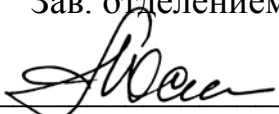


Министерство образования и науки российской федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ  
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)**

Утверждаю  
Зав. отделением каф. ЮНЕСКО

 Ю.М. Осипов

" \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2010 г.

## **ЭЛЕКТРОННАЯ МОДЕЛЬ ИЗДЕЛИЯ**

Методические указания к выполнению практических занятий  
по дисциплине «**CALS-технологии**» для магистрантов  
по направлениям 220000.68 и 222000.68 «Инноватика» по магистерской про-  
грамме «Управление инновациями в мехатронике и робототехнике" и 221000.68  
«Мехатроника и робототехника» по магистерской программе «Проектирование  
и исследование мультикоординатных электромехатронных систем движения»

Томск 2010

УДК 621.396.6.671.7

Электронная модель изделия: Методические указания к выполнению практических занятий по дисциплине «**CALS-технологии**» для магистрантов по направлениям 220000.68 и 222000.68 «Инноватика» по магистерской программе «Управление инновациями в мехатронике и робототехнике» и 221000.68 «Мехатроника и робототехника» по магистерской программе «Проектирование и исследование мультикоординатных электромехатронных систем движения». – Томск: Изд-во ТУСУР, 2010. – 19 с.

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию методическим семинаром отделения кафедры ЮНЕСКО  
«31» августа 2010 г.

Составитель к.т.н., доц.



С.В. Щербинин

Зав. кафедрой ОКЮ  
доктор техн. наук,  
доктор экон. наук  
профессор



Ю.М. Осипов

*Рецензент*  
Доктор технических наук,  
профессор кафедры ЕНО ЮТИ ТПУ  
*А.В. Градобоев*

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ

Целью работы является изучение требований к созданию электронных моделей изделий.

Задачи – изучение основных положений ГОСТ 2.052-2006 "Электронная модель изделия" и адаптация полученных знаний в процессе подготовки интерактивного электронного технического руководства мехатронного изделия.

## 2. ТЕРМИНЫ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

### 2.1. Термины и определения

В электронном документообороте применяют следующие термины с соответствующими определениями:

2.1.1 электронная модель изделия (модель): Электронная модель детали или сборочной единицы по ГОСТ2.102.

2.1.2 электронная геометрическая модель (геометрическая модель): Электронная модель изделия, описывающая геометрическую форму, размеры и иные свойства изделия, зависящие от его формы и размеров.

2.1.3 геометрический элемент: Идентифицированный (именованный) геометрический объект, используемый в наборе данных<sup>1</sup>.

2.1.4 геометрия модели: Совокупность геометрических элементов, которые являются элементами геометрической модели изделия.

2.1.5 вспомогательная геометрия: Совокупность геометрических элементов, которые используются в процессе создания геометрической модели изделия, но не являются элементами этой модели<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Геометрическим объектом может быть точка, линия, плоскость, поверхность, геометрическая фигура, геометрическое тело.

<sup>2</sup> Геометрическими элементами могут быть осевая линия, опорные точки сплайна, направляющие и образующие линии поверхности и др.

2.1.6 атрибут модели: Размер, допуск, текст или символ, требуемый для определения геометрии изделия или его характеристики.

2.1.7 модельное пространство: Пространство в координатной системе модели, в котором выполняется геометрическая модель изделия.

2.1.8 плоскость обозначений и указаний: Плоскость в модельном пространстве, на которую выводится визуально воспринимаемая информация, содержащая значения атрибутов модели, технические требования, обозначения и указания.

2.1.9 данные расположения: Данные, определяющие размещение и ориентацию изделия и его составных частей в модельном пространстве в указанной системе координат.

2.1.10 твердотельная модель: Трехмерная электронная геометрическая модель, представляющая форму изделия как результат композиции заданного множества геометрических элементов с применением операций булевой алгебры к этим геометрическим элементам.

2.1.11 поверхностная модель: Трехмерная электронная геометрическая модель, представленная множеством ограниченных поверхностей, определяющих в пространстве форму изделия.

2.1.12 каркасная модель: Трехмерная электронная геометрическая модель, представленная пространственной композицией точек, отрезков и кривых, определяющих в пространстве форму изделия.

2.1.13 составная часть изделия: Изделие любого вида по ГОСТ 2.101, входящее в состав изделия и рассматриваемое как единое целое.

2.1.14 файл модели: Файл, содержащий информацию о геометрических элементах, атрибутах, обозначениях и указаниях, которые рассматриваются как единое целое.

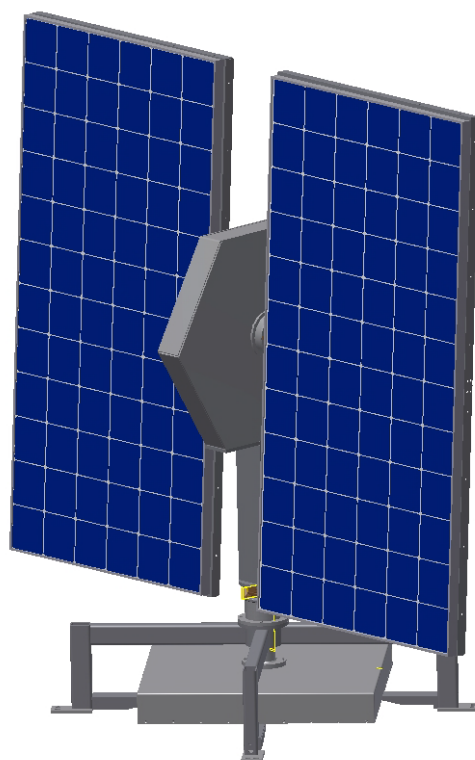


Рис. 1. Твёрдая модель солнечной электростанции с поворотными солнечными батареями

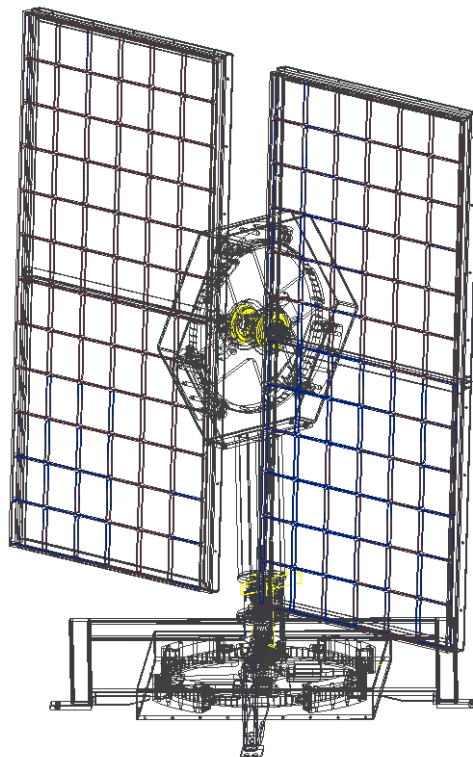


Рис. 2. Каркасная модель солнечной электростанции с поворотными солнечными батареями

2.1.15 электронный макет: Электронная модель изделия, описывающая его внешнюю форму и размеры, позволяющая полностью или частично оценить его взаимодействие с элементами производственного и/или эксплуатационного окружения, служащая для принятия решений при разработке изделия и процессов его изготовления и использования.

## **2.2. Сокращения**

В настоящих методических указаниях приняты следующие сокращения:

ПОУ - плоскость обозначений и указаний;

ПЗ - пояснительная записка;

КД - конструкторский документ;

ЭМИ - электронная модель изделия;

ЭМД - электронная модель детали;

ЭМСЕ - электронная модель сборочной единицы;

ЭМК - электронный макет;

САПР - система автоматизированного проектирования;

ЭГМ - электронная геометрическая модель.

## **3. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

В компьютерной среде ЭМИ представляется в виде набора данных, которые вместе определяют геометрию изделия и иные свойства, необходимые для изготовления, контроля, приемки, сборки, эксплуатации, ремонта и утилизации изделия.

ЭМИ, как правило, используется:

- для интерпретации всего составляющего модель набора данных (или его части) в автоматизированных системах;

- для визуального отображения конструкции изделия в процессе выполнения проектных работ, производственных и иных операций;
- для изготовления чертежной конструкторской документации в электронной и/или бумажной форме.

Общие требования к выполнению КД в форме электронной модели изделия — по ГОСТ 2.051. ЭМИ составляет содержательную часть соответствующего КД по ГОСТ 2.102 (ЭМД или ЭМСЕ). Требования по составу и представлению информации согласно ИСО 10303-1 [1], ИСО 10303-11 [2], ИСО 10303-42 [3], ИСО 10303-201 [4]. Реквизитную часть выполняют по ГОСТ 2.104.

ЭМИ, как правило, состоит из геометрической модели изделия, произвольного количества атрибутов модели и может включать технические требования. Схематический состав модели приведен на рисунке 3

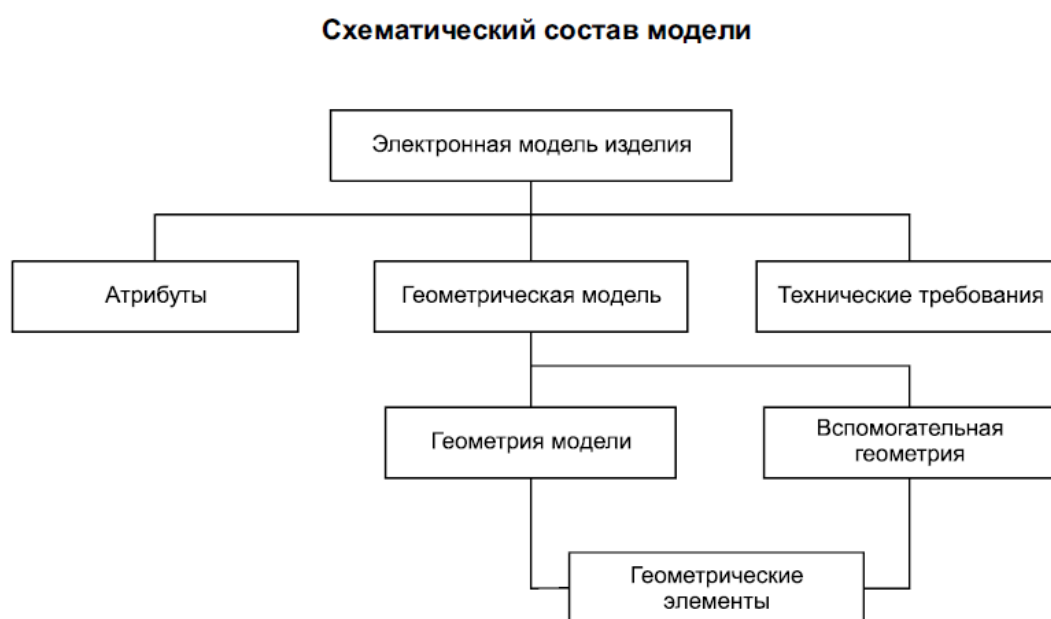


Рис. 3. Схема состава электронной модели изделия

Модель должна содержать полный набор конструкторских, технологических и физических параметров согласно ГОСТ 2.109, необходимых для

выполнения расчетов, математического моделирования, разработки технологических процессов и др.

Полнота и подробность модели на различных стадиях разработки должны соответствовать требованиям стандартов Единой системы конструкторской документации.

Электронный конструкторский документ, выполненный в виде модели, должен соответствовать следующим основным требованиям:

- а) атрибуты (модели), обозначения и указания, приведенные в модели, должны быть необходимыми и достаточными для указанной цели выпуска (например, изготовления изделия или построения чертежа в бумажной и/или электронной форме);
- б) все значения размеров должны получаться из модели;
- в) определенные в модели связанные геометрические элементы, атрибуты, обозначения и указания должны быть согласованы;
- г) атрибуты, обозначения и указания, определенные и/или заданные в модели и изображенные на чертеже, должны быть согласованы;
- д) если в модели не содержатся все конструкторские данные изделия, то это должно быть указано;
- е) не допускается давать ссылки на нормативные документы, определяющие форму и размеры конструктивных элементов (отверстия, фаски, канавки и т. п.), если в них нет геометрического описания этих элементов. Все данные для их изготовления должны быть приведены в модели;
- ж) разрядность при округлении значений линейных и угловых размеров должна задаваться разработчиком;

При визуализации (отображении) модели на электронном устройстве (например, экране дисплея) выполняются следующие правила:

- а) размеры, предельные отклонения и указания (в т.ч. технические требования) следует показывать в основных плоскостях проекций по ГОСТ 2.305, аксонометрических проекциях — по ГОСТ



2.317 или иных удобных для визуального восприятия отображаемой информации плоскостях проекций;

- б) весь текст (требования, обозначения и указания) должен быть определен водной или более ПОУ;
- в) отображение информации в любой ПОУ не должно накладываться на отображение любой другой информации в той же самой ПОУ;
- г) текст требований, обозначений и указаний в пределах любой ПОУ не должен помещаться поверх геометрии модели, когда он расположен перпендикулярно к плоскости отображения модели;
- д) для аксонометрических проекций ориентация ПОУ должна быть параллельна, перпендикулярна или совпадать с поверхностью, к которой она применяется;
- е) при повороте модели должно быть обеспечено необходимое направление чтения в каждой .

Пример отображения ПОУ при различной ориентации модели в модельном пространстве при визуализации модели на электронном устройстве отображения приведен на рис. 4.

При визуализации модели допускается:

- а) не представлять модель на чертежном формате;
- б) не показывать отображение центральных (осевых) линий или центральных плоскостей для указания размеров;
- в) не показывать штриховку в разрезах и сечениях;
- г) не представлять реквизиты основной надписи и дополнительных граф к ней на чертежном формате. В этом случае просмотр реквизитов основной надписи и дополнительных граф к ней следует обеспечивать по запросу. Состав реквизитов — по ГОСТ2.104;

Пример визуализации модели на электронном устройстве отображения

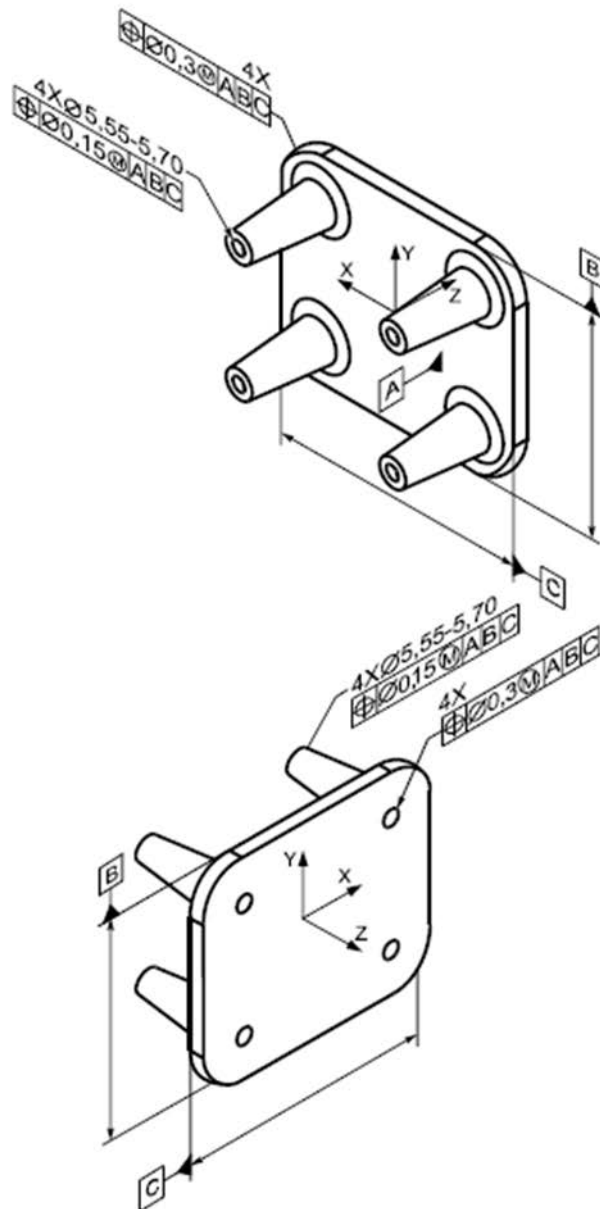


Рис. 4. Пример отображения ПОУ при различной ориентации модели в модельном пространстве

- д) показывать дополнительные конструктивные параметры с помощью вспомогательной геометрии, например координаты центра масс;
- е) показывать размеры и предельные отклонения без использования сечений;
- ж) включать ссылки на документы другого вида при условии, что ссылочный документ выполнен в электронной форме. При пере-

даче конструкторской документации другому предприятию эти документы должны быть включены в комплект КД на изделие.

При задании атрибутов применяют условные обозначения (знаки, линии, буквенные и буквенно-цифровые обозначения и др.), установленные в стандартах Единой системы конструкторской документации. Размеры условных знаков определяют с учетом наглядности и ясности и выдерживают одинаковыми при многократном применении в пределах одной модели.

При разработке модели предусматривают применение электронных библиотек (электронных каталогов) стандартных и покупных изделий. Применение, способы и правила использования электронных библиотек устанавливает разработчик, если это не указано в техническом задании или протоколе рассмотрения технического предложения (эскизного проекта).

Для документации на изделия, разрабатываемые по заказу Министерства обороны, номенклатура и техническое содержание применяемых электронных библиотек изделий, а также нормативные документы организации должны быть согласованы с заказчиком (представительством заказчика).

В модель допускается включать ссылки на стандарты и технические условия, если они полностью и однозначно определяют соответствующие требования. Допускается давать ссылки на технологические инструкции, когда требования, установленные этими инструкциями, являются единственными, гарантирующими требуемое качество изделия.

Для документации на изделия, разрабатываемые по заказу Министерства обороны, стандарты и технологические инструкции организаций должны быть согласованы с заказчиком (представительством заказчика).

В модель не включают технологические указания. В виде исключения допускается включать технологические указания в случаях, предусмотренных ГОСТ 2.109.

#### 4. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЭЛЕКТРОННОЙ МОДЕЛИ ИЗДЕЛИЯ

ЭМИ должна содержать, как минимум, одну координатную систему. Координатную систему модели изображают тремя взаимно перпендикулярными линиями с началом координат, расположенным в пересечении трех осей, при этом:

- должно быть показано положительное направление и обозначение каждой оси;
- следует использовать правостороннюю координатную систему модели (рисунок 5), если не оговорена другая координатная система.

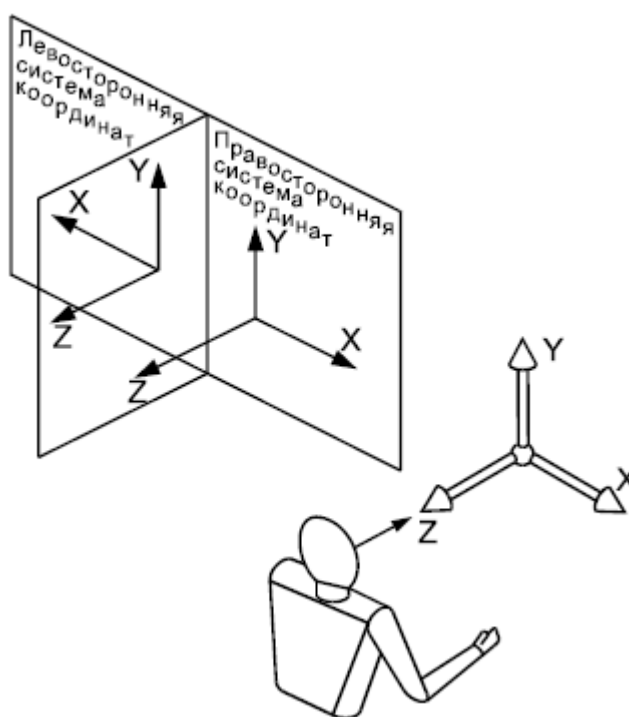


Рис. 5. Координатная система электронной модели изделия

При необходимости допускается использовать неортогональную координатную систему модели.

При разработке ЭМИ используют следующие типы представления формы изделия согласно ИСО 10303-42, ИСО 10303-41 [5], ИСО 10303-43 [6]:

- каркасное представление;
- поверхностное представление;
- твердотельное представление.

Состав и взаимосвязь типов представления формы изделия приведены на рисунке 6.

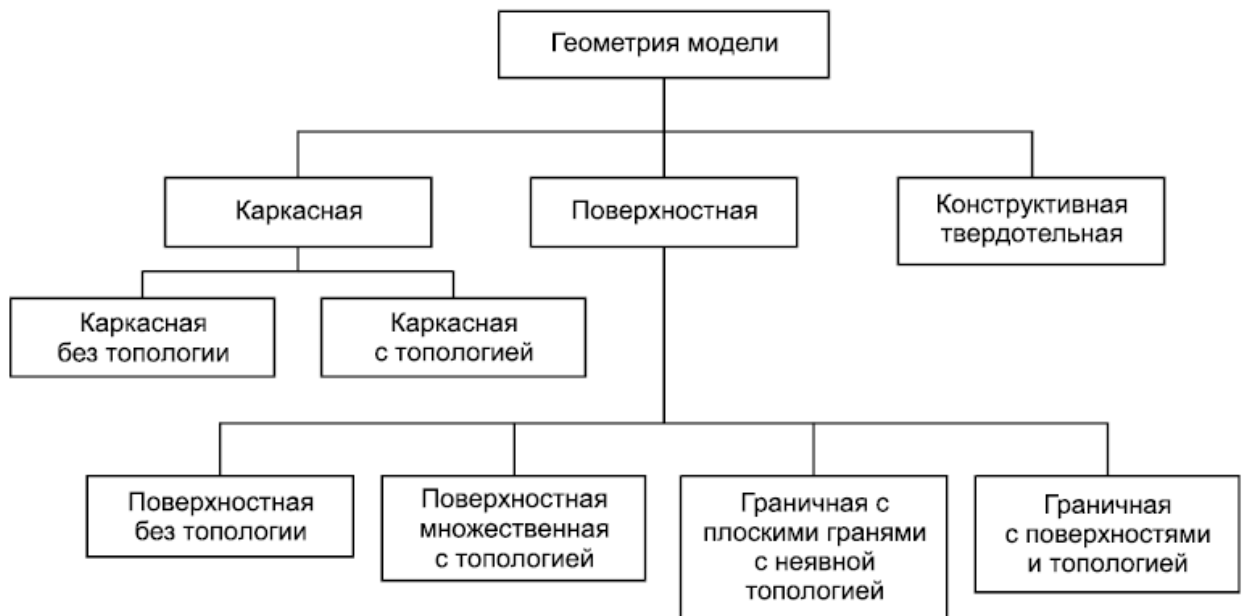


Рис. 6. Состав и взаимосвязь типов представления формы изделия

При разработке ЭМИ обеспечивают представление файла модели согласно ИСО 10303-21 [7], ИСО 10303-22 [8].

В ЭМИ допускается выполнять упрощенное представление частей модели типа отверстий, резьбы, лент, пружин и др., используя частичное определение геометрии модели, атрибуты модели или их комбинацию.

Начальная ориентация ЭМИ в модельном пространстве не оговаривается.

## **5. ТРЕБОВАНИЯ К ВИДАМ ЭЛЕКТРОННЫХ МОДЕЛЕЙ ИЗДЕЛИЯ**

### **5.1. Электронная модель детали**

ЭМД разрабатывают, как правило, на все детали, входящие в состав изделия, если техническим заданием предусмотрено выполнение документации только в виде ЭМИ.

ЭМД, как правило, следует выполнять в размерах, которым изделие должно соответствовать перед сборкой. Исключения составляют случаи, указанные в ГОСТ 2.109. Значения предельных отклонений, шероховатости поверхностей и другие необходимые значения атрибутов изделия или его элементов должны соответствовать значениям перед сборкой.

Предельные отклонения и шероховатость поверхностей элементов изделия, получающиеся в результате обработки в процессе сборки или после нее, указывают в ЭМСЕ.

Условные обозначения материала записывают в ЭМД в соответствии с ГОСТ 2.109.

Если для изготовления детали предусматривается использование заменителей материала, то их приводят в технических требованиях. Если ЭМИ выполняют с учетом текстуры материала, то следует задавать текстуру основного материала.

Если деталь должна быть изготовлена из материала, имеющего определенное направление волокон, основы ит. п. (металлическая лента, ткань, бумага, дерево) или расположение слоев материала детали (текстолита, фибры, гетинакса), то при необходимости допускается указывать направление волокон или расположение слоев материала детали.

## 5.2. Электронная модель сборочной единицы

ЭМСЕ должна давать представление о расположении и взаимной связи составных частей, соединяемых в сборочную единицу, и содержать необходимую и достаточную информацию для осуществления сборки и контроля сборочной единицы.

ЭМД, входящие в состав ЭМСЕ, рекомендуется включать в модель как самостоятельные модели, размещая их в координатной системе ЭМСЕ и задавая данные расположения.

ЭМСЕ, входящие в состав изделия более высокого уровня иерархии, рекомендуется включать в состав модели этого изделия как самостоятельные модели, размещая их в координатной системе ЭМСЕ более высокого уровня иерархии и задавая данные расположения.

Организация уровней входимости составных частей, входящих в ЭМСЕ конечного изделия, должна быть необходимой и достаточной для рациональной организации производства (сборки и контроля) изделий.

ЭМСЕ должна содержать параметры и требования, которые необходимо по ней выполнять или контролировать:

- а) номера позиций составных частей, входящих в изделие;
- б) установочные, присоединительные и другие необходимые справочные размеры;
- в) техническую характеристику изделия (при необходимости);
- г) указания о характере сопряжения элементов ЭМСЕ и методах его осуществления, если точность сопряжения обеспечивается не заданными предельными отклонениями размеров, а подбором, пригонкой и т.п.;
- д) указания о выполнении неразъемных соединений (сварных, паяных и др.). В ЭМСЕ изделий единичного производства допускается указывать данные о подготовке кромок под неразъемные соединения (сварку, пайку и т.д.).

В ЭМСЕ допускается включать модели пограничных (соседних) изделий («обстановки»), соблюдая размеры, определяющие их взаимное расположение.

Установочные и присоединительные размеры, необходимые для увязки с другими изделиями, должны быть указаны с предельными отклонениями.

Все составные части сборочной единицы нумеруют. Номера позиций должны соответствовать указанным в спецификации и/или электронной структуре изделия этой сборочной единицы.

Допускается выполнение документации на сборочную единицу только в виде ЭМСЕ. В этом случае в ЭМСЕ приводят дополнительные данные, необходимые для изготовления деталей (шероховатость поверхностей, отклонения формы и т.д.).

Если при сборке изделия для его регулировки, настройки, компенсации составные части подбирают, то в ЭМСЕ их включают в одном (основном) из возможных вариантов применения, обеспечивающим номинальные параметры.

В технических требованиях помещают необходимые указания по установке таких «подборных» частей. Формулировка указаний — по ГОСТ 2.109.

Если после сборки изделия на время его хранения и (или) транспортирования требуется установить защитные временные детали (крышку, заглушку и т. п.), в ЭМСЕ эти детали включают так, как они должны быть установлены при хранении и транспортировании. Если защитные временные детали на время хранения и транспортирования должны устанавливаться вместо снимаемых с изделия каких-либо приборов, механизмов, то их ЭМД включают в ЭМСЕ, а в технических требованиях помещают соответствующие указания.



### 5.3. Электронный макет

ЭМК является разновидностью ЭМИ (ЭМСЕ) и предназначен для оценки взаимодействия составных частей макетируемого изделия или изделия в целом с элементами производственного и/или эксплуатационного окружения.

ЭМК разрабатывается на проектных стадиях, не предназначается для изготовления по ним изделий и, как правило, не содержит данных для изготовления и сборки.

Как правило, ЭМК выполняется на основании ЭМСЕ с использованием мультимедийных технологий, показывающих динамику перемещения и крайние положения перемещающихся, выдвигаемых или откидываемых частей, рычагов, кареток, крышек на петлях и т.п.

ЭМК следует выполнять, как правило, с упрощениями, соответствующими целям его разработки. Подробность ЭМК должна быть достаточной для того, чтобы дать исчерпывающее представление о внешних очертаниях изделия, положениях его выступающих частей (рычагов, маховиков, ручек, кнопок и т.п.), об элементах, которые должны быть постоянно в поле зрения (например, шкалах), о расположении элементов связи изделия с другими изделиями.

При необходимости допускается приводить данные о работе изделия и взаимодействии его частей. Эти данные заносят в аннотационную часть ЭМК. Допускается также помещать ссылку на (электронный) текстовый документ (как правило, ПЗ).

Допускается не показывать элементы, выступающие за основной контур на незначительную величину по сравнению с размерами изделия.

В ЭМК допускается включать детали и сборочные единицы, не входящие в состав изделия («обстановки»), соблюдая их взаимное расположение.

Точность построения ЭМК должна быть необходимой и достаточной для того, чтобы определить габаритные размеры изделия, установочные и

присоединительные размеры и, при необходимости, размеры, определяющие положение выступающих частей.

## **5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Что такое геометрическая модель?
2. Что называют геометрическим элементом?
3. Что такое вспомогательная геометрия?
4. Дайте определение атрибута модели.
5. Что понимают под модельным пространством?
6. Чем отличаются твердотельная, поверхностная и каркасные модели?
7. Что называют электронным макетом?

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. ГОСТ 2.052 – 2006 Электронная модель изделия.
2. ГОСТ 2.051—2006 Единая система конструкторской документации. Электронные документы. Общие положения
3. ГОСТ 2.101—68 Единая система конструкторской документации. Виды изделий
4. ГОСТ 2.102—68 Единая система конструкторской документации. Виды и комплектность конструкторских документов
5. ГОСТ 2.104—2006 Единая система конструкторской документации. Основные надписи
6. ГОСТ 2.109—73 Единая система конструкторской документации. Основные требования к чертежам.
7. ГОСТ 2.305—68 Единая система конструкторской документации. Изображения — виды, разрезы, сечения.

8. ГОСТ 2.307—68 Единая система конструкторской документации.  
Нанесение размеров и предельных отклонений
9. ГОСТ 2.317—69 Единая система конструкторской документации.  
АксонOMETрические проекции.

## **ЭЛЕКТРОННАЯ МОДЕЛЬ ИЗДЕЛИЯ**

Методические указания к выполнению практических занятий  
по дисциплине «**CALS-технологии**» для магистрантов  
по направлениям 220000.68 и 222000.68 «Инноватика» по магистерской про-  
грамме «Управление инновациями в мехатронике и робототехнике" и  
221000.68 «Мехатроника и робототехника» по магистерской программе  
«Проектирование и исследование мультикоординатных электромехатронных  
систем движения»

Составитель

Щербинин Сергей Васильевич

Подписано к печати

Формат 60x84/16. Бумага офсетная

Печать RISO. Усл.печ.л. Уч.-изд.л.

Тираж 50 экз. Заказ . Бесплатно