Медведева Н.И., Рагозин А.Н., Третьяков И.А., Рагозина М.А., Нестеров В.А.
Особенности компьютерного моделирования космических аппаратов на
предприятиях ракетно-космической отрасли

Сибирский государственный университет науки и технологий им. академика М.Ф.

Решетнева

(Россия, Красноярск)

doi: 10.18411/lj-02-2020-09

idsp: ljjournal-02-2020-09

Аннотация

Одним из способов разработки космического аппарата (КА) является макетирование изделия. Модель КА строится с применением системы автоматизированного проектирования (САПР), при этом основной сложностью является большой объем элементов изделия. При создании модели работают два подразделения – проектное (разработка эскизных проектов) и конструкторское (разработка конструкторской документации (КД)). При организации работ по моделированию одним из важных элементов является использование системы управления инженерными данными (СУИД).

Ключевые слова: космический аппарат, макетирование, система автоматизированного проектирования, системы управления инженерными данными.

Abstract

One of the ways to develop a spacecraft (S) to model the product. The model is built using a computer-aided design (CAD) system, with the main difficulty being the large volume of product elements. When creating a model, there are two divisions: design (development of preliminary projects) and design (development of design documentation (DD)). When organizing modeling work, one of the important elements is the use of the engineering data management (EDM) system.

Keywords: spacecraft, layout, computer-aided design, engineering data management systems.

При разработке изделий ракетно-космической отрасли необходима тщательная разработка научно-технической документации перед запуском серийного или единичного производства. Разработка космического аппарата усугубляется неремонтопригодностью после запуска. Макетирование изделия это один из способов разработки КА. Оно проводится до начала запуска изготовления изделия и его составных частей.

Основными целями макетирования являются: проверка конструкторских решений смежных отделов-исполнителей; отработка размещения аппаратуры служебных систем; отработка монтажных схем кабельных сетей аппаратуры служебных систем; проверка принятых технологических решений; контроль на непопадание элементов конструкции в поле зрения оптических приборов; оценка оптимального расстояния между бортовой аппаратурой и элементами конструкции; возможность проведения контрольно-проверочных работ; оценка массогабаритных и центровочных характеристик.

При проведении макетирования зачастую появляется необходимость корректировки КД. По результатам макетирования и выпуска соответствующей КД принимается решение об изготовлении изделия. Макетирование КА весьма трудозатратный процесс. Он начинается после запуска конструкторской документации на подсистемы аппарата и завершается на этапе сдачи изделия. При серийном

производстве или в случае достаточности средств макетирование может быть проведено путем изготовления отдельного образца, отвечающего всем требованиям создания макета. Данный метод активно использовался при разработке КА до 90-х годов прошлого столетия. Сейчас, благодаря развитию трехмерных компьютерных технологий, появилась возможность начинать макетирование на этапе разработки КД до запуска изготовления КА, что позволяет найти ошибки и недостатки на начальных этапах синтеза модели, а также сокращает общий срок разработки КА. Большой объем задач можно решать в процессе компьютерного моделирования, однако полное исключение макетирования опытных образцов на данный момент невозможно.

Материалы, приведенные в данной работе, опираются на опыт синтеза и моделирования КА в Акционерном Обществе «Информационные Спутниковые Системы» (АО «ИСС»).

Модель КА строится с применением САПР с заданием атрибутов, соответствующих состоянию элементов системы. К созданию модели в САПР привлечено большое количество специалистов. На первом этапе разработки модели формируются технические требования. С учетом выполнения задач в процессе создания макета и разработки КД к модели изделия предъявляются следующие требования: модель должна соответствовать технической документации на разрабатываемое изделие; модель КА должна удовлетворять требованиям нормативной документации; моделирование должно производиться в рамках одной САПР; модель должна отображать движение элементов, соответствующее реальным физическим (механическим) процессам в готовом изделии; модель должна отображать технологические процессы установки аппаратного состава служебных систем, элементов конструкции; в процессе моделирования технологических процессов необходимо создавать модели технологического оснащения; модель КА должна позволять показывать разборку на модули и составные части; разработку модели необходимо вести с учетом рационального использования вычислительной мощности средств разработки и набора инструментов моделирования в самой САПР.

Сложностью при создании модели с применением САПР является большой объем создаваемых элементов. Учитывая ограничения и упрощения на количество смоделированных элементов, не играющих большой роли (элементы крепежа, металлизации и маркировки), модель может достигать объема в десятки тысяч элементов. В работе с объемными сборками требуется рациональный, обдуманный подход в методической и организационно-технической частях. При организации работ по моделированию является важным использование СУИД: основа модели КА представляется в виде структуры, которая основана на связях между элементами. СУИД позволяет распределять элементы модели по нужным специалистам и раздавать права доступа к моделированию, создавать конструктивные элементы и приборы служебных систем, а также проводить менеджмент сборки. Создавать модель необходимо с учетом требований отраслевой нормативной документации и специфики создания КА.

Для организации и планирования работ по созданию моделей конструкции необходим график моделирования, который может быть представлен в различных формах. Контроль сроков моделирования должен осуществляться централизованно. График отображает сроки разработки бортовой аппаратуры служебных систем и элементов конструкции. Помимо конструктивных элементов, состав изделия включает набор бортовой аппаратуры служебных систем, которая также подлежит моделированию. Обычно модели бортового оборудования поставляются совместно с технической документацией предприятием-разработчиком оборудования. Привести к единому виду различные модели позволяют следующие требования: для включения в систему управления инженерными данными модель должна быть конвертируема в

САПР, используемой разработчиком космического аппарата; модель представляется в виде одной детали. Исключением могут быть съемные или подвижные элементы. Отдельными деталями представляются колпаки, защитные крышки и приспособления для транспортировки; наименования файлов модели должно соответствовать единым правилам; приборный состав каждой из подсистем космического аппарата должен окрашиваться в определённый цвет для удобства идентификации в общей сборке модели; моделирование массогабаритных характеристик осуществляется путем задания атрибутов массы и определения координат центра масс; при моделировании бортовой аппаратуры космического аппарата разъемы должны показываться упрощенно с сохранением узнаваемого внешнего облика и реальных габаритов. Выдавливанием текста должна быть выполнена маркировка разъемов в местах их реального размещения; зоны обзора или незатенения должны моделироваться методом поверхностного моделирования, прозрачность поверхности должна быть в пределах 50-70%.

В АО «ИСС» принято разделять конструкторские и проектные подразделения. Проектные подразделения занимаются разработкой эскизных проектов, в общем смысле концептуальным проектированием. Конструкторские занимаются разработкой КД и ее сопровождением в процессе изготовления элементов изделия. Конструкторская и проектная модели должны быть связаны между собой. О параметризации моделей позволяет говорить ряд специальных мер осуществляющих взаимосвязь конструкторских и проектных моделей. Выделяются следующие меры: наличие единых шаблонов для всех моделей; наличие зон для размещения конструктивных элементов; инструментарий САПР должен позволять реализовывать метод нисходящего проектирования.

Зоны для размещения элементов конструкции изделия конструкторских и проектных подразделений являются общими. Для части конструктивных элементов в состав зон вводятся оси и вспомогательные плоскости. Бортовая аппаратура служебных систем выделяется в особую группу моделей. Поставляемые модели бортовой аппаратуры от предприятий-разработчиков, которых зачастую большое количество у предприятия-разработчика КА, должны быть интегрированы в систему управления инженерными данными. Из-за разного программного обеспечения, которым пользуются предприятия-разработчики, возникают сложности при приведении их к единому виду. Следовательно, необходимо выставлять требования к присылаемой модели для работы в единой САПР предприятия-разработчика КА.

Следующим шагом при работе с предприятиями-разработчиками бортовой аппаратуры является предоставление прав доступа к управлению общей моделью космического аппарата. Данный шаг дает возможность работы разных предприятий удаленно с помощью интернета. Но при этом могут существовать трудности технического и организационного характера. Одной из них может стать недостаток подготовленных специалистов.

Зачастую работа с применением СУИД вызывает трудности у специалистов. Для подготовки специалистов предприятий кооперации работы в СУИД предлагается организация выездных курсов для специалистов предприятия-разработчика космического аппарата. В рамках проведения курсов осуществляется не только теоретическая подготовка, но и наработка практических навыков.

При невозможности работы предприятий кооперации в СУИД необходимо строго контролировать входящие файлы этих предприятий. Использование САПР соответствующего уровня, а также жестко заданные требования к уровню проработки модели сильно упростят ее интеграцию. В случае невозможности соблюдения требований к модели предприятием-разработчиком бортовой аппаратуры, и при

необходимости работы с данным предприятием-разработчиком, допускается в разумных пределах снижение требований к присылаемой модели.

В заключении сформируем следующие выводы:

- Применение комплексного подхода в моделировании сокращает срок разработки документации по изделию и уменьшает время ее согласования;
- Моделирование в САПР дает возможность на начальных этапах найти ошибки и недостатки, упрощает разработку и доработку космического аппарата, сокращает общий срок его разработки;
- Система управления инженерными данными предоставляет возможность удаленной работы предприятий кооперации, при этом ужесточает требования к моделям для работы в единой САПР соответствующего уровня.

1. ГОСТ 2.052-2006. Электронная модель изделия.
2. ГОСТ 2.053-2006. Электронная структура изделия.
3. Сорокатая К.В., Ващенко И.В., Рагозина М.А., Аникина Ю.А. АИСУП на предприятиях ракетно-космической отрасли / Роль технических наук в развитии общества: сборник материалов II Международной научно-практической конференции (6 марта 2017 года). – Кемерово: ЗапСибНЦ, 2017 – 252с. – С. 91-92.