

Поддержка моделирования работы предприятий авиационно-космической и оборонной отраслей

Мирко Баекер, директор по маркетингу продукта Tecnomatix в Европе, на Ближнем Востоке и в Африке (Siemens PLM Software)

Введение

В авиационно-космической и оборонной отраслях продолжается рост конкуренции. Число заказов на гражданские самолеты достигло рекордного уровня. В условиях сокращения военных бюджетов государство старается перенести на поставщиков организационные и финансовые риски, что требует дополнительных усилий по управлению себестоимостью, сроками изготовления и соблюдению всё более жестких требований к изделиям.

Широкий глобальный спрос и необходимость ускорять цикл изготовления вызывают потребность в управляемой производственной среде. Многие производственные операции на предприятиях авиационно-космической и оборонной отраслей выполняются крайне неэффективно, что приводит к большому объему отходов, переделкам, нестабильному качеству продукции, появлению отклонений от технических требований, непрохождению контрольных испытаний, а также затрудняет непрерывное повышение производственных показателей. Указанные недостатки вызваны отсутствием прозрачности (прослеживаемости) и управляемости технологическими процессами, что, в свою очередь, приводит к отклонениям от требований конструкторско-технологической документации и значительным убыткам из-за несоответствия изделий заявленным характеристикам.

Конструирование изделия

И конструкторы, и технологи привыкли работать с 2D-чертежами, представляющими собой юридически значимое описание готового изделия. На чертежах применяются стандартные, общепринятые обозначения.

Однако в ряде случаев наличие параллельно существующих, избыточных возможностей описания детали [в 2D] при изготовлении приводит к отклонениям финальной 3D-геометрии от желаемой. Ошибки интерпретации, ошибки при копировании, нестыковки между версиями документов могут вызывать значительные убытки, падение качества и производительности. Аналогично, проведение комплексных изменений по всем подразделениям предприятия вызывает задержки процесса разработки изделия.

Подход, основанный на использовании 3D-моделей, позволяет устранить все эти недостатки путем встраивания [производственной] 2D-информации непосредственно в 3D-модель. Поддержка

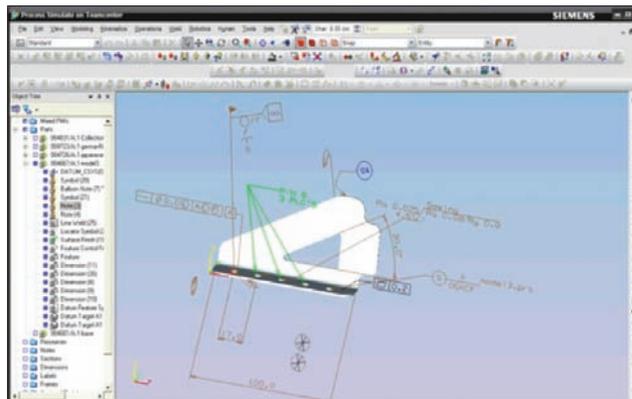


Рис. 1. PMI – единственный источник производственной информации

конструкторско-технологической информации (Product Manufacturing Information – PMI) дает возможность записывать технические требования непосредственно в 3D-модель (рис. 1). Такой подход в полной мере раскрывает замысел конструктора, устраняет необходимость в 2D-чертежах и гарантирует, что готовое изделие будет соответствовать техническим требованиям.

Встроенные в 3D-модели данные PMI позволяют оптимизировать целый ряд производственных процессов. Такие данные применяются при автоматическом анализе размерных цепей и оценке наихудшего варианта сочетания допусков при сборке. Кроме того, PMI можно использовать при разработке документации на импортированные модели деталей и узлов. При вводе PMI можно применять логические связи и ограничения, что позволяет интеллектуально реагировать на изменения в мастер-модели изделия и появление новых исполнений и вариантов конструкции. Кроме того, эта информация обеспечивает автоматическую генерацию управляющих программ для станков с ЧПУ и координатно-измерительных машин (КИМ).

Всё это оптимизирует цикл проектирования и сокращает его сроки – благодаря тому, что команда разработчиков уже на этапе конструкторского проектирования может вводить в CAD-описание изделия технологическую информацию. Кроме того, подобный подход улучшает обмен информацией, сокращает число ошибок, упрощает процессы конструкторско-технологической подготовки производства, а также ускоряет проведение изменений.

Контроль и обеспечение качества

В авиационно-космической отрасли, как ни в какой другой, механическая обработка сталкивается с двумя вызовами: высокой вариантно-стью (или вариативностью) конструкции и жесткими допусками. Чтобы минимизировать число дорогостоящих изменений, вносимых на поздних этапах разработки, конструкторам необходимо учитывать соображения технологичности уже на этапе проектирования.

Кроме того, небольшие отклонения размеров отдельной детали, не выходящие за установленные допуски, могут при сборке соче-таться так, что выйдут за допустимые пределы допусков на узел. Модуль анализа размерных отклонений *Teamcenter Visualisation Variation Stackup Analysis (Vis VSA)* выполняет проверку допусков в размерных цепях, чтобы отклонения размеров отдельных деталей не приводили к невозможности сборки всего узла в целом (рис. 2).

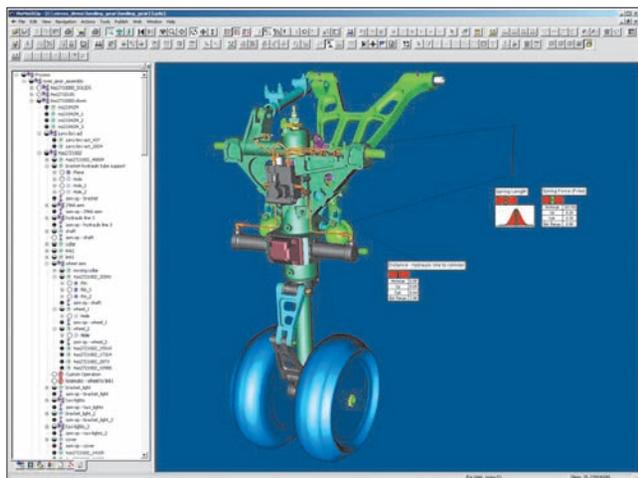


Рис. 2. Фиксация и дальнейшее использование технических требований в рамках 3D-модели

Платформа *NX* предлагает полный набор функций по разработке управляющих программ для станков с ЧПУ, реализованный в виде единой *CAM*-системы, а также имеет ряд интегрированных приложений для решения технологических задач. Эти приложения облегчают подготовку 3D-моделей деталей для обработки, проектирование оснастки и разработку программ для КИМ. Разработанный компанией *Siemens PLM Software* технологический модуль *NX CAM* позволяет реализовать широкий спектр стратегий многокоординатной обработки сложных поверхностей, полностью устранить риск столкновения инструмента, а также выполнять размерный контроль в ходе обработки (рис. 3, 4).

В частности, предусмотрены быстрые и точные стратегии черновой и чистовой обработки. Это облегчает изготовление деталей сложной формы, характерных для изделий

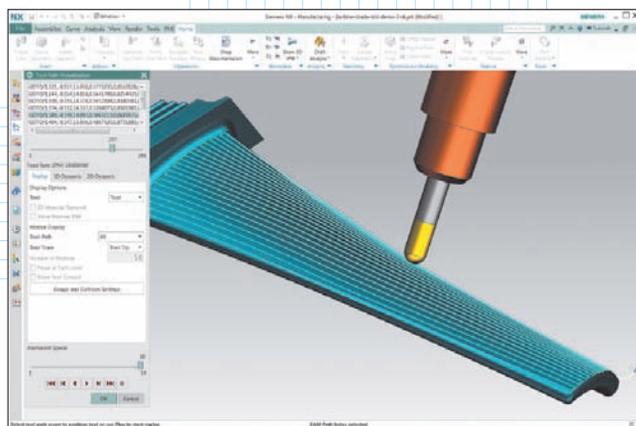


Рис. 3. Основой производственного процесса является 3D-модель детали

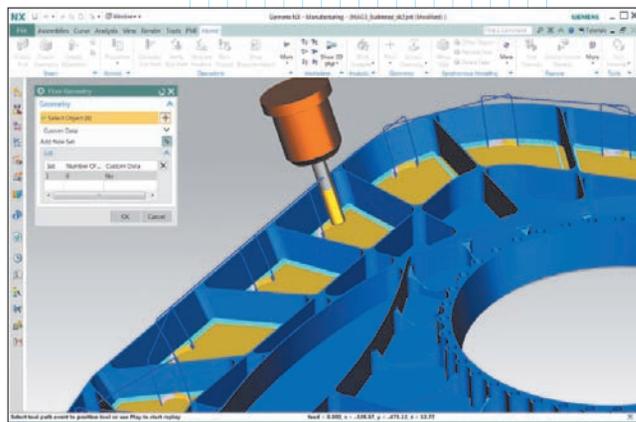


Рис. 4. Комплексный автоматизированный процесс CAD-CAM-CNC позволяет получить максимальную выгоду от имеющегося оборудования

авиационно-космического и оборонного назначения (рис. 5).

Кроме того, модуль программирования координатно-измерительных машин – *NX SMM* – генерирует готовые программы контроля качества обработки. Интеграция с *CAM* и широкие возможности продвинутого программирования

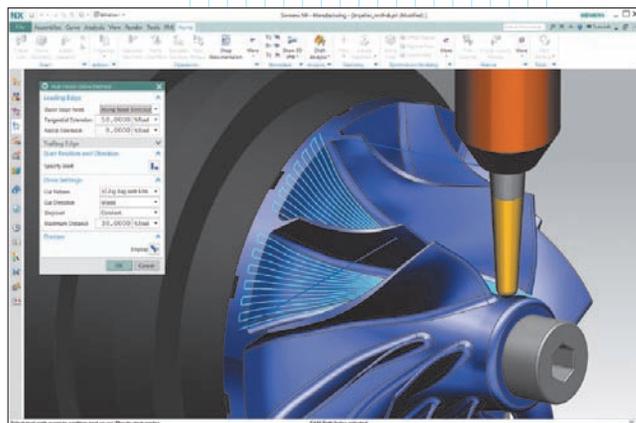


Рис. 5. Симуляция финишной обработки импеллера

позволяют сократить сроки, высвободить дорогостоящее рабочее время КИМ и быстро реагировать на внесение изменений в конструкцию.

Контроль соответствия требованиям и производство

Возможности управления исполнениями и вариантами конструкции изделий способны принести большую пользу предприятиям авиационно-космической и оборонной отраслей.

Основанное на применении 3D-моделей решение для поддержки и технического обслуживания изделий позволяет компаниям систематически генерировать спецификации для различных конфигураций, указания по техническому обслуживанию и ремонту, а также управлять ими, поддерживать в актуальном состоянии и снабжать ими заказчиков (рис. 6).

Наличие полностью интегрированной платформы технологической подготовки производства дает возможность проследить историю внесения изменений, повторно использовать знания о техническом обслуживании и ремонте изделий в глобальном масштабе и эффективно формировать техническую документацию. Применение средств контроля и оптимизации на последующих этапах жизненного цикла (обслуживание, текущий и капитальный ремонт – MRO) обеспечивает высокую эффективность и бережливость этих этапов, а также заметное сокращение расходов на выполнение гарантийных обязательств и сервисное обслуживание.

Более того, возможности систем NX и Teamcenter помогают авиационно-космическим предприятиям при расчете применимости деталей в различных вариантах исполнения изделия. Например, при проектировании серии реактивных самолетов, каждый из которых отличается по исполнению, имеющаяся в Teamcenter функция расчета применимости позволяет управлять единой структурой изделия, содержащей информацию по всем самолетам серии. Работая в NX, конструктор загружает детали и узлы, относящиеся к конкретному экземпляру самолета. Затем в контексте данной конструкции пользователь вводит конструкторско-технологическую информацию (PMI) на уровне сборки. Эта информация будет отображаться только для этого конкретного экземпляра самолета!

Предусмотрена возможность фильтрации PMI и ассоциированной геометрии по различным критериям.

Кроме того, если в том или ином исполнении соответствующий узел не применяется, то не связанная с ним базовая геометрия и конструкторско-технологическая информация также не отображаются.

Эти новые возможности моделирования и анализа помогают сократить сроки проектирования

и изготовления технологической оснастки. А устранение информационного разрыва между этапами проектирования (*as designed*) и изготовления позволяет фиксировать реальные результаты обмеров выпускаемых деталей (*as made*) и передавать их в полностью ассоциативную модель данных жизненного цикла изделия. Благодаря этому, процесс управления качеством распространяется на всё предприятие и цепочку поставок, что гарантирует высокое качество изделий независимо от того, где осуществляются процессы проектирования, изготовления и поставок.

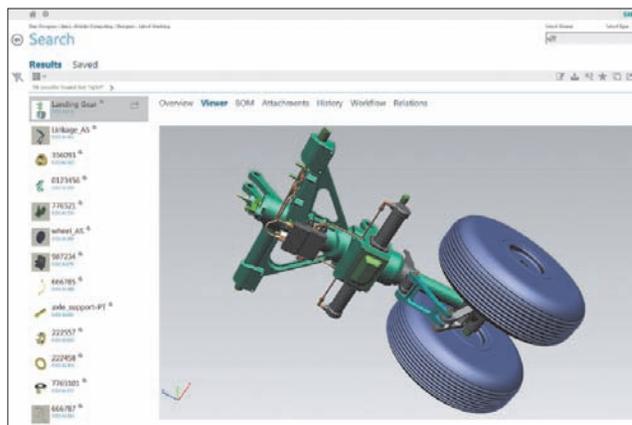


Рис. 6. Знания, полученные в ходе проектирования и производства изделия, используются для обеспечения надежности, ремонтопригодности, работоспособности и долговечности

Создание петли обратной связи между проектированием и производством

Обмен информацией о качестве продукции между разработчиками и производством нередко затруднен из-за того, что в него вовлечены различные области знаний, так что процессы оказываются изолированными, а для получения нужного результата приходится применять множество различных программных средств. Если информация о качестве не передается разработчикам, то ошибки в конструкции сохраняются, что приводит к длительным задержкам.

PLM-системы поддерживают процессы конструкторско-технологической подготовки производства, а производственные исполнительные системы (MES) обеспечивают выполнение принятых проектных решений. Интеграция этих



Рис. 7. Преодоление разрыва между разработкой изделия и организацией производственного процесса (MES Simatic IT)

систем замыкает контур и создает обратную связь.

Такой контур включает в себя этапы конструирования, технологической подготовки производства и изготовления продукции в цехах. Благодаря этому предприятия авиационно-космической и оборонной отраслей могут быть уверены, что фактические характеристики изделия в цехе будут проверены на соответствие заданным конструкторами требованиям к изделию.

Подобный подход поддерживает и компания *Siemens PLM Software*: созданная в NX конструкторско-технологическая информация управляется из системы *Teamcenter*, а затем модуль разработки технологических процессов (*Manufacturing Process Planner – TC MPP*) преобразует данную информацию в объекты контроля, сопоставляемые с конкретными контрольными операциями. Кроме того, информация без проблем передается из *TC MPP* в модуль *SIMATIC-IT*, применяемый наладчиками в цехах. В результате ни одно требование не упускается из виду, и все они проверяются при изготовлении. Затем реальные данные, собранные персоналом в цехах, сравниваются с требованиями к изделию. Как следствие, заказчику поставляется продукция, полностью отвечающая заданным техническим характеристикам.

Таким образом, создается интегрированная среда принятия и исполнения проектных решений, обеспечивающая контроль в ходе производства, его прослеживаемость, соответствие требованиям и непрерывное улучшение технологических процессов.

Интеграция *MES*- и *PLM*-систем дает стратегические преимущества, включая повышение эффективности и темпов производства, уменьшение числа ошибок, сокращение сроков выхода изделий на рынок, а также полную прослеживаемость соблюдения требований к изделию. Производству необходимы данные, которые уже созданы конструкторами. К этим данным добавляются технологические атрибуты, которые хранятся в единой среде вместе со всей информацией об изделии и предприятии. Этот этап является критически важным. Подобный подход превращает интегрированное *PLM/MES*-решение в платформу для хранения всех данных, применяемых в промышленности (рис. 7).

Более того, интеграция систем технологической подготовки производства и систем контроля качества с помощью стандартных интерфейсов удачно дополняет общую стратегию применения информационных технологий на предприятии.

Заключение

Привлечение подрядчиков в глобальном масштабе, рост конкуренции, необходимость более эффективного использования производственных

мощностей и сокращения сроков вывода изделий на рынок – вот лишь немногие из тех проблем, с которыми сегодня сталкиваются работающие на мировом рынке предприятия авиационно-космической и оборонной отраслей. Поэтому спрос на средства обмена данными и поддержки совместной работы продолжает расти; при этом необходима полная совместимость информационных систем, применяемых географически распределенными группами разработчиков.

В целом, достижение всех указанных целей принесет предприятию значительные преимущества.

“Бесшовное” перетекание информации между этапами эскизного и технического проектирования, численного моделирования и изготовления значительно сокращает сроки подготовки производства. Интеграция этапов конструирования (CAD) и численного моделирования (CAE) позволяет проводить расчеты на более ранних стадиях и уменьшить количество реальных опытных образцов.

Интегрированные средства проектирования оснастки, программирования обработки на станках с ЧПУ и измерений с помощью КИМ (Этап САМ) позволяют предприятиям авиационно-космической и оборонной отраслей сократить себестоимость и сроки выпуска продукции. Это повышает степень повторного использования и

адаптации проектных решений, что, в свою очередь, также снижает себестоимость. Наконец, обеспечивается поддержка инноваций на основе постоянной совместной работы сотрудников в управляемой среде.

Инновационные предприятия уже осознали пользу от всеобъемлющей PLM-стратегии и перехода к моделированию работы всего предприятия в целом. NX – уникальная система разработки изделий для авиационно-космической промышленности, так как в ней предусмотрены революционные технологии проектирования, средства междисциплинарного численного моделирования и полная поддержка технологической подготовки производства.

Система Teamcenter предусматривает использование конструкторской информации и управляет всеми процессами конструкторско-технологической подготовки производства. Вместе с системой Tecnomatix от компании Siemens PLM это формирует полнофункциональный пакет решений для поддержки цифрового производства, способствующий созданию инноваций и увязывающий все технологические аспекты с разработкой изделия: от проектирования технологических процессов и планировки производственных участков, симуляции и валидации процессов до управления процессом изготовления и контроля качества продукции. 🍷

◆ Новости компании Siemens PLM Software ◆

Осенняя издательская премьера

Этой осенью компания Siemens PLM Software совместно с издательством “ДМК Пресс” выпускает две новые книги на русском языке, описывающие работу в приложениях NX CAE и NX CAM. Эти пособия адресованы широкому кругу инженеров, которые работают над созданием новых изделий и отвечают за подготовку производства для их выпуска.

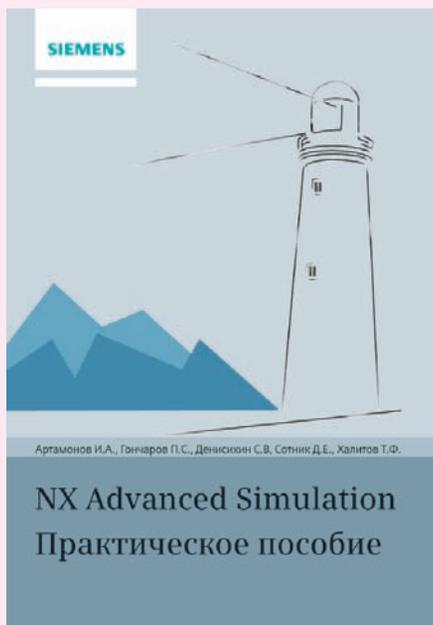
Книга “NX Advanced Simulation. Практическое пособие” подготовлена целым коллективом авторов – Игорь Артамонов, Павел Гончаров, Сергей Денисихин, Дина Сотник, Тимур Халитов. В ней собраны примеры решений инженерных задач из области автомобилестроения, турбодвигателестроения, космического и авиастроения, кораблестроения. Примеры подобраны так, чтобы охватить и рассмотреть широкий круг задач из различных дисциплин с учетом многих физических явлений, а также необходимые для их решения инструменты.

NX Advanced Simulation – полнофункциональная программная

система для выполнения мультифизических расчетов инженерами различных специализаций: специалистами в области прочности и динамики, специалистами по анализу аэродинамических характеристик, внутренних и внешних течений жидкостей и газов, систем охлаждения, инженерами-экспериментаторами.

В первой главе рассмотрены вопросы анализа прочности рамных конструкций с применением расчетчиками инструментов синхронного моделирования для быстрого изменения геометрии, с построением и сопряжением конечно-элементных (КЭ) сеток размерности 1D, 2D и 3D.

Во второй главе большее внимание уделено построению гексаэдральных структурированных КЭ-сеток (в том числе с использованием шаблонных 2D-сеток), подготовке геометрии и КЭ-сетки для областей контактного взаимодействия, а также постановке специфических граничных условий с учетом циклической симметрии. →



→ Анализ задачи с учетом неупругого поведения материала, пространственного нелинейного контактного взаимодействия, включая контакт тела с самим собой, проводится в третьей главе.

В четвертой главе, на примере корабельного пульта управления, рассмотрена задача вибропрочности, проиллюстрированы способы представления результатов динамического анализа в виде графиков.

В пятой главе дано описание подхода, позволяющего оптимизировать усилия инженеров при работе со сложными объектами. Использование уникальной технологии КЭ-сборки, а также редуцирования модели (суперэлементного представления) существенно сокращает объем требуемых для решения задачи ресурсов.

Шестая и седьмая главы посвящены вычислительному анализу гидрогазодинамических процессов (*CFD*).

Авторы книги **“Программирование обработки в NX CAM”** – Павел Ведмидь и Алексей Сулинов – представляют читателям систему *NX CAM*, предназначенную для создания управляющих программ для станков с ЧПУ.

Не секрет, что современное производство в значительной степени опирается на использование оборудования с программным управлением. Сами станки постоянно усложняются, становятся более интеллектуальными. Вместе с тем, их эффективная эксплуатация требует эффективного управления. Усиление конкуренции и потребность рынка в сложных изделиях заставляют предприятия задумываться о комплексной автоматизации подготовки производства и самого производства. В такой постановке вопроса стадия разработки управляющих программ уже не воспринимается как автономная задача: становится очевидным, что она должна быть связана с другими этапами конструкторско-технологической подготовки производства.

Сокращение серийности, а также увеличение вариантности продукции ведет к необходимости гибкого изменения управляющих программ в соответствии с изменениями. Разработка новой УП с “нуля” – самый неэффективный путь, необходимо максимально использовать предыдущие наработки.

От *CAM*-системы требуется наличие средств для проверки траектории инструмента на зарезы и столкновения. Это позволяет существенно

сократить процесс внедрения УП в цеховых условиях, так как оборудование должно быть в максимальной степени задействовано для выпуска продукции. Время его наладки, не говоря уже о простое в результате поломки, обходится предприятию очень дорого. Таким образом, необходима проверка управляющих программ вне станка, на основе *G*- и *M*-кодов с учетом всей технологической системы (Станок–Приспособление–Инструмент–Деталь).

Появление современных токарно-фрезерных многофункциональных станков существенно меняет саму технологию производства; увеличивается концентрация операций, значительно уменьшается количество установов. Программирование таких станков должно в максимальной степени учитывать текущее состояние заготовки, в том числе при передаче между токарными и фрезерными операциями. Наличие нескольких рабочих органов (например, фрезерный шпиндель и револьверная головка)

позволяет выполнять обработку параллельно для получения максимальной производительности. Такая работа еще в большей степени требует проверки УП в контексте всего станка, включая технологическую оснастку.

Система *NX CAM* предлагает широкий набор функций, в том числе поддерживающих обработку призматических деталей, сложной профильной оснастки, а также деталей типа турбинных лопаток и моноколес, и авторы стараются рассказать обо всем. Отдельные главы посвящены токарной, токарно-фрезерной обработке и операциям измерения на станке. Подробно рассмотрено применение

встроенного модуля симуляции работы станка для всесторонней проверки управляющих программ вне цеха, что позволяет исключить стадию отладки УП на станке и повышает производительность оборудования.

Помимо прочего, затронута тема совместного использования *NX CAM* и системы управления инженерными данными *Teamcenter*, что открывает широкие перспективы построения единого информационного пространства предприятия.

Все модели, рассмотренные в книге, можно найти на корпоративном сайте *Siemens PLM Software* по следующей ссылке: www.siemens.com/plm/ru/cam_models.

В ближайшее время оба издания поступят в российские книжные магазины. Оптовые поставки осуществляет торгово-издательский холдинг “Альянс-книга”. 📖

