

Создание и ведение сверхбольших трехмерных сборок космической техники

Цифровое моделирование постепенно становится одним из основных инструментов, используемых при создании сложных инженерных объектов. Наиболее выражена эта тенденция в космической отрасли, так как космические системы, как правило, являются чрезвычайно сложными и дорогостоящими и, соответственно, требуют с одной стороны тщательной отработки и обеспечения максимальной надежности, с другой – экономии средств. Среди различных видов моделирования особую роль играет трехмерное моделирование конструкции и компоновки – именно этот вид наиболее экономически эффективен и позволяет быстро получить результаты.

Создание трехмерной модели конструкции и компоновки изделия не является самоцелью, а позволяет эффективно решить конкретные задачи, возникающие в процессе разработки космической техники. В настоящее время трехмерное моделирование применяется при решении следующих задач:

1. Отработка разрабатываемой документации – использование трехмерной модели как объекта макетно-конструкторских испытаний.
2. Подготовка исходных данных для расчетов с использованием конечно-элементного моделирования.
3. Подготовка исходных данных для разработки интерактивных электронных технических руководств (ИЭТР).
4. Разработка презентационных материалов, создание видеофильмов.

Для решения этих задач разрабатываемые трехмерные модели должны удовлетворять различным требованиям, в частности по затратам машинного времени на работу с ними. В случае задач первого и второго пунктов необходимо создание максимально полной модели конструкции и компоновки.

Как правило, полная трехмерная модель конструкции и компоновки космического аппарата (КА), являющаяся электронным макетом изделия, представляет собой сборку, состоящую из большого количества компонентов – сверхбольшую трехмерную сборку (СТС).

В данной статье рассмотрены особенности процесса создания и ведения сверхбольших трехмерных сборок космической техники. Цифровые данные, приведенные в статье, опираются на опыт разработки трехмерных моделей в ГНП РКЦ “ЦСКБ-Прогресс” по тематике картографических КА.

Классификация трехмерных сборок по количеству компонентов

В зависимости от количества компонентов трехмерные сборки можно разделить на следующие типы:

- ▶ малые – до 100 компонентов;
- ▶ средние – от 100 до 1000 компонентов;
- ▶ большие – от 1000 до 100 000 компонентов;
- ▶ сверхбольшие – от 100 000 и выше.

Размерность модели определяет простоту работы с ней: с малыми и средними моделями возможно работать без применения PDM-системы, с них легко получить фотореалистичное изображение или создать видео, их можно заархивировать и отправить по электронной почте.

Создание двух последних типов сборок сопряжено с большим количеством трудностей организационного и методического характера, для разрешения которых необходима тщательная проработка процесса моделирования.

Отметим, что приведенное деление в какой-то мере условно, так как с развитием компьютерной техники и информационных технологий и по мере разработки методик и повышения уровня подготовки пользователей создание сборок с количеством компонентов более 100 000 постепенно упрощается.

Малые трехмерные сборки – это модели несложных узлов и агрегатов или очень упрощенные модели более крупных систем. Такие модели могут создаваться на этапе концептуального проектирования и позволяют решать задачи общего характера.

Этап концептуального проектирования предполагает создание множества различных вариантов, перебор решений, оптимизацию конструкции и соответственно модели. На этом этапе увеличение количества компонентов может существенно затруднять работу и вносить хаотичность в процесс, особенно если модель создается несколькими участниками. В дальнейшем после завершения этапа эскизного проектирования, как правило, остается единая версия модели, которая дополняется и изменяется централизованно с использованием PDM-системы. Работа с такой моделью подлежит регламентированию: должны быть определены роли участников и соответствующие права доступа.

Особенности процесса создания и использования СТС

Планирование процесса создания СТС

Создание общей сборки происходит параллельно с разработкой комплекта конструкторской документации на изделие, 3D-модели используются как для выявления недостатков конструкции, так и для создания видов на чертежах. Для планирования и организации таких работ служит сквозной график, который реализуется в виде диаграммы Ганта, в табличной форме или с помощью инструментария Workflow в PDM-системе. Контроль выполнения работ и, при необходимости, изменение сроков осуществляется централизованно. Для этих целей, как правило, используется ERP-система.

Структурирование СТС

Работа со сверхбольшой трехмерной сборкой требует определенной подготовки пользователя, даже самые простые операции со сборкой занимают достаточно большие машинные ресурсы. Так, открытие сборки, представленной на рис. 1, занимает 27 минут. При этом используется профессиональная графическая станция с объемом оперативной памяти 8 Гб, файлы сборки хранятся в современном центре обработки данных, связь с которым осуществляется по локальной сети с пропускной способностью 1 Гбит/сек.

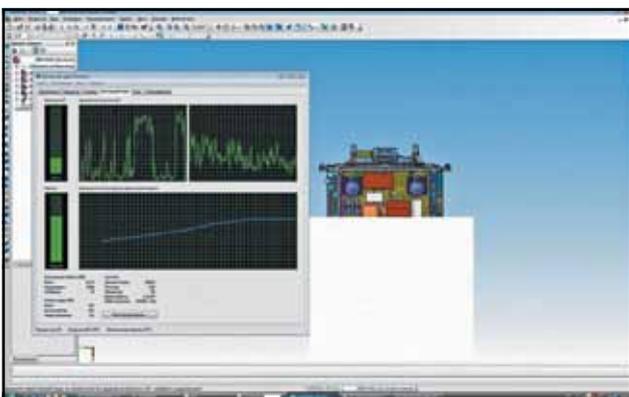


Рис. 1. Процесс загрузки модели большой сборки в системе КОМПАС-3D V12

Уменьшить необходимость работ с такой сборкой возможно путем структурирования сборки, параметрической увязки элементов сборки и работы с отдельными ее составляющими.

В космической отрасли вопрос оптимизации работы со сверхбольшими сборками является особенно актуальным. Как правило, космический аппарат делится на крупные составные части – модули или отсеки, работа над которыми в свою очередь делится на создание конструкции, монтаж приборов, бортовой кабельной сети и гидрокоммуникаций. Это деление продиктовано особенностями процесса разработки документации и создания КА. Структура модели в целом повторяет структуру конструкторской до-

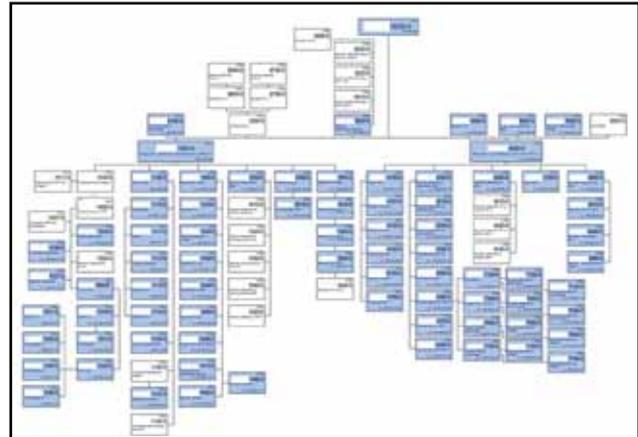


Рис. 2. Схема комплекта КД на картографический КА

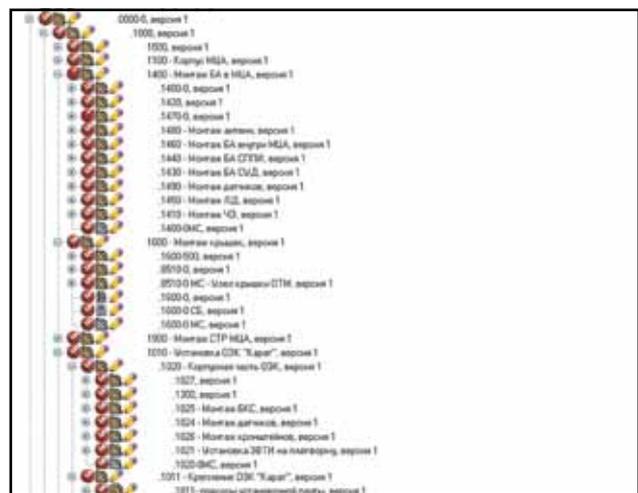


Рис. 3. Часть дерева сборки в ЛОЦМАН:PLM

кументации на изделие, но не включает некоторые необязательные или чрезмерно трудоемкие элементы – отдельные сборки, комплекты КД, носящие временный характер, и т.д.

С моделью, создаваемой в соответствии с этим принципом, могут работать различные специалисты в зоне своей ответственности, при этом требования как к квалификации, так и к технике существенно ниже, чем при работе с СТС.

Структура модели в виде набора взаимоувязанных файлов, расположенных в соответствующем разделе PDM-системы, должна формироваться на самом начальном этапе создания СТС. При этом соответствующие части модели должны быть закреплены за отдельными специалистами или подразделениями с распределением соответствующих прав доступа.

На рис. 2 и 3 представлена схема комплекта КД на картографический аппарат и соответствующее этой схеме дерево модели в PDM-системе (в данном случае в ЛОЦМАН:PLM).

Требования, предъявляемые к элементам сверхбольшой трехмерной сборки

Составляющие трехмерной модели КА можно условно разделить на две части: модели конструкции

и модели бортовой аппаратуры. К моделям элементов конструкции применяются следующие требования:

- ▶ **Наличие единой среды разработки моделей.** Для интеграции в общую модель изделия все элементы должны создаваться в единой САПР. Экспорт из других САПР возможен, но нежелателен, так как зачастую приводит к ошибкам распознавания и утяжеляет модель.
- ▶ **Оптимальное построение модели.** Один и тот же элемент конструкции можно смоделировать несколькими разными способами. Для обеспечения построения СТС необходимо выбирать оптимальный способ, критериями оптимизации могут выступать размер файла и дерева построения модели.
- ▶ **Выполнение правил для названий файлов и заполнения атрибутов.** В модели, состоящей из большого количества элементов, правильное заполнение атрибутов и имен файлов дает возможность легко найти нужный элемент конструкции и позволяет видеть структуру всей модели как на жестком диске, так и в PDM-системе.
- ▶ **Правильное задание массы и центра масс.** Одним из назначений модели изделия является определение его массы и координат центра масс, соответственно, необходимо задавать массу и координаты центра масс или задавать плотность для каждого элемента модели.
- ▶ **Моделирование зон обзора, незатенения и движения элементов конструкции.** Многие элементы конструкции имеют нематериальные части, которые также необходимо моделировать. Это могут быть зоны возможного направления движения отделяемых элементов, зоны, обеспечивающие доступ к приборам, зоны размещения элементов конструкции. Для обеспечения правильного расчета масс и удобства работы со сборкой эти зоны необходимо моделировать поверхностями.
- ▶ **Правильное использование инструментария САПР.** На сегодняшний день практически любая САПР имеет специализированные инструменты для создания моделей с учетом технологических и прочих особенностей (листовой металл, ребра жесткости, сварные конструкции, кабели и трубопроводы и т.п.). Применение этих инструментов существенно снижает объем модели и соответственно повышает удобство работы с ней.
- ▶ **Грамотное упрощение модели.** Многие элементы конструкции при моделировании можно существенно упростить или не моделировать вообще без ущерба для решения всех поставленных перед моделированием задач. К таковым относятся крепежные элементы и некоторые составляющие элементов конструкции, например алюминиевые соты в сотовых панелях или фотоэлектрические преобразователи солнечных батарей.

Программные решения для работы с СТС

При работе с СТС желательно использовать “качественную” САПР. Выбор программного обеспече-

ния – достаточно сложная оптимизационная задача с большим количеством параметров. Как правило, доработка ПО под задачи и требования конкретного предприятия ведется только некоторыми разработчиками. Поэтому еще на этапе выбора конкретной CAD-или PDM-системы необходимо убедиться, чтобы в ней имелись следующие возможности:

- ▶ **Режима “большая сборка”.** При включении данного режима CAD-система отображает и перестраивает сборку с учетом ее большого размера.
- ▶ **Оптимальный математический аппарат CAD-системы.** Он необходим для правильного построения сложных элементов и расчета их взаимного расположения и возможных пересечений.
- ▶ **Возможность оптимизации программы под конкретное “железо”.** ПО, как минимум, не должно конфликтовать с большинством видеокарт и другим аппаратным обеспечением. Широкий выбор настроек ПО под разное “железо” позволяет использовать возможности конкретной графической станции максимально эффективно.
- ▶ **Использование многоядерности.** В настоящий момент увеличение производительности компьютеров идет в том числе за счет увеличения количества ядер. Используемое ПО должно учитывать эту тенденцию.
- ▶ **Возможность оптимизации работы с различным программным обеспечением.** На сегодняшний день даже на одном предприятии может быть установлено несколько различных операционных систем, например Windows XP, Windows Vista и Windows 7. Используемое при моделировании ПО должно устойчиво работать под этими системами.
- ▶ **Упрощенное представление.** CAD-система должна уметь отображать детали и сборки без мелких или маловажных деталей.
- ▶ **Оптимизация работы с PDM-системой.** Создание СТС невозможно без использования PDM-системы и устойчивой работы CAD-системы с ней.

Требования, предъявляемые к компьютерной технике

При работе со сверхбольшими сборками особое внимание необходимо уделять конфигурированию компьютерной техники, участвующей в процессе создания сборки. Кроме собственно рабочих станций, на которых ведется моделирование, необходимо учитывать сервера, с которыми работает PDM-система, архитектуру локальной сети, настройки ПО и элементов рабочей станции.

Различные CAD-системы в разной степени восприимчивы к объему оперативной памяти, производительности процессора и видеокарты. На рис. 1 приведена загрузка модели большой сборки, состоящей из 12 342 компонентов. Из него видно, что процесс загрузки шел равномерно, и загруженная модель заняла почти весь объем оперативной памяти, в то время как ядра двухъядерного процессора работали неравномерно.

Выводы

- ▶ Создание и ведение сверхбольшой трехмерной сборки – сложная задача, требующая широкой методической поддержки, оптимизации программного и аппаратного обеспечения, высокого уровня подготовки специалистов.
- ▶ Применение комплексного подхода в моделировании сокращает срок разработки документации по изделию, повышает ее качество и уменьшает время согласования.

- ▶ Создание модели, являющейся электронным макетом изделия, существенно сокращает сроки макетно-конструкторских испытаний.

Статья написана при поддержке ФЦП “Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 годы” и Гранта № 239-04 Всероссийского конкурса поддержки высокотехнологичных инновационных молодежных проектов.

Евгений Космодемьянский, начальник сектора, ГНП РКЦ “ЦСКБ-Прогресс”

НОВОСТИ

Набор инструментальных средств разработки MAPS

С помощью инструментального набора Mitsubishi-Adroit Process Suite (MAPS) компании Mitsubishi Electric совместно со своим партнером по альянсу e-F@ctory – компанией Adroit Technologies удалось преодолеть недостатки традиционных средств интеграции ПЛК-SCADA. Этот единый интегрированный пакет сопровождает пользователя на всех фазах реализации системы: разработки технологического процесса, инженерного проектирования, разработки системы управления, ее установки, ввода в эксплуатацию, приемочных испытаний и текущего обслуживания, помогая поддерживать согласованность и целостность системы автоматизации, повышая качество и снижая затраты. Он также повышает готовность поставляемого решения к эксплуатации и предоставляет заказчику возможность использования стандартных расширений и эксплуатации любого решения автоматизации.

На производственных процессах, где ПЛК Mitsubishi Electric работают совместно с решениями SCADA от Adroit Technologies, пакет MAPS предоставляет структурированный подход к реализации полного жизненного

цикла проекта, основанный на международных стандартах S88 и S95 и позволяющий снизить время и усилия на этапах проектирования, тестирования и ввода в эксплуатацию систем автоматизации, а также использование готовых настраиваемых пользователем функциональных блоков ПЛК, привязанных к готовым объектам SCADA.

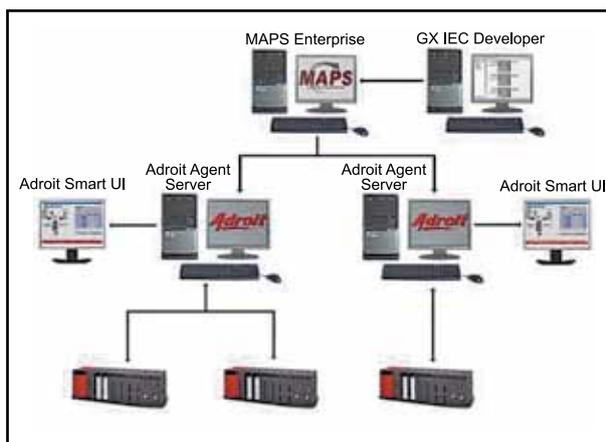
Решение MAPS предоставляет единую точку для структурированной настройки, развертывания и управления. Использование MAPS Enterprise Manager делает возможным разработку крупных проектов и снижение объемов работ благодаря функциям импорта, обеспечивающим быструю настройку инженерного проекта, SCADA и ПЛК, а также непрерывное управление жизненным циклом решения автоматизации.

В пакете MAPS используется мастер, способный автоматически генерировать проекты ПЛК и SCADA, что существенно сокращает затраты времени на проектирование и настройку. Мастер также гарантирует получение стандартизированного и структурированного плана, что упрощает дальнейшую эксплуатацию предприятия на всем протяжении его жизненного цикла.

Другим важным недостатком традиционных средств интеграции явля-

ются проблемы, связанные с генерацией отчетов. С помощью MAPS можно автоматически генерировать отчеты, охватывающие такие области, как таблицы ввода/вывода или конфигурация тегов ПЛК и SCADA. Автоматическая генерация отчетов гарантирует,

протяжении всех фаз проектирования и даже при обновлении или изменении систем со временем MAPS обеспечивает непрерывное ведение документации электрооборудования и измерительной аппаратуры систем ПЛК/SCADA и завода. При лю-



что передаваемый проект отражает актуальные на текущий момент схемы электрооборудования и измерительной аппаратуры в заводском исполнении, согласующиеся с тегами SCADA и вводом/выводом ПЛК. Отчеты составляются на основе информации, получаемой из базы данных, поэтому даже несмотря на продолжающееся техническое обслуживание, отчеты будут всегда отражать текущее состояние конфигурации электрооборудования и измерительной аппаратуры.

MAPS также гарантирует, что проектная документация хранится в актуальном состоянии. На

бюм изменении тегов в плане, ПЛК, SCADA или среде управления MAPS проект поддерживает синхронизацию баз данных и документации. Кроме того, MAPS предоставляет возможность централизованного резервного копирования проектов.

MAPS – это кардинальное изменение в способе проектирования, установки и эксплуатации сложного предприятия. Благодаря пакету MAPS разработчики, интеграторы и конечные потребители выиграют от более простого подхода к реализации системы, который позволит снизить затраты и повысить производительность.