



SIEMENS
Ingenuity for life

Siemens Digital Industries Software

Проектирование ЛА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Выбор нового подхода к проектированию
воздушных судов

Краткий обзор

Чтобы предотвратить рост объема выбросов диоксида углерода (CO₂), который ожидается из-за увеличения пассажирооборота, нужно трансформировать авиастроение. Одна из важнейших задач сегодня — это электрификация двигательных установок. Однако необходимая для этого удельная мощность будет вызывать тепловые проблемы и проблемы интеграции электрических систем, а также усиливать взаимодействие различных физических свойств. Для преодоления этих сложностей специалистам по интеграции самолетов необходимо будет сменить зачастую разрозненные процессы со статичных, основанных на документах, на динамические, модельно-ориентированные принципы проектирования. Портфель решений Simcenter™ содержит полный набор масштабируемых инструментов для совместной работы в области динамического, модельно-ориентированного анализа характеристик на всех этапах проекта: от концептуального проектирования до сертификации. И все это на единой платформе и с возможностью прослеживания. Это обеспечит последовательную и точную верификацию и валидацию на протяжении всего цикла проектирования.

Содержание

Введение	3
Авиация и современное общество	3
Авиация: краеугольный камень глобализации	3
Экологические проблемы	3
Расход топлива и эксплуатационные расходы	4
Эксплуатация аэропортов	5
Безопасность полетов	5
Электрификация будущих самолетов	6
Технологические вызовы в области проектирования	6
Вызовы, связанные с процессом разработки	7
Новый подход к проектированию воздушных судов.....	10
Устранение разрозненности с помощью модельно-ориентированной системной инженерии	11
Использование готовых авиационных моделей	11
Простое масштабирование моделей в соответствии с требованиями к проектированию	12
Углубленный охват широкого спектра областей применения	13
Получение максимальной пользы от моделей симуляции	13
Объединение численного моделирования и испытаний	13
Заключение	14
Ссылки	14

Введение

Влияние ископаемого топлива на окружающую среду определяет повестку во всех секторах транспортной отрасли, что делает электрификацию одной из сфер повышенного внимания. Для проектирования электрифицированных самолетов потребуются инновационные технологии и новые процессы разработки. В этой статье описываются конкретные проблемы и рассматривается, каким образом модельно-ориентированный подход к проектированию может помочь авиастроительным предприятиям и их поставщикам использовать комплексный цифровой двойник

для проектирования изделий с заданными характеристиками. Данная методология упрощает верификацию и валидацию за счет использования реалистичной симуляции для более эффективного решения сложных задач путем устранения разобщенности между работой специалистов из разных предметных областей, что приводит к сокращению сроков разработки и снижению рисков. Вместе с цифровой нитью такой подход помогает успешно реализовать программы.

Авиация и современное общество

Авиация: краеугольный камень глобализации

Предсказать, какие именно изменения станут знаковыми для конкретной эпохи, всегда непросто. Можно утверждать, что в последние 50 лет одной из важнейших тенденций была глобализация. Сегодня большинство людей, сообществ и компаний во всем мире как никогда тесно связаны между собой. Это обусловлено достижениями во многих областях. Например, множество стран пожинает плоды как внутренней стабильности, так и стабильности во внешних связях, что способствует повышению уровня образования и благосостояния населения. Мы стали свидетелями появления революционных разработок в области коммуникационных технологий, многие из которых уходят корнями в достижения авиационной и космической промышленности или связаны с ними.

Но несомненно, что одной из важнейших движущих сил глобализации стало появление у большего числа людей, живущих в разных частях света, возможности встречаться лично. Авиаперелеты позволили людям (и товарам) попадать из любой точки земного шара практически на любой континент. Еще около 50 лет назад авиаперелеты были доступны только крупным международным корпорациям и весьма ограниченному числу людей. Сегодня же отрасли авиастроения и авиаперевозок играют важнейшую роль в личных и деловых связях.

Между тем, объем пассажирских перевозок продолжает неуклонно расти, будь то деловые поездки или отдых. Как отмечается в «Глобальном рыночном прогнозе» от компании Airbus¹ и «Оценке перспектив коммерческого рынка» от Boeing², ожидается, что в период с 2017 по 2032 год число авиапассажиров удвоится. Рост может замедлиться из-за пандемии Covid-19, но, скорее всего, этот спад станет лишь временным в десятилетней перспективе. Одной из причин увеличения числа перелетов является существенный рост доходов населения в Азии.

Авиаперелеты стали краеугольным камнем глобализации, которая происходила на протяжении последних 50 лет, и они продолжают играть эту роль и в будущем.

Экологические проблемы

В то же время авиационная отрасль становится объектом критики. Глобализация и, как следствие, индустриализация, движущей силой развития которых в значительной степени является ископаемое топливо, оказали огромное влияние на нашу планету. Мы пришли к научному консенсусу о том, что при отсутствии срочных мер ущерб для экологии станет непоправимым. Проблема глобального потепления привела к заключению международных соглашений по вызванному деятельностью человека выбросам CO₂, в результате чего были приняты законы, затрагивающие все секторы транспортной

отрасли. В совокупности на эту индустрию приходится около 15 % всех выбросов парниковых газов в мире.³ И хотя доля авиации в этом отношении относительно невелика (около 2 % от общего объема или 12 % от объема выбросов транспортной отрасли)⁴, в этом контексте ее все равно воспринимают негативно.

Участники авиационного рынка осознают отрицательное влияние отрасли на окружающую среду и необходимость срочно улучшать ее имидж с помощью новых технологий, которые сделают воздушные перевозки более экологичными и соответствующими концепции устойчивого развития. На рис. 1 Международная ассоциация воздушного транспорта (ИАТА) демонстрирует прогноз по изменению объема выбросов CO₂, производимых авиационной отраслью, на период с 2010 по 2050 год при ожидаемом росте пассажиропотока. В случае отсутствия целенаправленных мер выбросы CO₂ удвоятся. Поэтому очевидно, что производители самолетов и силовых установок постоянно находятся в поиске решений. Помимо постоянного стремления к снижению веса, им следует продолжать совершенствовать существующие авиационные двигатели или оптимизировать операционную деятельность и инфраструктуру. Однако небольшие изменения существующих технологий не позволят добиться сокращения выбросов. Для достижения цели по их сокращению на 50 % к 2050 году потребуются принципиально новые разработки. Помимо биотоплива и водородного топлива, высокий потенциал имеют альтернативные конфигурации планеров, а также новые материалы и элементы конструкции, такие как крыло

изменяемой формы, электрические и гибридные двигательные установки.

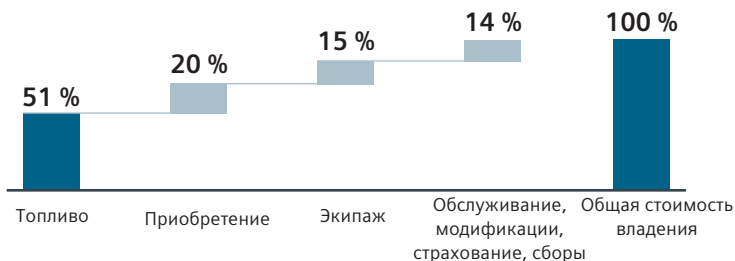


Рис. 2. Общая стоимость владения типичным узкофюзеляжным коммерческим самолетом.⁵

Расход топлива и эксплуатационные расходы

Помимо экологических проблем, важно отметить, что для компаний из авиационной отрасли существует дополнительный стимул повышать энергоэффективность и снижать зависимость от ископаемого топлива, особенно для коммерческих самолетов. На рис. 2 показана общая стоимость владения типичным самолетом Boeing модели 737-800. Более 50 % расходов напрямую связано с топливом. Для тех, кто эксплуатирует воздушные суда, это колоссальная финансовая нагрузка и даже риск, поскольку цены на ископаемое топливо часто колеблются по ряду причин, включая геополитическую ситуацию. Любые улучшения в этой области окажут положительное влияние на финансовый аспект авиаперевозок. Поэтому электрификация открывает интересные перспективы для развития. ИАТА отмечает,

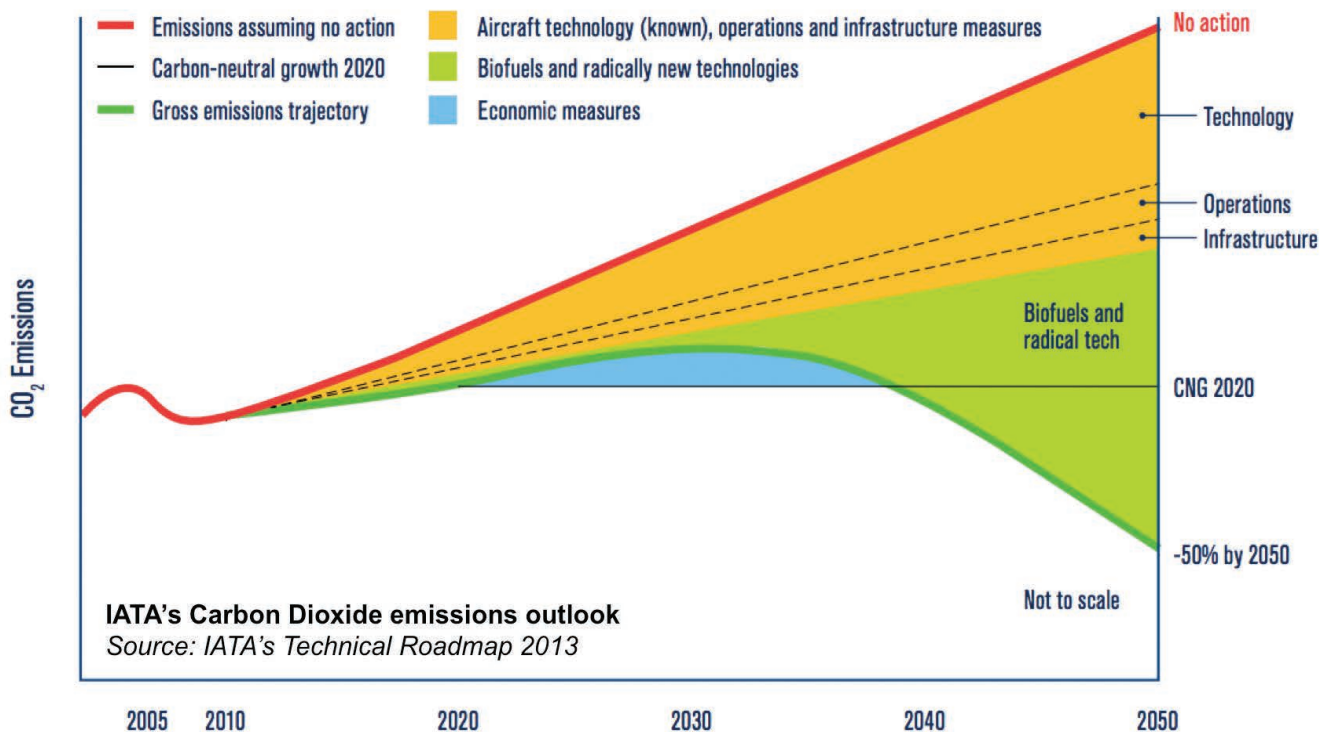


Рис. 1. Эволюция выбросов CO₂ с учетом развития технологий.⁵

что гибридная технология способна снизить потребление ископаемого топлива на 10-40 % к 2030 году для небольших самолетов (от 15 до 20 пассажиров) и на целых 40-80 % для самолетов среднего размера (от 50 до 100 пассажиров) к 2045 году. И это лишь промежуточный шаг на пути к полной электрификации.

Эксплуатация аэропортов

Помимо расхода топлива и выбросов, воздействие авиации на окружающую среду проявляется в виде шума и снижения качества воздуха на локальном уровне. Например, из-за шума вводятся разнообразные местные правила работы аэропортов по вечерам и ранним утром. При расширении существующих или планировании строительства новых аэропортов это часто является одним из главных препятствий. Для достижения устойчивого роста, а также комфорта людей, проживающих вблизи аэропортов, авиационная промышленность должна учитывать этот аспект. При внедрении принципиально новых технологий, независимо от того, сопровождаются ли они необходимыми инфраструктурными изменениями или нет, производители и операторы должны сотрудничать с целью снижения шумового загрязнения окружающей среды до приемлемого уровня.

Здесь электрификация также может обеспечить преимущества. Электрические приводы способны снизить скорость вращения воздушных винтов и вентиляторов, сохраняя при этом мощность. Кроме того, они могут сделать возможным применение распределенных двигательных установок. Это позволит инженерам экспериментировать с

архитектурой воздушных судов и проектировать вентиляторы, закрытые конструкцией самолета, во избежание прямого распространения шума в окружающей среде.

Безопасность полетов

Наконец, говоря об авиации, нельзя забывать о безопасности, которая по-прежнему является определяющим критерием для проектирования в этой отрасли. Конечно, безопасность полетов растет. Но если количество аварий пока не удастся свести к нулю⁷, нужно хотя бы максимально его уменьшить. Даже самый незначительный инцидент может вызвать имиджевые проблемы, которые повлияют на всю отрасль, особенно сегодня, когда новости распространяются по всему миру со скоростью света. Кроме того, с увеличением количества функций, выполняемых без участия человека, недоверие к самолетам растет. Это несколько противоречит логике, так как в целом функционирование современных автоматизированных систем гораздо надежнее любых операций, совершаемых человеком. Но кажется, что непонимание принципов работы этих систем снижает нашу толерантность к их ошибкам.

Тем не менее, автоматизированные системы по-прежнему создаются человеком и не застрахованы от сбоев. Кроме того, они еще больше усложняют сами самолеты и их разработку. В частности, электрификация воздушных судов приведет к появлению огромного числа новых систем, зачастую сочетающих в себе различные технологии. Это, несомненно, обострит проблему интеграции, а также совместной работы сотрудников в международных организациях.

Электрификация будущих самолетов

Согласно «Дорожной карте авиационных технологий» ИАТА, отражающей ситуацию до 2050 года, в настоящее время мы находимся на стадии эволюционных изменений классической концепции ЛА tube-and-wing, а новая волна инноваций ожидается к 2035 году (при благоприятных экономических условиях). Сегодня мы наблюдаем первые шаги в электрификации воздушных судов, наряду с внедрением инновационных элементов конструкции и материалов. Но предстоит еще сделать многое, прежде чем можно будет говорить о реальной трансформации отрасли.

Несмотря на то что электрические двигательные установки перспективны и постепенно займут свое место на рынке, они до сих пор применялись лишь в маленьких самолетах гражданского назначения. Конечно, существует проблема, связанная с тем, что современные электродвигатели слишком тяжелы для масштабного применения на воздушных судах, а также с тем, что плотность энергии в аккумуляторах гораздо меньше по сравнению с традиционным двигателем. Далее мы остановимся еще на нескольких конкретных проблемах.

Серьезные перемены, бесспорно, происходят. Например, формируется новый сегмент рынка, называемый городской воздушной мобильностью (ГВМ). Электрические двигательные установки позволяют разрабатывать новые концепции летательных аппаратов, способных перемещаться над районами с интенсивным движением. Развитие этого сегмента рынка ускоряется за счет бурного роста производства дронов. Очень скоро эти разработки будут усовершенствованы и позволят перевозить людей. Их присутствие на рынке может помочь некоторым поставщикам развиваться и ускорит появление нужных технологий.

Технологические вызовы в области проектирования

Интеграция высокомогущных электрических систем

Интеграция в самолеты электрических систем средней и высокой мощности является относительно новой задачей для отрасли. Действительно, в некоторых современных самолетах, например Boeing 787, электрификация уже в определенной степени реализована. Но это всего лишь узкие сферы применения, например, электрические системы привода, заменяющие классические гидравлические аналоги, или насосы с электроприводом, подающие воздух в систему кондиционирования, вместо системы отбора воздуха реактивного двигателя. Тем не менее, такие сферы применения постепенно определили стандарт для установленной электрической мощности на борту в 1 или 2 мегаватта (МВт) для широкофюзеляжных самолетов большой дальности полета.

Для внедрения электрических двигателей потребуется значительное увеличение масштабов. На рис. 3 показана необходимая мощность для отрыва различных категорий самолетов от земли. Относительно простой городской ЛА, перевозящий от четырех до шести человек, с вертикальным взлетом и посадкой, потребует такой же мощности, что и широкофюзеляжное воздушное судно с большой дальностью полета, в то время как для пассажирского самолета с небольшой дальностью полета уже необходима мощность в 10-100 раз больше. Это имеет множество последствий. Новые технологии и решения должны будут повысить напряжение и ток до уровней, которые еще никогда не реализовывались на воздушных судах. Например, для этого потребуются новые электрожгуты.

Категория самолета	Изображение самолета	Мощность (МВт)	Мощность (кВт)
ЛА с небольшой дальностью полета	A320	150-250	< 50 МВт
Региональные самолеты	BAe146, ATR42	< 150	< 20 МВт
Аэротакси и бизнес-самолеты	Do228	< 19	< 2 МВт
Городские воздушные транспортные средства (VTOL)	CityAirbus	1-4	< 1 МВт
Небольшие пропеллерные самолеты	Extra 330 LE	1-4	50-300 кВт

Рис. 3. Необходимая электрическая мощность по типам самолетов.

Удельная мощность

В конструкции самолета роль играет каждый килограмм. Современные промышленные электродвигатели, как правило, обеспечивают удельную мощность около 1 киловатта на килограмм (кВт/кг). Этого просто недостаточно. Для успешного внедрения электрических двигательных установок это значение должно быть увеличено как минимум до 10-15 кВт/кг. Помимо двигателя, то же самое относится и к подсистемам, таким как инверторы.



Снижение веса будет иметь решающее значение. Хорошая новость состоит в том, что современные электродвигатели и инверторы можно облегчить. Однако эту задачу будет сложно реализовать в отрыве от других аспектов, таких как тепловой режим. В современных промышленных двигателях электромагнитные, электрические, прочностные и тепловые характеристики связаны друг с другом. Это скажется и при снижении массы.

Например, снижение количества конструктивных элементов уменьшит вес двигателя, но повлияет на его теплоемкость, то есть двигатель будет нагреваться быстрее. Это может привести к тепловым деформациям в электромагнитной системе, что, в свою очередь, повлияет на КПД двигателя. Или это может заставить установить более строгие требования к отводу тепла во избежание размагничивания постоянных магнитов.

Таким образом, более высокая удельная мощность всегда ведет к более тесному взаимодействию между задействованными физическими явлениями и областями проектирования.

Управление тепловым состоянием

Электрические системы требуют совершенно иного подхода к отводу тепла в сравнении с традиционными энергетическими системами. В современных ЛА теплообмен между системами происходит в квазистатическом режиме, что позволяет использовать подход на основе максимальной тепловой нагрузки. В самолетах будущего теплообмен станет намного более сложным и динамичным, а его значения могут быть в 5-10 раз выше сегодняшних. Большинство современных подходов к разработке ведут к созданию систем слишком большого размера и слишком тяжелых ЛА.

Таким образом, проектирование новейших систем управления тепловым состоянием должно быть более эффективным. Оно должно быть комплексным и включать в себя все компоненты, которые могут играть роль источника или поглотителя тепла, например, двигательные установки, системы кондиционирования воздуха, силовые установки, топливо и даже конструкцию воздушного судна. Для этого требуется системный подход к проектированию, позволяющий отойти от существующего способа управления тепловым состоянием и определить архитектуру системы управления тепловым состоянием от начала цикла разработки до выпуска готового самолета.

Вызовы, связанные с разработкой

Как уже отмечалось, электрификация усилит взаимодействие между различными физическими явлениями и усложнит разработку самолетов. Также в этом сыграет свою роль применение новых технологий, таких как автоматизация систем, встраиваемое программное обеспечение и многое другое.

Сегодня программы строительства самолетов редко реализуются в срок и в рамках бюджета именно из-за технических и организационных проблем. Таким образом, для того чтобы разработка, сертификация и производство оставались финансово доступными и предсказуемыми, нужно изменить существующие процессы разработки.

Далее мы рассмотрим, каким образом слабые стороны типичных процессов разработки самолетов могут затруднять или замедлять внедрение инновационных технологий.

Плохая организация совместной работы в компаниях приводит к возникновению «слепых зон» в проектировании изделий и анализе их характеристик

Главной проблемой при разработке современных самолетов являются масштаб и сложность, из-за которых в реализацию программ вовлечено множество партнеров по всему миру. Разделение труда в основном происходит так, как если бы воздушное судно представляло собой сборку отдельных систем, которые могут быть интегрированы на более позднем этапе. Очевидно, что вовлеченные в программу стороны постоянно обмениваются информацией, но часто этот обмен основан на неактуальных цифровых данных, передаваемых в форме нерелевантных в масштабе всей организации документов. Наглядным примером могут служить бюджеты на проектирование системы охлаждения, формируемые отделами проектирования электросистем и систем кондиционирования, которые обычно представляют собой голые цифры.

Такой хаотичный подход никогда не сможет отразить динамику физического взаимодействия между системами. Следовательно, каждый отдел должен будет обеспечить определенный запас прочности для устранения неопределенности во взаимодействии систем, что приведет к чрезмерному утяжелению всего самолета. Наконец, это вызовет ухудшение летно-технических характеристик собранных самолетов, увеличение расходов на тестирования интеграции и сертификацию, изменение области эксплуатационных режимов и, в худшем случае, невозможность выполнить поставленные задачи. Ниже мы демонстрируем это на двух примерах.

Управление тепловым состоянием

Одним из наиболее ярких случаев, иллюстрирующих эту проблему, является верификация тепловых процессов в современных условиях. Очевидно, что инженеры по тепловым процессам во всех основных подразделениях проводят огромную работу с помощью различных инструментов и методов, таких как анализ методом конечных элементов (FEA) и гидрогазодинамический анализ. Но чаще всего только летные испытания показывают, нагревается ли конструкция, система или подсистема. Обмен данными между подразделениями обычно происходит с помощью

PDF-документов (см. рис. 4), что исключает возможность учета энергетического взаимодействия систем.

Такая «слепая зона» может оказаться большой проблемой для всей программы разработки ЛА. Это может создать необходимость проектирования с нуля для устранения проблем на последующих этапах, а в худшем случае потребует создания нового вида испытательного стенда отработки систем и механизмов самолета — термического. Все это может стать причиной серьезных сбоев в программе, дополнительных затрат и неэффективной реализации.

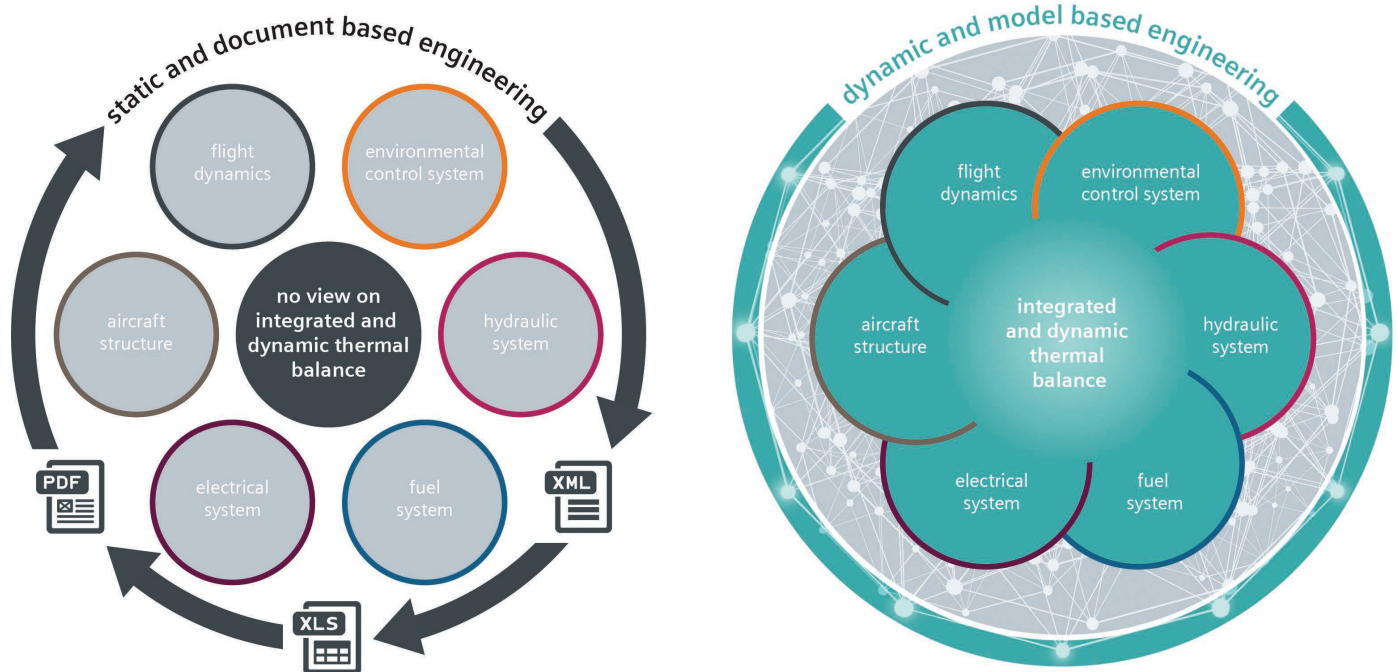


Рис. 4. Разрозненный подход никогда не сможет отразить взаимодействие между системами. Динамичный и основанный на модели подход к анализу характеристик позволяет получить комплексное представление о характеристиках.

Интеграция электрических систем

Второй пример связан с проектированием различных составляющих электрической системы, которая, как уже упоминалось, требует все больше мощности, напряжения и тока. Сегодня проектирование электрических систем и (механических) электрожгутов, анализ характеристик и тестирования интеграции электрических систем, такие как испытания на электромагнитные помехи/электромагнитную совместимость (EMI/EMC), проводятся разрозненно. Руководители программ, как правило, считают это серьезным риском. Им известна точка начала, но неизвестна точка окончания.

Действительно, сертификация EMI/EMC обычно требует больших затрат и проводится методом проб и ошибок. Если определенная конструкция, уже реализованная в прототипе, не соответствует стандартам EMI/EMC, ветви жгута обычно перенаправляются. Это требует изменений в электрической системе, а затем и в механической. Нередко этот процесс становится бесконечным (см. рис. 5).

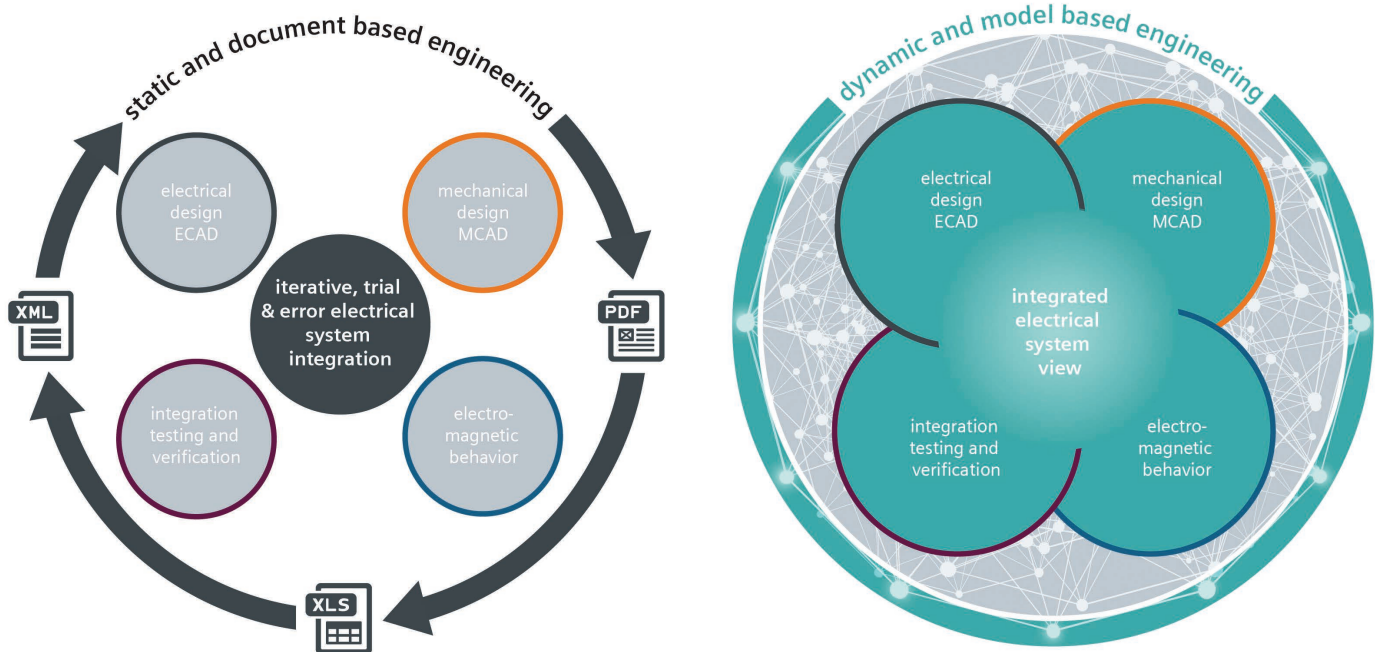


Рис. 5. Сегодня проектирование электрических систем и электрожгутов, анализ характеристик и тестирования интеграции электрических систем проводятся разрозненно. Нередко этот процесс становится бесконечным. Динамичный и основанный на модели подход к анализу характеристик позволяет получить комплексное представление о характеристиках.

Новый подход к проектированию воздушных судов

Подобные описанным выше затруднения, связанные с технологиями и процессами, влияют на разработку, а тем более на электрификацию. С ними можно справиться только путем дигитализации на разных уровнях.

- С точки зрения технологий, для достижения рекордной удельной мощности, экспериментов с новыми конфигурациями и архитектурой самолетов, а также способности успешно решать любые проблемы, связанные с управлением тепловым состоянием, потребуются методики с возможностью прогнозирования. С точки зрения процесса, необходима платформа, объединяющая различные дисциплины и физические явления, и в то же время отслеживающая процессы разработки, принимаемые решения и предпринимаемые действия по верификации. Этим требованиям соответствуют комплексный цифровой двойник и цифровая нить (см. рис. 6). В данном разделе мы рассмотрим, как использовать Xcelerator (комплексный и интегрированный портфель программного обеспечения и сервисов Siemens Digital Industries Software) для развертывания необходимой инфраструктуры и решений.

Решения для создания цифрового двойника и цифровой нити из портфеля Siemens в течение многих лет успешно применялись для повышения эффективности аэрокосмических

программ. Являясь одним из лидеров отрасли с упором на инновации, Siemens стремится разрабатывать решения, которые позволят предприятиям всего транспортного сектора, включая авиастроительные, сделать следующие шаги в направлении дигитализации. Компания достигла этого благодаря значительным инвестициям в исследования и разработки (R&D), а также стратегическому партнерству и приобретению предприятий, являющихся первопроходцами в сфере технологий, знания которых равноценны десятилетиям инженерно-технического опыта в этом секторе.

Важная часть технологий Siemens включена в портфель программно-аппаратных решений Simcenter — комплексную платформу, которая сочетает инструменты для численного моделирования с инструментами для проведения испытаний, чтобы заказчики могли разрабатывать изделия с нужными характеристиками. Simcenter позволяет моделировать, анализировать, извлекать полезную информацию и оптимизировать все элементы конструкции будущего самолета. Это включает конструктивное усовершенствование, анализ теплопередачи, разработку систем, управление тепловым состоянием, обеспечение комфорта в салоне, электромагнетизм, а также интеграцию, верификацию, сертификационные испытания и многое другое. Решения,

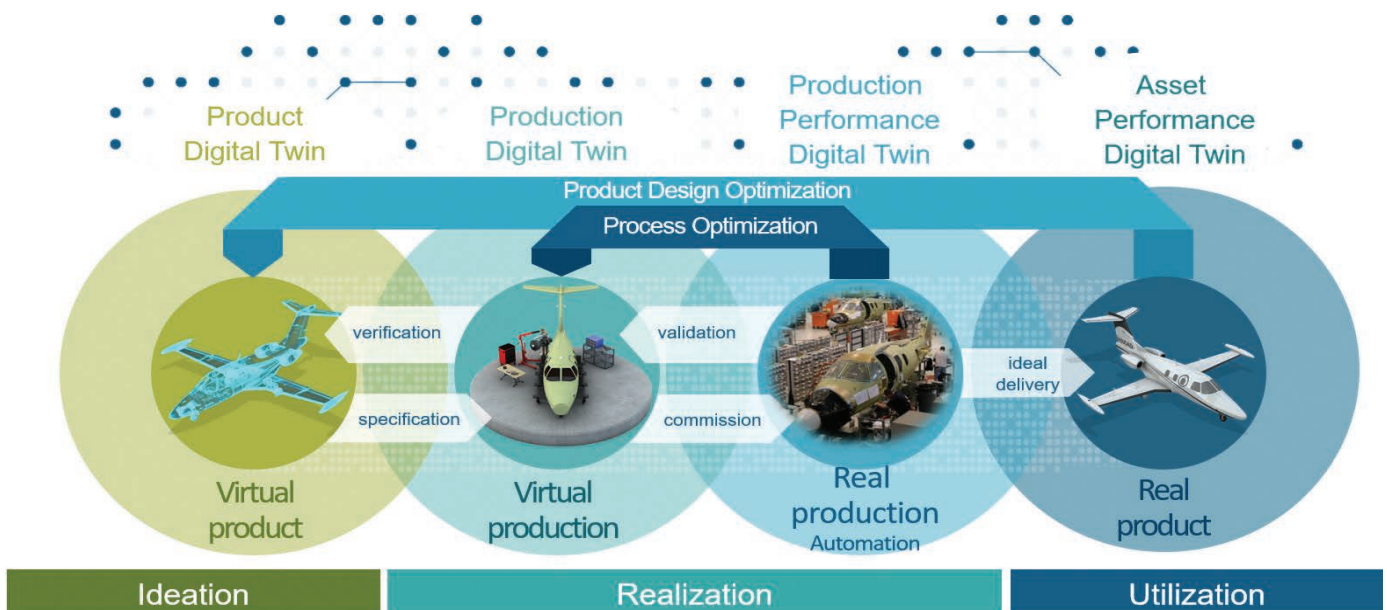


Рис. 6. Цифровой двойник и цифровая нить Siemens.

интегрированные в среду Simcenter, позволяют применять масштабируемый подход к моделированию, начиная с уровня отдельных компонентов и заканчивая собранным самолетом для создания представлений с самым разным уровнем точности. Таким образом, Simcenter может поддерживать все этапы разработки: от создания концепции, анализа баланса характеристик и подробного проектирования до верификации с охватом всех задействованных физических свойств и дисциплин и полной поддержкой цифровых двойников/цифровых нитей.

На рис. 7 показано, в каких областях активно применяются решения Simcenter. Далее мы подробно рассмотрим их роль в проектировании самолетов с желаемыми характеристиками.

Устранение разрозненности с помощью модельно-ориентированной системной инженерии

Как было продемонстрировано ранее на примерах управления тепловым состоянием и интеграции электрических систем, разрозненный подход может серьезно повлиять на успех всей программы и даже поставить ее под угрозу. Чем быстрее удастся проанализировать динамические характеристики интегрированного самолета, тем лучше, особенно если учесть дополнительную сложность, связанную с электрификацией и другими новыми технологиями. В рамках текущих процессов разработки проблемы интеграции выявляются с опозданием, особенно часто это происходит на этапе летных испытаний. Чтобы держать затраты на разработку будущих самолетов под контролем, это нужно изменить. Требуется сформировать комплексное представление о воздушном судне, начиная с этапа разработки концепции.

Для этого все подразделения должны вносить свой вклад в динамические модели и тесно сотрудничать друг с другом, чтобы согласовывать создание моделей, их взаимодействие с другими системами или элементами. При этом задействуется множество субмоделей, а также разнообразные физические и математические характеристики, поэтому крайне важно иметь правильные инструменты и методы. Именно для этой цели компания Siemens предлагает стратегию виртуального интегрированного ЛА и виртуального стенда отработки систем и механизмов самолета, реализуемую с помощью Simcenter. Далее мы рассмотрим характер и объем применения этой стратегии.

Использование готовых авиационных моделей

Само по себе создание виртуального интегрированного ЛА является очень трудоемким. Очевидно, что время, которое можно потратить на анализ, более ценно, чем время, потраченное на программирование физических моделей отдельных бортовых систем. При настройке симуляций конструкторы слишком часто «изобретают велосипед», в то время как можно просто начать с существующих представлений и внести в них небольшие коррективы. В Simcenter авиаинженерам доступны библиотеки стандартных бортовых систем. Крупные интеграторы, поставщики и академические партнеры проверили и утвердили их. Сопровождаемые документами модели существуют для таких компонентов, как электрическая система, пневматическая система, гидравлическая система, система управления полетом, шасси. Они легко применимы в новых конфигурациях самолетов, таких как гибридные двигательные установки.

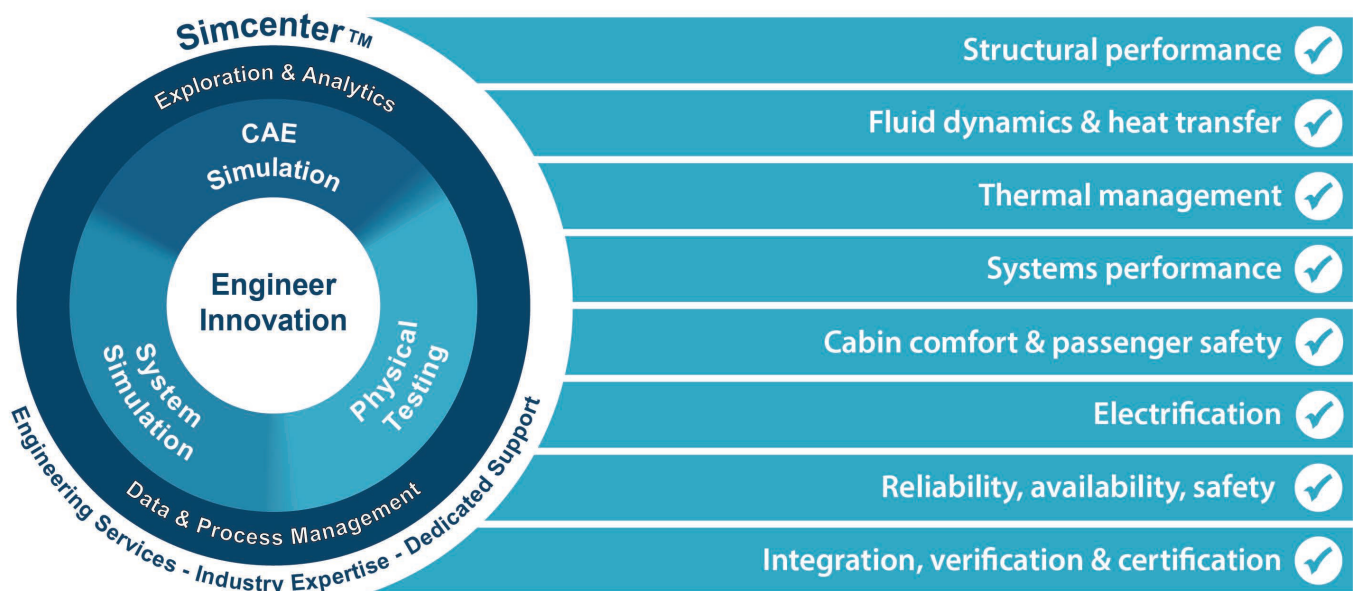


Рис. 7. Решения Simcenter для проектирования самолетов с заданными характеристиками.

Наличие таких библиотек позволяет инженерам сосредоточиться на проектировании изделий вместо программирования физических моделей. Это дает возможность наращивать объем и качество исследований компромиссных решений и получать более точное представление об оптимальной структуре и системной архитектуре. Нельзя недооценивать важность этих задач всей программы. Получение большего объема точных аналитических данных на раннем этапе позволяет принимать более грамотные решения, что значительно снижает риски в рамках программы и уменьшает количество повторно выполняемых задач в ходе ее реализации. Важно добавить, что Simcenter является открытой платформой, в которую можно без проблем включать данные из других стандартных отраслевых инструментов. Это дает возможность объединять компоненты в стандартные библиотеки с собственными моделями.

Простое масштабирование моделей в соответствии с требованиями к проектированию

Виртуальный интегрированный самолет не является единой, всеобъемлющей моделью, а представляет собой набор моделей компонентов, данных и параметров, которые поступают в различных формах и постоянно меняются на протяжении всего цикла разработки. Эффективная платформа для создания виртуального интегрированного ЛА позволяет конструкторам выбирать и комбинировать подсистемы в форме или масштабе, лучше всего подходящих для конкретной области применения.

Simcenter предоставляет широкий спектр совместимых решений, что во многих аспектах делает этот инструмент масштабируемой платформой для создания виртуального интегрированного ЛА.

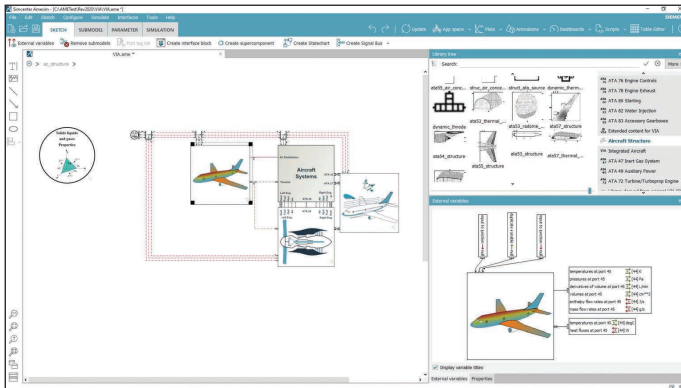


Рис. 8. Все подразделения должны вносить свой вклад в динамические модели и тесно сотрудничать друг с другом, чтобы согласовывать создание моделей, их содержание и взаимодействие с соседними системами или элементами из других областей проектирования. Именно для этой цели компания Siemens предлагает стратегию виртуального интегрированного ЛА и виртуального стенда отработки систем и механизмов самолета, реализуемую с помощью Simcenter.

От обобщенных моделей к детальной разработке

В ходе начального анализа компромиссных решений конструкторы часто пропускают детальные параметры проектирования и вынуждены использовать обобщенные модели для принятия первоначальных решений. Когда становится доступно больше данных о физических свойствах, эти решения могут быть доработаны с помощью углубленной симуляции.

Но и на этих более поздних этапах область применения играет важную роль в выборе модели. Для точности расчетов детализация модели должна быть сбалансированной — это позволит избежать чрезмерно длительных вычислений. Требования в этом отношении могут зависеть от области применения. Таким образом, важно иметь инструменты, способные легко привести уровень детализации в соответствие с требованиями проектирования при последовательном использовании одной и той же базовой модели. С этой точки зрения, Simcenter обладает достаточной гибкостью.

От отдельных компонентов к интегрированному самолету

Функции и библиотеки симуляции необходимы для моделирования подсистем самолета и их компонентов по отдельности, а также в составе интегрированного самолета. Для этого могут потребоваться компоненты и параметры в различных формах или с различными уровнями абстракции. Например, важно понимать аспекты физического поведения сервоклапана тормозной системы ЛА. Однако не менее важно использовать его модель и интегрировать ее на один уровень выше в тормозную систему, а затем еще на один уровень выше — в шасси. В конце концов, цель состоит в изучении роли сервоклапана в успехе прерванного взлета на уровне всего самолета.

Благодаря Simcenter конструкторам доступны знания об областях применения, а также отраслевая экспертиза, что позволяет им выбирать подходящее представление модели для каждой области применения.

От концептуального проектирования к этапу верификации

Применение симуляции не ограничивается разработкой самолета. Доказано, что когда целостность данных обеспечивается вплоть до этапа верификации, симуляция также может снизить затраты на сертификацию. Это относится как к сертификации конструкций и систем, так и к стратегиям управления и сценариям верификации, таким как model-in-the-loop (MiL), software-in-the-loop (SiL), hardware-in-the-loop (HiL) and pilot-in-the-loop. При применении в этом контексте как детализированные, так и более обобщенные физические модели должны быть адаптированы к испытаниям. Очень часто модели приходится упрощать, чтобы они могли работать в режиме реального времени для обеспечения непрерывного потока данных.

Являясь платформой с функциями как симуляции, так и проведения испытаний, Simcenter включает множество технологий и методов, которые позволяют конструкторам использовать модели на этапе верификации. Очевидно, что здесь имеет огромное значение, чтобы эти модели были ровно в той конфигурации, которая подлежит сертификации. В связи с этим Simcenter также поддерживает процесс верификации, включая методы ускорения сравнения наборов данных в управляемой среде, в которой прослеживаемость гарантируется за счет цифровой нити.

Углубленный охват широкого спектра областей применения

Как уже упоминалось в предыдущих разделах, технологические проблемы при разработке самолетов по таким аспектам, как плотность мощности и управление тепловым состоянием, не останутся незамеченными. Чтобы быть успешным партнером в области внедрения инноваций, невозможно выступать экспертом во всех дисциплинах. Напротив, особенно когда речь идет об устранении разрозненности и комплексных решениях, очень важно, чтобы для каждой отдельной дисциплины были доступны самые современные решения.

Для этого Siemens инвестирует в технологические компании, обладающие всеми необходимыми возможностями для предварительной и постобработки, а также надежными и высокопроизводительными решателями для широкого спектра областей применения, и объединяет их в платформе Simcenter.

Получение максимальной пользы от моделей симуляции

Точная настройка моделей симуляции требует огромных усилий. Поэтому, как только появляются новые модели, целесообразно максимально использовать их. Нередко модели используются только для улучшения и валидации конкретных, предварительно выбранных вариантов конструкций, а не в качестве инструмента принятия решений.

Однако благодаря современным технологиям конструкторы могут легко привязывать анализ характеристик, основанный на симуляции, к проектированию, что обеспечивает тщательное исследование области проектных решений. При включении в такой процесс новых опций генеративного дизайна, таких как оптимизация топологии или методы выбора архитектуры или интегрированной системы, можно получить огромные преимущества с точки зрения концептуального проектирования, предварительного и подробного определения размеров и т. д.

Simcenter включает в себя инструменты для исследования области проектных решений и предоставляет платформу, в которой методики симуляции можно объединять с возможностями проектирования, чтобы организовать наиболее эффективный и высокопроизводительный процесс проектирования.

Объединение численного моделирования и испытаний

Наконец, электрификация, а также внедрение инноваций, затрагивающих программное обеспечение и электронику, значительно увеличит количество параметров и,

следовательно, повысит сложность самолета, который необходимо будет оптимизировать, а затем сертифицировать. Несмотря на то что для управления этими задачами потребуется еще больший объем симуляций, нагрузка на подразделения, занимающиеся испытаниями, будет возрастать. Это может восприниматься неоднозначно, особенно в случае использования такой терминологии, как «цифровой двойник» и «цифровая нить», однако в этом нет противоречий. Напротив, испытания являются неотъемлемой частью комплексного цифрового двойника как при проектировании изделий, так и в ходе их сертификации. Можно даже сказать, что более тесная интеграция между симуляцией и испытаниями имеет решающее значение для успешного применения цифрового двойника для прогнозирования характеристик.



Рис. 9. Simcenter является уникальной средой, так как представляет собой единственный на рынке портфель решений, напрямую связывающий натурные испытания с численным моделированием систем, автоматизированным инженерным анализом (CAE) и вычислительной гидрогазодинамикой (CFD).

На ранних этапах разработки ценность подхода на основе цифрового двойника во многом определяется степенью реалистичности моделирования. Таким образом, в течение этого времени реальные данные измерений крайне важны для подтверждения точности моделирования. Для реалистичной симуляции требуется непрерывная работа по проведению тестирований компонентов, материалов, граничных условий и многого другого. Это выходит далеко за рамки измерения точных данных для стандартного анализа структурной корреляции и обновления моделей. Испытания позволяют исследовать неосвоенные области проектирования и накапливать знания о новых материалах и всех дополнительных параметрах, которые появляются вместе с мехатронными компонентами. Это часто связано с разнообразными физическими характеристиками и требует инновационных методик проведения испытаний.

В конце цикла разработки, особенно во время сертификации, ситуация меняется, так как в центре событий оказываются испытания. В это время наблюдается особенно сильное давление различных факторов. Использование прототипов и

инфраструктуры для проведения испытаний требует больших затрат, а запоздалое обнаружение дефектов может напрямую повлиять на вывод ЛА на рынок. А с увеличением сложности самолетов, в том числе доработок после поставки, можно ожидать, что объем работ в этой области будет расти из-за гораздо большего количества вариантов изделий, параметров, рабочих режимов и т. д. На этом этапе симуляция может стать отличным дополнением к классическим процессам проведения испытаний.

Действительно, виртуальные испытания занимают все более заметное место в процессе сертификации. Однако они проводятся с ограничениями, так как для выдачи сертификатов летной годности органы власти всегда будут требовать доказательства того, что предположения при симуляции были верны. Поэтому компания Siemens твердо убеждена в целесообразности изучения подходов, в которых физические

и виртуальные испытания проводятся параллельно. Благодаря объединению этих двух методов можно достичь снижения стоимости и повышения качества процессов верификации и сертификации. Например, симуляция может помочь определить оптимальную схему проведения испытаний. Зачастую существуют широчайшие возможности упрощения стендов для натурных испытаний и дополнения испытаний симуляцией. Такой подход может снизить стоимость испытательных установок или риски при проведении испытаний. Это лишь один из возможных примеров.

В этом смысле Simcenter является уникальной средой, так как представляет собой портфель решений, напрямую связывающий натурные испытания с численным моделированием систем, автоматизированным инженерным анализом (CAE) и вычислительной гидрогазодинамикой (CFD).

Заключение

Портфель решений Simcenter, являющийся частью Xcelerator, содержит полный набор масштабируемых инструментов для совместной работы в области модельно-ориентированного анализа характеристик изделия на всех этапах, от концептуального проектирования до сертификации, в единой платформе и с возможностью прослеживания.

С самого начала цикла разработки Simcenter демонстрирует нецелесообразность разрозненной работы, позволяя пользователю создать полноценный цифровой двойник ЛА или виртуальный интегрированный ЛА. Все модели масштабируются и могут быть легко доработаны по мере поступления данных или адаптированы с учетом конкретных требований к симуляции. Далее, когда разработка достигает этапа подробного инженерного анализа и валидации требований, Simcenter предлагает современные, ориентированные на конкретные области применения решения для всех возможных предметных областей. Их можно комбинировать с высокопроизводительными решениями для испытаний с целью валидации моделей или повышения уровня реалистичности. Модели симуляции Simcenter могут стать основой для виртуальных испытаний и помочь в проведении натурных испытаний в ходе сертификации самолета и даже после нее.

Так как все эти решения находятся в одной платформе, которая также связана со средой для проектирования, Simcenter можно использовать для создания цифровой нити, охватывающей весь цикл разработки. Это упрощает детальное изучение конструкций и обеспечивает возможности для оптимизации топологии, генеративных методов выбора архитектуры и интегрированных систем. Таким образом, Simcenter может превратить классический процесс разработки, ориентированный на верификацию, в подход на базе комплексного цифрового двойника с упором на прогнозирование. С помощью Simcenter инженеры могут максимально использовать возможности симуляции.

Ссылки

1. Global Market Forecast – Cities, Airports & Aircraft 2019-2038, Airbus, 2019.
2. Commercial Market Outlook 2019-2038, Boeing, 2019.
3. <https://www.c2es.org/content/international-emissions/>
4. <https://www.atag.org/facts-figures/>
5. Aircraft Technology Roadmap to 2050, IATA, 2020
6. "Electric and Hybrid-Electric Aircraft: A pragmatic view." CEC/ICMC Conference 2019, Plenary Talk, 23.07.2019 – Connecticut Convention Center, Dr. Mykhaylo Filipenko
7. <https://news.aviation-safety.net/2019/01/01/>

Siemens Digital Industries Software

Штаб-квартира

Granite Park One
5800 Granite Parkway
Suite 600
Plano, TX 75024
USA
+1 972 987 3000

Северная и Южная Америка

Granite Park One
5800 Granite Parkway
Suite 600
Plano, TX 75024
USA
+1 314 264 8499

Европа

Stephenson House
Sir William Siemens Square
Frimley, Camberley
Surrey, GU16 8QD
+44 (0) 1276 413200

Азиатско-Тихоокеанский регион

Unit 901-902, 9/F
Tower B, Manulife Financial Centre
223-231 Wai Yip Street, Kwun Tong
Kowloon, Hong Kong
+852 2230 3333

О компании Siemens Digital Industries Software

Siemens Digital Industries Software помогает создать цифровое предприятие и шагнуть в будущее разработки, производства и проектирования электронных систем. Портфель решений Xcelerator помогает компаниям самого разного размера создавать цифровые двойники, которые открывают новые возможности, позволяют получать ценные знания, расширять автоматизацию и успешно внедрять инновации. Дополнительную информацию о продуктах и услугах компании Siemens Digital Industries Software можно узнать на сайте [siemens.com/software](https://www.siemens.com/software), а также на наших страницах в [LinkedIn](#), [Twitter](#), [Facebook](#) и [Instagram](#). Siemens Digital Industries Software – Where today meets tomorrow!

[siemens.com/software](https://www.siemens.com/software)

© 2020 Siemens. Список товарных знаков Siemens представлен [по ссылке](#). Все прочие товарные знаки являются собственностью их владельцев.

82126-83373-C5-RU 1/21 LOC