрической мощностью в режиме реального времени. Ждать окончания проектирования больше не придется. Контроль, анализ и виртуальная верификация выполняются параллельно с проектированием. Проблемы с резервированием или управлением нагрузкой будут выявляться не на этапе комплексирования систем, а на этапе разработки. Благодаря этому устраняются ошибки, потенциально способные принести миллиардные убытки».

Николи отмечает важность подготовки отчетной документации в авиационно-космической отрасли. В Федеральном авиационном управлении США (FAA) есть сотрудник, подписывающий документы о соответствии нормативным требованиям. Он несет личную ответственность, если утвержденный узел или система откажут. Поэтому изготовителю необходимо подтвердить, что управление электропитанием выполняется надлежащим и безопасным обра-

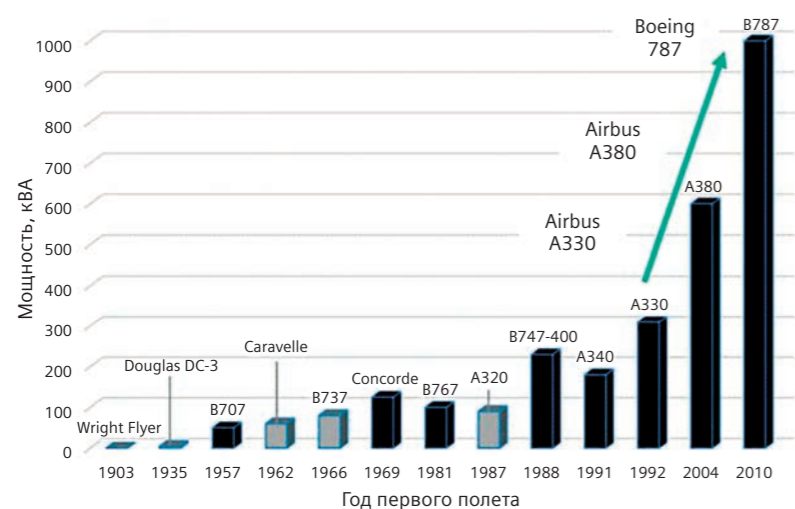
зом. «Такое подтверждение должно быть представлено в соответствующем формате, – отмечает Николи. – Авиационно-космические предприятия из разных стран используют различные форматы отчетов, по-разному представляют данные и выдвигают разные требования, а их сотрудники собирают информацию по различным методикам».

Количество отчетов растет. Это одна из причин, по которой контроль соответствия

нормативным требованиям оказывается столь длительным. Николи добавляет: «Мы добавили в Capital возможность создания библиотеки шаблонов отчетов и включения результатов расчетов непосредственно в текст отчета. Теперь при проведении нового расчета достаточно буквально нажать кнопку, обновить сразу множество отчетов и отправить их всем заинтересованным лицам».

Это лишь одна из функций решения Capital. Никто не любит заниматься подготовкой отчетов. «Заказчики хотят создавать инновационные изделия, а не отчеты о своей продукции. Поэтому данная функция – огромное преимущество, которое облегчает работу, снижает риски и сокращает сроки выполнения основных этапов сертификации, – отмечает в заключение Николи. – Мы применяем самые современные методики для решения задач, связанных с высокой сложностью летательных аппаратов. Стремимся к целям наших заказчиков – снизить риски, устранить перепроектирование и обеспечить соответствие бортового электрооборудования всем нормативным требованиям».

Статья впервые опубликована на сайте www.electronicsspecifier.com



Рост генерации электроэнергии на борту самолетов



Интегрируя данные, умножая результаты

Группа компаний Papras оптимизировала взаимодействие с поставщиками и повысила эффективность работы в едином информационном пространстве благодаря использованию Teamcenter

Итальянская группа компаний Papras ведет свою историю с 1951 года. Изначально предприятие специализировалось на проектировании и изготовлении пантографов, а также копировании, позже сосредоточилось на производстве фрезерных станков с ЧПУ. Группа компаний включает в себя Papras SpA и OMV SpA, которые работают в соответствии с едиными стандартами документации, применяя одни и те же материалы. Сегодня Papras входит в число мировых лидеров по фрезеровке и копированию больших форм, выпускает фрезерные и расточные станки для создания литейных и пресс-форм, механические узлы и крупные детали для авиационно-космической промышленности. В числе заказчиков компании – Airbus, Boeing, Ferrari, Fiat, GE, General Motors, Lockheed Martin, McLaren и Pratt & Whitney.

Papras отличает то, что компания производит станки исключительно по индивидуальному заказу. Из набора стандартных деталей и узлов инженеры создают уникальные изделия, отвечающие требованиям конкретных заказчиков. Случается, что в конструкцию станков приходится вносить радикальные изменения вследствие персональных пожеланий заказчиков.

Поэтапная модернизация
Десять лет назад Papras внедрила ERP-систему DIAPASON, обладавшую в том числе функциями планирования материальных ресурсов. Примерно в то же время произошел переход от 2D CAD-систем к трехмерному моделированию и внедрение системы управления данными об изделии (PDM). Рост бизнеса потребовал изменения подходов к управлению данными.

Предприятие решило обеспечить доступ к ним не только своим подразделениям, но и сторонним партнерам – поставщикам. С течением времени число деталей собственного изготовления в изделиях Papras снижалось, им на смену приходили детали, произведенные поставщиками. На сегодняшний день их доля составляет 70%. Оптимизация обмена информацией была призвана повысить эффективность работы с поставщиками в условиях тесной кооперации. При этом важно было обеспечить интеграцию PLM-системы с существующими ERP- и CAD-системами.

Руководство компании Papras рассмотрело ряд решений по управлению жизненным циклом изделия, оценивая их по критериям функциональности и производительности. Выбор был сделан в пользу Teamcenter® от Siemens



PLM Software. Именно эта система продемонстрировала максимальную надежность. Проект по внедрению стандартного пакета Teamcenter был реализован при поддержке специалистов компании Tech-Value, многолетнего партнера Siemens PLM Software. Процесс проходил без прерывания текущей работы предприятия, интеграция Teamcenter с другими системами была максимально комфортной. В результате проделанной подготовительной работы был выполнен поэтапный импорт данных, позволяющий сотрудникам осуществлять деятельность в штатном режиме. Итогом проекта стало создание внушительного хранилища важнейшей информации.

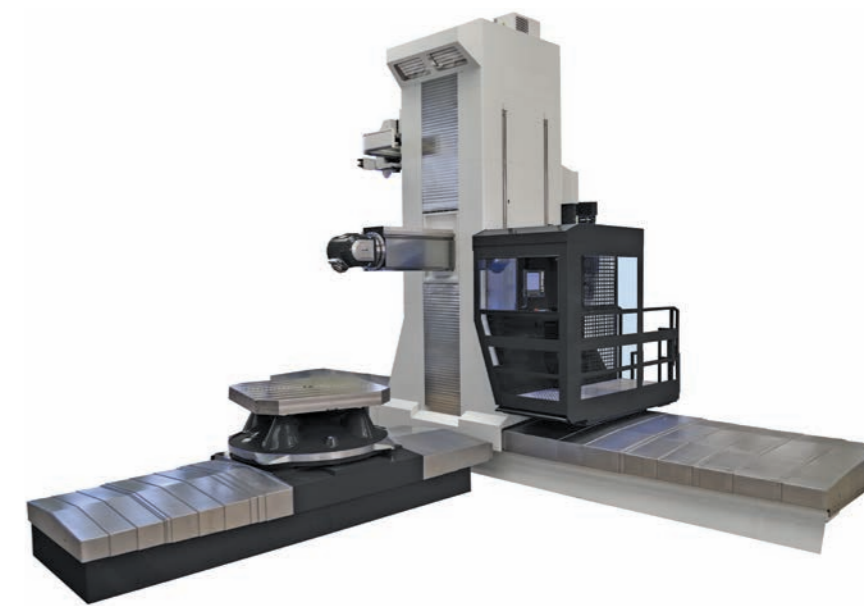
Секрет ускорения проектирования

Разработка изделия начинается с конструкторской спецификации, которая готовится в Teamcenter. Затем спецификация передается в ERP-систему, что позволяет сразу начать технологическую подготовку производства. Заказы выполняются в соответствии с полученными из Teamcenter спецификациями. Благодаря Teamcenter специалисты Papras максимально эффективно используют существующие ресурсы, а также ранее спроектированные детали и узлы. Расширенные функции поиска применяются не только

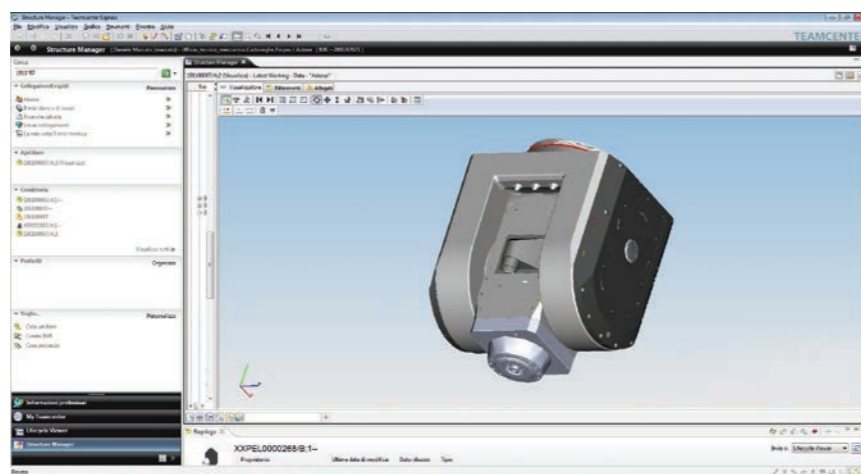
в отношении отдельных деталей, но и целых агрегатов, которые используются в станках при выполнении различных заказов. Еще одним преимуществом внедрения Teamcenter является заметное сокращение сроков исполнения заказов за счет отсутствия необходимости в доработках.

Широкие возможности кооперации и открытость решения Teamcenter позволили организовать обмен данными с системой DIAPASON. Teamcenter помогает управлять правами доступа в онлайн-клиенте, что упрощает работу

с поставщиками. В настоящее время около 15 поставщиков входят в систему Teamcenter с помощью web-интерфейса и загружают необходимые чертежи и технические характеристики изделий. Papras приобрела лицензии на 17 рабочих мест для конструкторских служб и право доступа к функциям визуализации для сотрудников отделов закупок и производства, а также склада и службы качества. Результатом серьезной проработки стало обеспечение прямого доступа авторизованным пользователям, которые могут просматривать и распечатывать документы.

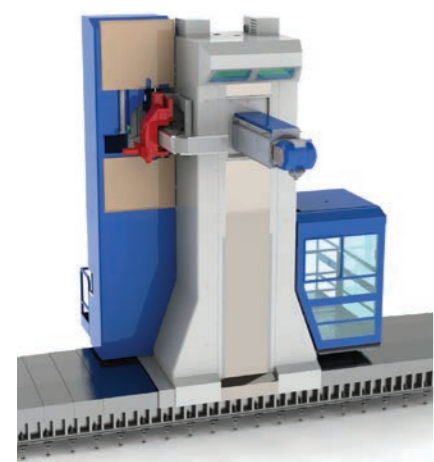


В Teamcenter импортированы все ранее созданные CAD-ресурсы и вся документация конструкторско-технологического отдела, в том числе характеристики комплектующих, техническая и закупочная документация, метрологические отчеты, технологические процессы механической обработки и сборки. Несмотря на то что этот массив информации представлен в различных форматах (файлы PDF, Word, Excel® и графические файлы), Teamcenter обеспечивает удобство работы с документами любого типа. Система позволяет всем участникам обмениваться информацией на протяжении всего процесса создания изделия.



«Следующим шагом станет прямая интеграция с нашими географически удаленными техническими службами. Мы уверены, что применение Teamcenter позволит еще больше повысить скорость и эффективность работы»

Даниэль Маркато, специалист отдела технических разработок и консультационных услуг, компания Paaras

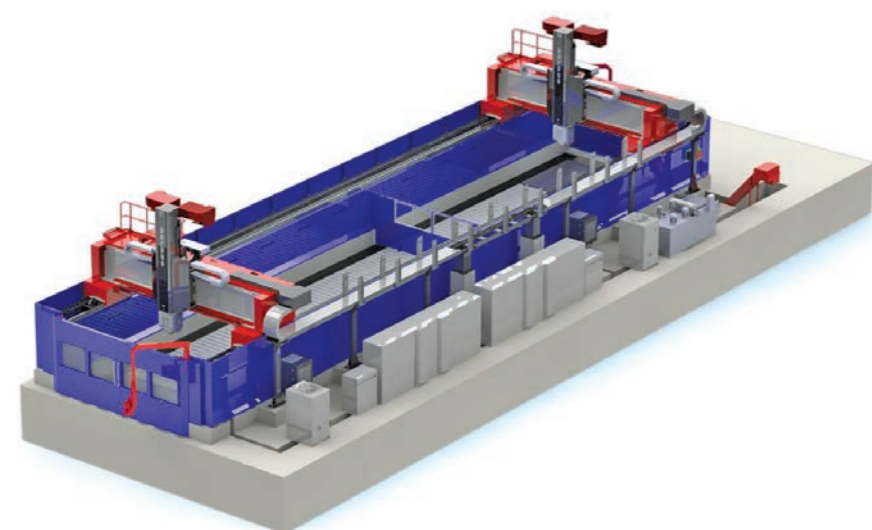


Эффективное управление конструкторскими спецификациями имеет особое значение, поскольку любая задержка, допущенная техническими службами на начальных этапах, влияет на последующие процессы. «Мы внедрили Teamcenter во всей организации, –

рассказывает Мишель Бакко, начальник конструкторско-технологического отдела группы компаний Paaras. – Когда сотрудники увидели, насколько просто и удобно обмениваться документами в этой системе, они захотели как можно быстрее внедрить ее на всех рабочих

местах. Мы высоко ценим возможность оперативного поиска и просмотра необходимой информации: с ее помощью можно принимать правильные решения и находить ответы на все возникающие вопросы.»

Дополнительными преимуществами Teamcenter являются надежность и отсутствие проблем при выходе обновлений и новых версий. В отличие от ранее применявшейся PDM-системы, Teamcenter значительно расширил сферу применения стандартных рабочих процессов. «Следующим шагом станет прямая интеграция с нашими географически удаленными техническими службами, – говорит Даниэль Маркато, специалист отдела технических разработок и консультационных услуг компании Paaras. – Мы уверены, что применение Teamcenter позволит еще больше повысить скорость и эффективность работы.»



SIEMENS
Ingenuity for life

Конференция «Как улучшить характеристики машин и оборудования с помощью цифровых технологий»
24 сентября, Москва

Как создавать качественные изделия, увеличить их производительность, топливную экономичность, энергетическую и операционную эффективность и долговечность? Как повысить добавленную ценность управления ЖЦИ в эксплуатации?

Получите ответы на эти и другие вопросы на конференции Siemens Digital Industries Software.

Регистрация – info.ru.plm@siemens.com