Интернет-журнал «Науковедение» ISSN 2223-5167 http://naukovedenie.ru/

Том 8, №6 (2016) http://naukovedenie.ru/vol8-6.php

URL статьи: http://naukovedenie.ru/PDF/125TVN616.pdf

Статья опубликована 28.12.2016

Ссылка для цитирования этой статьи:
Ныннырова А.С., Мартынюк В.А. Стандарты проектирования при разработке геометрических моделей изделия // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 8, №6 (2016) http://naukovedenie.ru/PDF/125TVN616.pdf (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

УДК 004.623

Мартынюк Владимир Алексеевич
ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет им. Баумана», Россия, Москва
Доцент кафедры «Системы автоматизированного проектирования»
E-mail: martrk6@gmail.com

Ныннырова Александра Сергеевна
Научно-производственное объединение «Иркут», Россия, Москва
Инженер 1-й категории
E-mail: Alexandra.Nynnyrova@irkut.com

Стандарты проектирования при разработке геометрических моделей изделия

Аннотация. В каждой проектирующей организации существуют свои правила проектирования геометрических моделей создаваемых объектов, иногда утвержденные в виде стандартов предприятия. Существует много проблем создания и поддержки таких стандартов. В данной статье перечисляются наиболее значимые проблемы разработки подобных стандартов. В соответствии с правилами, формирование геометрических моделей проектируемых изделий разделяется на рабочий и результирующий проекты. В результирующий проект конструктор передает только итоговую модель в виде “твердого тела”. Это значительно сокращает объем итогового проекта. Грубо говоря, если рабочий проект несложной детали занимает 10 мгбт, то результирующий проект этой же детали займет всего 1 мгбт. Можно представить - какой выигрыш мы имеем для сборочных единиц, насчитывающих до 15 000 деталей, не считая элементов крепежа. Но такое оформление результирующего проекта лишает его исходного дерева построения. То есть, на заводе, получив результирующий проект детали, можно увидеть форму детали, но нельзя её изменить. С одной стороны это сохраняет в неприкосновенности “авторство” проектирующей организации, но с другой стороны, на заводе не знают - как создавалась форма этой детали. Иногда это затрудняет процесс изготовления детали на заводе. Ещё одна проблема - выбор системы координат детали. Часто данная проблема возникает при проектировании сложных систем. Например, самолетов, кораблей, подводных лодок. В зависимости от назначения детали, начало её собственной системы координат (СК) может совпадать с глобальной системой координат всего корабля или самолета; с началом системы координат только данного отсека корабля или самолета; или может располагаться в непосредственной близости от самой детали. Последний случай представляется наиболее естественным, если вспомнить про габариты кораблей и самолетов.

Ключевые слова: контрольная структура; рабочая часть детали; результирующая часть детали; сборочная единица; абсолютна система координат; геометрическая модель; отсек самолета; глобальная система координат самолета

Введение

Современное безбумажное проектирование предполагает создание электронных геометрических моделей проектируемых изделий с помощью отечественных или зарубежных CAD систем (Solid Work, Solid Edge, Inventor, T-Flex, Компас, NX, CATIA, Pro-Engineer и др.). Чем сложнее проект, тем “тяжелее” используемая CAD система.

В каждой проектирующей организации существуют свои правила проектирования геометрических моделей, иногда утвержденные в виде стандартов предприятия. Эти правила регламентируют многие аспекты создания геометрических моделей и их оформление: базирование отдельных компонентов проекта, использование деталей окружения, формирование геометрических связей, оформление технических требований и технических условий производства и многое другое. При этом во многих проектирующих организациях правила проектирования частично заимствованы из практики известных зарубежных фирм. Например, в гражданском самолетостроении, которое часто осуществляется в широкой международной кооперации, многие проектирующие организации основывают свои правила создания геометрических моделей на опыте фирм Boeing и Airbus.

Существует много проблем создания и поддержки таких стандартов. Особенно в условиях постоянной занятости персонала и нехватки времени и ресурсов на их разработку. Одна из проблем заключается в многочисленных и долгих согласованиях. Эти согласования приходится осуществлять не только внутри проектирующей организации, но и с работниками промышленных предприятий. В результате редкие предприятия могут похвастаться своевременно выпущенными стандартами проектирования. А ещё реже можно констатировать, что такие стандарты своевременно обновляются. В данной статье перечисляются наиболее значимые проблемы разработки подобных стандартов.

Сложности предприятия

В соответствии с правилами, формирование геометрических моделей проектируемых изделий разделяется на рабочий и результирующий проекты. В рабочем проекте конструктор может формировать геометрическую модель изделия всеми, доступными ему средствами. При этом, в рабочем проекте конструктор создает множество вспомогательных точек, осей, плоскостей, эскизов и других элементов. А в результирующий проект конструктор передает только итоговую модель в виде “твердого тела”. Это значительно (иногда на порядок) сокращает объем итогового проекта. Грубо говоря, если рабочий проект несложной детали занимает 10 мгбт, то результирующий проект этой же детали займет всего 1 мгбт. Можно представить - какой выигрыш мы имеем для сборочных единиц, насчитывающих до 15 000 деталей, не считая элементов крепежа.

Но такое оформление результирующего проекта лишает его исходного дерева построения. То есть, на заводе, получив результирующий проект детали, можно увидеть форму детали, но нельзя её изменить. С одной стороны это сохраняет в неприкосновенности “авторство” проектирующей организации, но с другой стороны, на заводе не знают - как создавалась форма этой детали. Иногда (особенно в случаях сложных поверхностных построений [3]) это затрудняет процесс изготовления детали на заводе.

Не четко определены геометрические связи между деталями

При создании сборочных единиц, с помощью специальных средств современных CAD систем [1], конструктор осуществляет сложные геометрические связи между графическими примитивами отдельных деталей в сборке. В результате, изменение формы или габаритов

одного компонента сборки автоматически приводит к соответствующим изменениям другого компонента, если между ними установлена вышеупомянутая геометрическая связь. Такие связи чрезвычайно полезны при “вписывании” проектируемой детали в уже существующее окружение. Впоследствии они позволяют быстро осуществлять корректировку изделия, строить его новые ревизии: изменилось окружение - тут же изменилась и спроектированная деталь.

Описываемые геометрические связи между компонентами на определенных этапах проектирования могут существовать в разных состояниях: активном, замороженном, разорванном. В стандартах проектирования нужно строго оговаривать формирование и дальнейшее существование геометрических связей между деталями. К сожалению, случаются ситуации, когда в практике проектирования возможны разночтения по поводу того, замороженными или разорванными должны быть неактивные связи.

Отсутствуют стандарты проектирования сборок

Стандарты проектирования разделяются на стандарты проектирования отдельных деталей и стандарты формирования сборочных единиц. Как правило, кампания по разработке стандартов проектирования начинается со стандартов для отдельных деталей, и с течением времени, ресурсов на разработку стандартов по сборкам уже не остается. Это обстоятельство обуславливается ещё и тем, что разработку отдельных деталей, как правило, доверяют молодым конструкторам, работу которых необходимо строго регламентировать. А сборочные единицы обычно формируют ведущие конструкторы, профессионализм которых позволяет им справляться и без руководящих документов.

Но проблема состоит в том, что ещё при проектировании отдельных деталей, в процессе их базирования, выборе их систем координат нужно уже учитывать механизм их последующей расстановки в сборках. Нужно учитывать, что одна и та же деталь может многократно применяться в различных сборках. Поэтому даже её неправильное обозначение может негативно сказаться при формировании последующих сборочных единиц. Таким образом, стандарты проектирования отдельных деталей и сборочных единиц должны разрабатываться в комплексе. К сожалению, это правило учитывается не всегда.

Проектирование отдельной детали: автономно или в окружении других деталей

Вы можете формировать геометрическую модель отдельной детали совершенно автономно, не обращая внимания на её окружение. Для некоторых деталей, такой способ проектирования совершенно естественен. Всевозможные кронштейны, хомуты и иные элементы крепежа проектируются именно так. И впоследствии расстановка подобных деталей в различных сборках проблем не вызывает.

Но часто детали окружения просто необходимы для построения модели детали. Например, если вы строите модель компенсатора, полочка которого должна плотно прилегать к поверхности обшивки самолета, вам гораздо удобнее формировать эту полочку компенсатора по теоретической поверхности фюзеляжа. Поэтому в большинстве случаев конструктор все-таки загружает окружение будущей детали. Но при этом детали окружения привносят в рабочий проект свои атрибуты. В частности, свои системы координат. Это придется учитывать при определении собственной системы координат итогового изделия.

В любом случае в стандарте проектирования отдельной детали должны быть предусмотрены оба варианта её построения.

Проблема выбора системы координат отдельной детали

Часто данная проблема возникает при проектировании сложных систем. Например, самолетов, кораблей, подводных лодок. В этих случаях весь проект разделяется на отдельные части (отсеки корабля, самолета, лодки). В зависимости от назначения детали, начало её собственной системы координат (СК) может совпадать с глобальной системой координат всего корабля или самолета; с началом системы координат только данного отсека корабля или самолета; или может располагаться в непосредственной близости от самой детали. Последний случай представляется наиболее естественным, если вспомнить про габариты кораблей и самолетов.

Начало СК детали совпадает с началом СК всей системы в том случае, если вы базируете свою деталь относительно некоторой детали окружения, у которой собственная система координат уже совпадает с СК всей системы. Чаще всего такое положение дел случается при проектировании деталей гидросистем, топливной системы, кондиционирования воздуха, расположение которых не всегда ограничивается одним отсеком.

Начало СК детали совпадает с началом СК конкретного отсека системы в том случае, если в качестве детали окружения использовать деталь, у которой собственная система координат уже совпадает с СК конкретного отсека. Например, если в качестве детали окружения, конструктор применит файл теоретической поверхности фюзеляжа данного отсека самолета, или файл разбивки отсека на плоскости шпангоутов, или файл разбивки отсека на грани стрингеров.

Самым естественным случаем является ситуация, когда начало СК детали располагается в непосредственной близости от самой детали. В этом случае конструктор определяет точку начала СК детали, исходя из собственных соображений. Например, в самолете существует большая группа *соединительных* деталей каркаса фюзеляжа, расположенных в непосредственной близости от обшивки самолета. Проектируя геометрические модели таких деталей, конструктор может располагать их СК в неких характерных точках, расположенных на теоретической поверхности самолета.

В стандарте проектирования моделей отдельных деталей необходимо предусмотреть различные случаи определения СК деталей.

Проблемы проектирования сборок

Следовало бы уточнить, что речь идет о проблемах проектирования комплексных сборок. Дело в том, что при проектировании сложных кораблей и самолетов создаются множество различных сборочных единиц, отражающих конструкцию всевозможных подсистем: каркаса, гидравлики, кондиционирования воздуха, радиооборудования, топливной системы, электроснабжения, светотехники, автоматического управления и пр. И каждая такая сборка создается таким образом, что, просматривая сборку каркаса самолета, вы ничего не узнаете о её гидравлической системе, и наоборот.

Но возникают многие ситуации, когда эти сборки приходится совмещать. Самый простой пример - это создание технологии сборки всей системы. В этом случае технологу необходимо видеть на конкретном технологическом посту сборки - как собирать и трубопроводы гидравлики, и кабели электроснабжения, и элементы каркаса, и многое другое. Эти же проблемы возникают при оценке ремонтоспособности системы, когда необходимо опять-таки увидеть совмещение всех сборок в конкретном месте с тем, чтобы оценить - возможно ли “добраться” с отверткой до нужного болта так, чтобы не задеть какой-нибудь

трубопровод или электрический кабель. Такая же потребность в комплексных сборках возникает при оценке жизнеспособности системы в случае локальных повреждений.

Конечно, существуют средства совмещения разных сборок и в CAD системе, и в системе PDM [2]. Но все это требует большого времени (2 - 4 часа в зависимости от производительности компьютера). Поэтому в стандартах проектирования сборок должны быть предусмотрены средства быстрого формирования комплексных сборок в локальных зонах.

Для примера на рисунке 1 представлены только две подсистемы сложного изделия - каркаса и гидравлики. В реальности, часто нет большой необходимости рассматривать эти подсистемы целиком. Достаточно совместно рассмотреть эти подсистемы только в конкретной небольшой зоне. На рис. 1 такая зона выделена с помощью полупрозрачного параллелепипеда. Итоговая картинка интересующей нас области представлена на рис. 2. Важно - как быстро можно создать подобную комплексную сборку в ограниченном объеме, и как много подсистем при этом можно учесть.

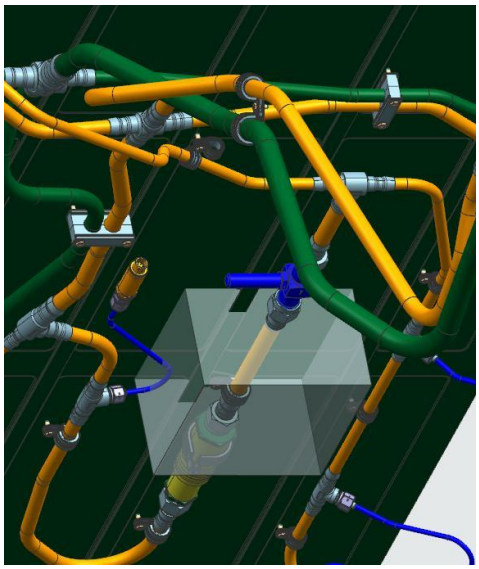

Рисунок 1. Рисунок автора

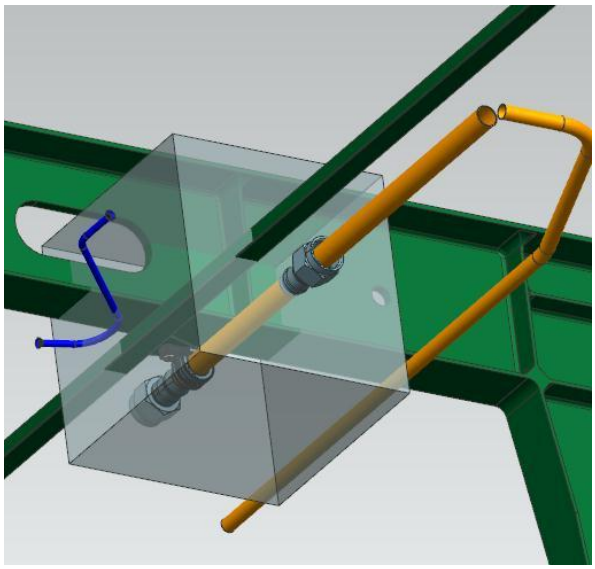

Рисунок 2. Рисунок автора

В статье были перечислены лишь самые очевидные проблемы разработки стандартов предприятия на формирование геометрических моделей конструируемого изделия. Конкретные задачи этого процесса должны решаться в рамках крупных проектирующих объединений, эксплуатирующих однотипные инструментальные средства проектирования. Например, в рамках объединенной авиационной корпорации (ОАК).

ЛИТЕРАТУРА

1. Голованов Н.Н. Геометрическое моделирование, М., Изд-во курс Инфра-М, 2016.
2. Данилов Ю., Артамонов И. практическое использование NX. М., Изд-во ДМК, 2011.
3. Тороп Д., Терликов В. Teamcenter Начало работы. М., Изд-во ДМК, 2011.
4. Куприков М.Ю., Маркин Л.В., Панов В.В. и др. Формирование рационального облика перспективных авиационных ракетных систем и комплексов. - М.: Машиностроение, 2010.
5. Гаврилов В.Н. Автоматизированная компоновка приборных отсеков летательных аппаратов. - М.: Машиностроение, 1988.
6. Мальчевский В.В. Автоматизация процесса компоновки самолета. - М.: Изд-во МАИ, 1987.
7. Стоян Ю.Г., Яковлев С.В. Математические модели и оптимизационные методы геометрического проектирования. - Киев: Наук. думка, 1986.
8. David Eberly: Dynamic Collision Detection using Oriented Bounding Boxes, Geometric Tools, LLC, 2008.
9. Tomas Moller, A Fast Triangle-Triangle Intersection Test, Journal of Graphics Tools, vol. 2, no. 2, pp. 25-30, 1997.
10. Stefan Gottschalk, Ming Lin, and Dinesh Manocha, OBBTree: A Hierarchical Structure for Rapid Interference Detection, In Proceedings of ACM Siggraph, pp. 171-180, 1996.

Martynyuk Vladimir Alexeevich
Bauman Moscow state technical university, Russia, Moscow
E-mail: martrk6@gmail.com

Nynnyrova Alexandra Sergeevna
NPO Irkut, Russia, Moscow
E-mail: Alexandra.Nynnyrova@irkut.com

Design standards for working out geometric models of products

Abstract. There are many property rules for elaboration geometric models of products in each investigatory companies and design offices. Sometimes, such rules for elaboration geometric models of products are approved as company standards. There are many problems in creation and support such standards. In this article discuss the largest problems of such standards. In accordance with rules, creation geometric models of products is divided into two groups: working project and result project. There are many auxiliary planes, axes, points, sketches in working project. But designer transfers geometric model in result project only as solid body, without any auxiliary components. This circumstance considerable reduce common memory necessary for project. For example if working project needs 10 Mgbt memory, result project needs only 1 Mgbt memory. But with regret such technique deprives geometric model its initial constructions tree. In another words you can only see detail geometric form, but you cannot change details form. Another problem - selection detail absolute coordinate system. Often such problem arises in complex projects (aircrafts, ships, submarines projects). In this case large aircraft, ship, submarine is divided in many compartments, modules. You must choose: detail absolute coordinate system will coincide with ships (aircrafts, submarines) global coordinate system or with compartments coordinate system. Another problems discussed in this article too.

Keywords: geometric models of products; company standards; working project; result project; auxiliary components; initial constructions tree; absolute coordinate system; global coordinate system