|  |
| --- |
| **Федеральное агентство** **по техническому регулированию и метрологии** |
| **Изображение выглядит как зарисовка, круг, белый, графическая вставка  Автоматически созданное описание** |  | **НАЦИОНАЛЬНЫЙ****СТАНДАРТ****РОССИЙСКОЙ****ФЕДЕРАЦИИ** |  | **ГОСТ Р****2.052―****20ХХ**(*Проект, окончательная редакция)* |

**Единая система конструкторской документации**

**ЭЛЕКТРОННАЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИЗДЕЛИЯ**

**Основные положения**

*Настоящий проект стандарта не подлежит применению до его утверждения*

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Акционерным обществом «Научно-исследовательский центр «Прикладная Логистика» (АО «НИЦ «Прикладная Логистика»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 482 «Поддержка жизненного цикла продукции»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от ….

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (www.rst.gov.ru)*

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 202Х

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ российской федерации**

|  |
| --- |
| **Единая система конструкторской документации****ЭЛЕКТРОННАЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИЗДЕЛИЯ****Основные положения**Unified system for design documentation. Digital geometrical model. General provisions |

Дата введения ―

1. Область применения

1.1 Настоящий стандарт устанавливает классификацию и общие требования к трехмерным электронным геометрическим моделям изделий и других объектов, связанных с изделием (отдельные конструктивные элементы изделий, материалы с геометрическим представлением, области пространства и т. п.), создаваемым для решения различных задач на стадиях разработки, производства и эксплуатации изделия.

1.2 Настоящий стандарт распространяется на изделия машиностроения.

1. Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 2.302  Единая система конструкторской документации. Масштабы

ГОСТ 2.305  Единая система конструкторской документации. Изображения – виды, разрезы, сечения

ГОС 2.317  Единая система конструкторской документации. Аксонометрические проекции

ГОСТ 8.417  Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин

ГОСТ Р 2.005  Единая система конструкторской документации. Термины и определения

ГОСТ Р 2.056  Единая система конструкторской документации. Электронная модель детали. Общие требования *(проект, окончательная редакция)*

ГОСТ Р 2.057  Единая система конструкторской документации. Электронная модель сборочной единицы. Общие требования *(проект, окончательная редакция)*

ГОСТ Р 2.101  Единая система конструкторской документации. Виды изделий

ГОСТ Р 2.102  Единая система конструкторской документации. Виды и комплектность конструкторских документов

ГОСТ Р 2.810  Единая система конструкторской документации. Электронный макет изделия. Общие требования

ГОСТ Р 2.820  Единая система конструкторской документации. Нормативно-справочная информация. Основные положения

ГОСТ Р 59189  Электронная конструкторская документация. Применение формата JT для представления структуры и геометрических моделей изделия

Примечание – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования – на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

1. Термины, определения и сокращения
	1. В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ Р 2.005, а также следующие термины с соответствующими определениями:
		1. **вид (геометрической модели):** Изображение геометрической модели на экране, полученное при определенном положении камеры с учетом конкретных значений параметров визуализации (источники освещения, режимы отображения, скрытие элементов модели и т. п.).

Примечание – Такое изображение может включать в себя дополнительную информацию, связанную с геометрической моделью.

* + 1. **геометрическая модель (объекта):** Совокупность геометрических данных, описывающих объект моделирования.

Примечание – Выделяют основную и вспомогательную геометрию модели.

* + 1. **главный вид (геометрической модели):** Вид геометрической модели, который даёт наиболее полное представление о форме, размерах и функционировании объекта моделирования.
		2. **граничное представление геометрических данных:** Метод представления геометрических данных с помощью математически точного аналитического описания границ объекта моделирования.
		3. **каркасная геометрическая модель:** Геометрическая модель, в которой форма объекта представлена в виде совокупности точек и ограниченных кривых.
		4. **конструктивно-блочное представление геометрических данных:** Метод представления геометрических данных как результата выполнения последовательности упорядоченных логических операций с элементарными твердыми телами.
		5. **объект (моделирования):** Изделие, конструктивный элемент изделия, материал, область пространства и т. п., имеющий геометрическое представление, форму и размеры, для которого создается электронная геометрическая модель.
		6. **параметр геометрической модели:** Переменная, применяемая в качестве аргумента в математических выражениях, используемых для построения параметризованной геометрической модели.

Примечания

1  Конкретное значение параметра модели может задаваться вручную или вычисляться (в том числе как функция других параметров этой или связанных друг с другом геометрических моделей) в ходе разработки или применения электронной геометрической модели.

2  Параметром геометрической модели может быть, например, размер геометрического элемента. В этом случае, размеры, используемые в качестве параметров, называют «управляющими размерами».

3  Указанные замечания относится как к основной, так и к вспомогательной геометрии.

* + 1. **поверхностная геометрическая модель:** Геометрическая модель, в которой форма объекта представлена в виде совокупности точек, кривых и ограниченных поверхностей.

Примечания

1  Поверхностная модель объекта позволяет для любой точки пространства определить, принадлежит ли точка поверхности объекта.

2  Поверхностная модель позволяет описать форму и вычислить площадь поверхности объекта.

* + 1. **правосторонняя система координат:** Прямоугольная система координат, в которой при взгляде с положительного направления оси Z на плоскость XY ось Х условно совмещается с осью Y поворотом против часовой стрелки.
		2. **разрез (геометрической модели):** Режим отображения геометрической модели, в котором видима только часть геометрической модели, полученная в результате полного или частичного ее рассечения одной или несколькими секущими плоскостями и скрытия геометрических элементов, расположенных между секущей плоскостью и камерой.
		3. **сечение (геометрической модели):** Режим отображения геометрической модели, в котором видима только часть геометрической модели, совпадающая с секущей плоскостью.
		4. **твердотельная геометрическая модель:** Полное трехмерное представление номинальной формы изделия таким образом, что для любой точки пространства можно определить, находится ли точка внутри твердотельной модели, на границе твердотельной модели или вне твердотельной модели.

Примечание – Твердотельная модель позволяет описать форму, вычислить объем, площадь поверхности и массу объекта (при наличии сведений о плотности материала).

* + 1. **фасетное представление геометрических данных:** Метод представления геометрических данных в виде конечного числа аппроксимирующих многогранников.
		2. **электронная геометрическая модель:** Компьютерная модель, описывающая преимущественно геометрическую форму, номинальные размеры и иные параметры объекта моделирования, связанные с формой и размерами.

Примечание – Электронная геометрическая модель включает геометрические данные (собственно геометрическую модель) и негеометрическую информацию (аннотации, параметры, атрибуты модели и т. п.).

* 1. В настоящем стандарте использованы следующие сокращения:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ПОУ | ⎯ | плоскость обозначений и указаний; |
| ПСГМ | ⎯ | программное средство геометрического моделирования; |
| СЧ | ⎯ | составная часть; |
| ЭГМ | ⎯ | электронная геометрическая модель. |

1. Общие положения
	1. ЭГМ изделия предназначены для решения следующих основных задач:
* описания конструкции изделия в целом и его характеристик, связанных с его геометрической формой и расположением его СЧ в пространстве[[1]](#footnote-1));
* визуализации облика (в т. ч. окрашивание цветом, наложением текстуры материалов и пр.) изделия в демонстрационных и ознакомительных целях;
* выполнения инженерных расчетов (в т. ч. связанных с взаимодействием изделия с окружением);
* разработки эксплуатационной документации (в т. ч. для подготовки иллюстраций по обслуживанию, ремонту и пр.);
* технологической подготовки производства;
* изготовления (в т. ч. сборки и монтажа) и контроля изделия;
* проверки соответствия изделия заданным требованиям.
* иных задач, в соответствии с назначением ЭГМ.
	1. ЭГМ изделия является первоисточником данных для расчета характеристик и свойств изделия, связанных с формой и размерами, а также для выпуска электронной конструкторской документации.
	2. ЭГМ разрабатывается с применением программных средств, реализующих функции геометрического моделирования (далее – ПСГМ).
	3. ЭГМ изделия или другого объекта моделирования может включать:
* геометрическую модель объекта (основная геометрия и вспомогательная геометрия);
* информацию об используемых системах координат;
* атрибуты;
* аннотации;
* параметры;
* структуру модели, включающую ссылки на другие ЭГМ;
* историю построений (информация о порядке формирования основной и вспомогательной геометрии в ЭГМ);
* дополнительную информацию, в том числе в соответствии с п.4.5.
	1. Дополнительная информация, используемая для визуализации ЭГМ, может включать:
* положение камеры;
* характеристики источников освещения;
* стили геометрических элементов (цвета, текстуры, прозрачности, начертания) и т. п.
	1. Применяемые в ЭГМ единицы величин, их наименования и обозначения, а также синтаксические правила их указания при определении номинальных значений величин и их предельных отклонений, должны соответствовать [1] и ГОСТ 8.417.
1. Классификация электронных геометрических моделей
	1. ЭГМ подразделяют на виды по следующим признакам классификации:
* по виду моделируемого объекта;
* по виду геометрической модели;
* по методу представления геометрических данных;
* по наличию параметров геометрической модели;
* по полноте сведений об истории построений;
* по назначению.

Обобщенная схема классификации ЭГМ приведена в приложении Б.

* 1. Виды ЭГМ используются при установлении требований к конструкторским и технологическим документам, содержащим ЭГМ, а также для задания требований к ЭГМ в технических заданиях.
	2. По виду моделируемого объекта выделяют следующие виды ЭГМ:
* простая;
* составная;
* многотельная.
	+ 1. Простая ЭГМ используется для описания неспецифицированного изделия или объекта, для которого в рамках данных работ не выделяются СЧ, моделируемые отдельно.
		2. Составная ЭГМ используется для описания специфицированного изделия или объекта, для которого в интересах решения конкретной инженерной задачи[[2]](#footnote-2)) выделяются его элементы, моделируемые отдельно. Составная ЭГМ включает сведения о структуре модели.
		3. Многотельная ЭГМ, например, может использоваться для описания изделия или другого объекта моделирования, свойства которого требуют описания его единого объема в виде нескольких тел с разной плотностью.
	1. По виду геометрической модели выделяют следующие виды ЭГМ:
* твердотельная;
* поверхностная;
* каркасная;
* гибридная (в которой одновременно применяются методы твердотельного и поверхностного моделирования).
	1. По методу представления геометрических данных выделяют следующие виды ЭГМ:
* с граничным представлением[[3]](#footnote-3));
* с конструктивно-блочным представлением[[4]](#footnote-4));
* с фасетным представлением.
	1. По использованию параметров модели выделяют следующие виды ЭГМ:
* параметризованная (параметрическая);
* непараметризованная (непараметрическая).
	1. По полноте сведений об истории построений выделяют следующие виды ЭГМ:
* с историей построений;
* без истории построений.
	1. По назначению выделяют следующие виды ЭГМ:
* ориентированная на визуальное восприятие человеком;
* предназначенная преимущественно для интерпретации автоматизированными системами;
* комбинированная.
	+ 1. ЭГМ, ориентированная на визуальное восприятие человеком, может включать в себя текстовые и графические аннотации, содержащие дополнительные требования к изготовлению и контролю, текстовые технические требования, условные обозначения шероховатости и т. д.
		2. ЭГМ, предназначенная преимущественно для интерпретации автоматизированными системами, содержит все необходимые данные для работы автоматизированных систем без участия человека (основная геометрия, атрибуты и т. п.), при этом не исключается возможность использования данной ЭГМ человеком. Такая ЭГМ может быть обработана встроенными программными средствами технологического оборудования, измерительных машин и др., например, ЭГМ для оборудования с программным управлением.
1. Общие требования к электронным геометрическим моделям

## 6.1 Требования к основной геометрии

6.1.1  В ЭГМ обязательно должна содержаться основная геометрия, определяющая массо-инерционные характеристики объекта моделирования.

6.1.2  Геометрическую модель объекта в ЭГМ выполняют по номинальным размерам.

Допускается выполнение размеров с учетом предельных отклонений, если это необходимо для решаемой задачи.

Примечание – Поскольку параметризация и автоматическое перестроение моделей, выполненных с учетом предельных отклонений, увеличивает трудоемкость разработки, их число должно быть минимальным. Требования к построению таких геометрических моделей и их использованию в электронных макетах изделий должны быть определены стандартами организации.

6.1.3  Разработчик с учетом назначения ЭГМ, действующих документов по стандартизации и особенностей решаемой задачи устанавливает:

-  вид модели объекта и метод представления геометрических данных;

-  требования к точности моделирования линейных и угловых размеров;

-  требования к параметрам геометрической целостности и корректности геометрических элементов, а также правила контроля таких параметров;

-  правила использования стилей геометрических элементов (цвета, текстуры, прозрачности и других параметров отображения).

6.1.4 Цвета элементов основной геометрии должны быть контрастными по отношению к фону модельного пространства. Рекомендуемые цвета могут быть определены в стандарте организации.

## 6.2 Требования к системе координат

6.2.1  В ЭГМ рекомендуется использовать правостороннюю систему координат, если заданием на разработку (техническим заданием) не оговорена другая система координат.

Допускается применение левосторонней системы координат при создании геометрической модели, являющейся зеркальным отражением другой геометрической модели и в других технически обоснованных случаях.

6.2.3  В одной ЭГМ допускается использовать несколько разных систем координат, если это необходимо для решаемой задачи.

## 6.3 Требования к вспомогательной геометрии

6.3.1  К вспомогательной геометрии в ЭГМ относятся точки, оси, плоскости, а также другие геометрические элементы, которые используют при построении и отображении основной геометрии, в том числе элементы конструктивной обстановки.

6.3.2  Вспомогательную геометрию включают в ЭГМ при необходимости.

6.3.3  Вспомогательная геометрия не должна учитываться при расчете массо-инерционных характеристик моделируемого объекта.

6.3.4  Вспомогательная геометрия должна быть отделена ПСГМ от основной геометрии объекта моделирования (например, размещаться в отдельных модельных пространствах, на отдельных информационных уровнях).

6.3.5  Рекомендуется использовать стили геометрических элементов вспомогательной геометрии (цвета, текстуры, прозрачности и других параметры отображения) отличные от основной геометрии.

## 6.4 Требования к сохраненным видам, разрезам и сечениям

### 6.4.1 Общие положения

6.4.1.1  Сохраненные виды, разрезы и сечения могут использоваться в ЭГМ для обеспечения полного и ясного представления об изделии. Решение об их использовании принимает разработчик с учетом действующих документов по стандартизации и особенностей решаемой задачи.

6.4.1.2  Общие требования к видам, разрезам и сечениям в ЭГМ – по ГОСТ 2.305 с дополнениями, приведёнными в настоящем стандарте.

6.4.1.3  Количество сохраненных видов, разрезов и сечений в ЭГМ должно быть минимально достаточным для обеспечения полного и ясного представления об изделии.

### 6.4.2 Виды

6.4.2.1  Основными сохраненными видами в ЭГМ являются:

- аксонометрический вид (аксонометрическая проекция по ГОСТ 2.317);

- вид спереди (плоскость экрана параллельна плоскости XY системы координат модели, а положительное направление оси Z направлено к экрану);

- вид сверху (плоскость экрана параллельна плоскости XZ системы координат модели, а положительное направление оси Y направлено к экрану);

- вид снизу (плоскость экрана параллельна плоскости XZ системы координат модели, а положительное направление оси Y направлено от экрана);

- вид справа (плоскость экрана параллельна плоскости YZ системы координат модели, а положительное направление оси X направлено к экрану);

- вид слева (плоскость экрана параллельна плоскости YZ системы координат модели, а положительное направление оси X направлено от экрана);

- вид сзади (плоскость экрана параллельна плоскости XY системы координат модели, а положительное направление оси Z направлено от экрана).

6.4.2.2  В качестве главного вида в ЭГМ рекомендуется использовать аксонометрический вид, дающий наиболее полное представление о форме и назначении объекта моделирования.

В простой ЭГМ с небольшим количеством элементов оформления допускается использовать единственный сохраненный вид (главный).

В обоснованных случаях допускается в единственном сохраненном виде показывать фронтальный разрез.

6.4.2.3  Каждый сохраненный вид должен иметь соответствующее наименование.

6.4.2.4  Допускается создание дополнительных сохраненных видов, обеспечивающих наилучшую визуализацию аннотаций и геометрических элементов, к которым они относятся.

Наименования дополнительных видов должны начинаться со слов «Вид А», «Вид Б» и т. п. и могут быть дополнены описанием вида.

В наименовании вида на конкретный геометрический элемент должно быть указано количество таких элементов в геометрической модели.

6.4.2.5 Направление проецирования в ЭГМ допускается не указывать. Допускается не соблюдать в дополнительных видах проекционную связь с основными видами.

6.4.2.6 При необходимости приведения в ЭГМ развёртки листового тела, она должна быть показана на отдельном виде с наименованием «Развёртка».

### 6.4.3 Разрезы и сечения

6.4.3.1  Наименования разрезов должны начинаться со слов «Разрез А–А», «Разрез Б–Б» и т. п. и могут быть дополнены описанием разреза.

6.4.3.2  Наименования сечений должны начинаться со слов «Сечение А–А», «Сечение Б–Б» и т. п. и могут быть дополнены описанием сечения.

6.4.3.3  Допускается не показывать штриховку в разрезах и сечениях.

## 6.5 Требования к атрибутам геометрической модели

6.5.1  Атрибуты ЭГМ предназначены для интерпретации автоматизированными системами и для визуального восприятия человеком.

6.5.2  В виде атрибутов представляют общую информацию об объекте моделирования, а также информацию об отдельных геометрических элементах.

6.5.3  Атрибуты в ЭГМ могут быть выполнены в виде ссылок на элементы нормативно-справочной информации по ГОСТ Р 2.820.

Способ реализации в ПСГМ атрибутов в виде ссылок должен обеспечивать возможность замены ссылки на значения при передаче ЭГМ без необходимости повторного утверждения ЭГМ.

6.5.4  Атрибуты ЭГМ могут быть визуализированы в пространстве модели в виде аннотаций (см. 6.6)

## 6.6 Требования к аннотациям

6.6.1  При необходимости в ЭГМ включают аннотации. Информация, выполненная в виде аннотаций, предназначена для визуального восприятия человеком.

6.6.2  Аннотации делятся на следующие виды:

а) директивные (первичные), являющиеся единственным источником безусловных требований к объекту моделирования;

б) ссылочные (вторичные), предназначенные для визуализации значений атрибутов, геометрических и физических характеристик геометрической модели (первичным источником требования является атрибут или характеристика геометрической модели);

в) служебные, предназначенные для отображения дополнительной информации или комментариев на усмотрение разработчика, например, ссылка на связанный с ЭГМ чертеж или комментарий разработчика по поводу выбранного способа построения расчетной сетки.

Примечание – При необходимости могут использоваться комбинации видов аннотаций, Например, при указании предельных отклонений размеров отклонение указывается директивно (директивная аннотация), а номинальный размер представлен в виде ссылки на атрибут геометрической модели (ссылочная аннотация).

6.6.3  Директивные аннотации не должны противоречить геометрической модели и атрибутам ЭГМ, а также друг другу.

6.6.4  Аннотации должны быть связаны с геометрической моделью в целом или с отдельными геометрическими элементами. Если такая связь аннотации и геометрического элемента предусмотрена, то должно быть однозначно понятно, к какому геометрическому элементу относится данная аннотация.

6.6.5  Аннотации в ЭГМ размещают на одной или нескольких ПОУ в пространстве модели.

6.6.6  Аннотации, размещенные на одной ПОУ или на нескольких параллельных ПОУ, не должны накладываться друг на друга и на основную геометрию ЭГМ при ортогональном взгляде на эту (-и) ПОУ.

6.6.7  Аннотации, размещенные на разных непараллельных ПОУ, не должны пересекаться или накладываться друг на друга при ортогональном взгляде на одну из ПОУ.

6.6.8  При изменении вида в ЭГМ отображение аннотации (направление текста) в обоснованных случаях может изменяться для удобства его чтения (рисунок 1).

|  |  |
| --- | --- |
| C:\Users\User\Desktop\А.1_1.png | C:\Users\User\Desktop\А.1_2.png |
| Рисунок 1 – Пример отображения аннотаций на различных видах |

## 6.7 Требования к плоскостям обозначений и указаний

6.7.1  ПОУ включают в ЭГМ при необходимости.

6.7.2  Количество ПОУ и их размещение в модельном пространстве устанавливает разработчик с учетом требований документов по стандартизации и назначения ЭГМ.

6.7.3  При наличии ПОУ в ЭГМ, их расположение должно быть обоснованным, а количество – минимально необходимым для решения поставленных задач.

6.7.4  Для аксонометрических видов ориентация ПОУ должна быть параллельна, перпендикулярна или совпадать с поверхностью, к которой она применяется, либо быть параллельна плоскости экрана.

## 6.8 Требования к двумерным графическим изображениям

6.8.1  Допускается в ЭГМ включать отделенные от геометрической модели (вынесенные) двумерные графические изображения, представляющие собой виды, разрезы, сечения моделируемого объекта.

6.8.2  Двумерные графические изображения (виды, разрезы, сечения) моделируемого объекта в ЭГМ должны быть ассоциативно (параметрически) связаны с основной и/или вспомогательной геометрией модели.

6.8.3  Виды, разрезы и сечения выполняют и размещают в модельном пространстве ЭГМ с учетом требований ГОСТ 2.305.

## 6.9 Требования к информационным уровням

6.9.1  В ЭГМ рекомендуется применять информационные уровни, если они поддерживаются применяемыми ПСГМ.

6.9.2  Наименования и назначение информационных уровней выбирает разработчик с учетом действующих документов по стандартизации, назначения ЭГМ и решаемой задачи.

6.9.3  При использовании информационных уровней все элементы основной и вспомогательной геометрии должны быть отнесены хотя бы к одному информационному уровню.

## 6.10 Требования к форматам данных

6.10.1  ЭГМ может быть представлена в оригинальном, унифицированном или стандартизованном формате данных.

Краткие сведения о некоторых унифицированных и стандартизованных форматах данных ЭГМ приведены в приложении В.

6.10.2  Основным форматом представления ЭГМ является оригинальный формат ПСГМ, в котором она разработана.

6.10.3  Для решения разных задач (например, для передачи в другие организации и (или) автоматизированные системы, для долговременного хранения) ЭГМ может быть преобразована в другой формат данных.

6.10.4  Требования к форматам данных ЭГМ изделия, передаваемым между организациями (в составе конструкторских документов):

* при использовании обеими сторонами однотипных ПСГМ: в технических требованиях к формату ЭГМ в договоре следует указывать версию программного обеспечения, параметры настройки (при необходимости), используемый формат данных;
* при использовании предприятиями разных ПСГМ: рекомендуется использовать стандартизованные или унифицированные форматы данных с указанием их спецификаций и необходимых параметров.

6.10.5  Для целей долговременного хранения ЭГМ изделия рекомендуется использовать унифицированные форматы, имеющие широкое распространение, или стандартизованные форматы (см. приложение В).

6.10.6  Для упрощения и ускорения визуализации при использовании сложных ЭГМ в ходе разработки одновременно с граничным представлением геометрии допускается создание связанного альтернативного представления ЭГМ с фасетным, каркасным или иным способом упрощённого представления геометрии.

# Приложение А(справочное)Комментарии к пунктам стандарта

**А.1 Комментарий к разделу 2 «Нормативные ссылки»**

1. В соответствии с ГОСТ Р 2.102 в состав комплекта конструкторской документации на изделия, виды которых установлены ГОСТ Р 2.101 (детали, сборочные единицы, комплекты и комплексы), могут входить следующие виды конструкторских документов:

• электронная модель детали (код вида – ЭМД);

• электронная модель сборочной единицы (код вида – ЭСБ);

• электронная модель специализированная (функциональная модель изделия, модель общего вида, компоновочная модель функциональной системы или финального изделия /образца в целом).

2. **В настоящем стандарте изложены требования к электронным геометрическим моделям в целом**, общие для геометрических моделей разных видов, в том числе для моделей изделий по ГОСТ Р 2.101, моделей финальных изделий, моделей средств технологического оснащения (инструмента, оснастки, оборудования и т.д.).

3. **Конкретные требования** **к видам КД**, содержащим электронные геометрические модели, приводятся в отдельных стандартах, например, в ГОСТ Р 2.056, ГОСТ Р 2.057. Такие требования также планируется привести в стандартах, запланированных к разработке («Электронная геометрическая модель финального изделия функциональная», «Электронная геометрическая модель финального изделия компоновочная» и других).

 4. Совокупность электронных моделей, в том числе геометрических, может быть объединена в электронный макет изделия по ГОСТ Р 2.810, в состав которого могут входить как геометрические модели, так и модели негеометрических свойств и характеристик изделия, описывающих надежность, прочность, аэро-, гидро-, термодинамику и др.

5. Взаимосвязь стандартов Единой системы конструкторской документации, устанавливающих требования к геометрическим моделям, в том числе к их разработке и применению, показана на рисунке.А.1.

Рисунок А.1 – Взаимосвязь стандартов Единой системы конструкторской документации, устанавливающих требования к геометрическим моделям

**А.2 Комментарий к пункту 4.1**

Перечисление 1. ЭГМ изделия входит в содержательную часть различных конструкторских документов, например, в «электронную модель детали» по ГОСТ Р 2.056 или в «электронную модель сборочной единицы» по ГОСТ Р 2.057. Если ЭГМ предназначена для отработки компоновочных решений, увязки узлов и деталей, проработки интерфейсов различного вида, в т. ч. в ходе взаимодействия между разработчиком финального изделия и разработчиком СЧ, допускается использование упрощенных ЭГМ, например, габаритных. В состав таких ЭГМ в виде аннотаций может включаться негеометрическая информация, необходимая для понимания предлагаемых проектных решений. В ходе разработки изделия степень детализации ЭГМ, как правило, увеличивается при переходе от одной стадии разработки к другой.

Перечисление 4. ЭГМ могут быть использованы при разработке электронной технологической, эксплуатационной и ремонтной документации – в качестве основы для создания двумерных изображений или для непосредственного использования в качестве иллюстраций, в том числе анимированных.

Перечисление 5. Если ЭГМ предназначена для разработки технологической оснастки и/или управляющих программ для технологического оборудования, степень детализации и математическая точность представления размеров должны соответствовать решаемой задаче.

Перечисление 8. Для специализированных ЭГМ, используемых в демонстрационных целях, могут быть предусмотрены сценарии анимации, с изменением положения камеры, интенсивности освещения, поворота изделия или с демонстрацией процессов сборки-разборки. При этом в 3D-модели могут отсутствовать мелкие объекты, не существенные для целей демонстрации.

**А.2 Комментарий к пункту 4.4**

Перечисления 4 и 5. Аннотации и атрибуты в ЭГМ, в том числе, могут содержать следующую информацию:

- технические требования к изготовлению (справочные размеры, требования к точности (допуски), шероховатости и т. д.);

- указания о способах изготовления и контроля, если они являются единственными, гарантирующими качество изделия, указания на определенные технологические приемы, гарантирующие обеспечение отдельных технических требований к изделию и т. д.;

- физические характеристики изделия (масса, свойства материала и т. п.), необходимые для проведения инженерных расчетов;

- дополнительные сведения, необходимые для разработки технологических процессов и выполнения заданных требований к продукции в ходе ее изготовления.

Эти сведения в англоязычной литературе обозначаются понятием PMI – Product Manufacturing Information.

**А.3 Комментарий к пункту 5.4**

Перечисление 1. Твердотельная модель позволяет выполнять точные расчеты массы, прочности, моментов инерции, а также производить детали на высокоточном оборудовании.

Таким образом, твердотельная модель может применяться для:

- определения массогабаритных характеристик;

- разработки технологии изготовления;

- моделирования взаимодействия изделий в кинематических схемах;

- расчётов прочности;

- создания цифрового двойника изделия для сопровождения жизненного цикла изделия.

К недостаткам твердотельной модели можно отнести большую трудоёмкость разработки и повышенные требования к вычислительным ресурсам и памяти.

Перечисление 2. Поверхностное моделирование – это процесс создания электронных геометрических моделей, которые представляют только внешнюю поверхность моделируемых объектов.

Поверхностная модель:

- может быть получена путём 3D-сканирования реального объекта в целях создания копии или для процесса реверс-инжиниринга;

- позволяет создавать реалистичные объекты (особенно с использованием текстур\*) для целей визуализации, анализа и проектирования, используя поверхности и их свойства;

- может использоваться при проектировании формы поверхности, моделировании обтекания жидкостями и газами изделий сложной формы и т. п.

Основными сферами применения поверхностной модели являются:

- визуализация объекта сложной криволинейной формы;

- визуализация реальных объектов, полученных путём 3D-сканирования;

- визуализация объекта с определением дизайна, цветовых решений и эргономики;

- проектирование оптимальной формы, с последующим созданием твердотельной модели на основе полученной формы;

- аэро- и гидродинамические расчёты и др.

Перечисление 3. Каркасная модель может применяться, например, для создания моделей со сложными поверхностями, для имитации на оборудовании с программным управлением траектории движения инструмента, выполняющего несложные операции обработки детали, такие как фрезерование по двум или трем осям. Также каркасная модель может применяться для наглядного представления стержневых моделей, например, для расчёта прочности ферменных конструкций.

Учитывая, что каркасная модель не требует затрат для вычисления освещённости граней (ввиду их отсутствия) и создаётся при помощи простых графических элементов (точек, отрезков и кривых), она требует меньше памяти и вычислительной мощности, чем другие модели, соответственно позволяет сэкономить программные ресурсы и повысить быстродействие визуализации.

При этом каркасное моделирование представляет собой моделирование низкого уровня и имеет ряд серьезных ограничений, большинство из которых возникает из-за недостатка информации о гранях, заключенных между линиями, и невозможности выделить внутреннюю и внешнюю область изображения твердого объемного тела.

Каркасная модель может содержаться в твердотельной ЭГМ в качестве представления на отдельном информационном уровне, либо быть получена из твердотельной модели динамически с помощью ПСГМ.

**А.4 Комментарий к пункту 5.5**

На этапах разработки рабочей конструкторской документации, изготовления опытных образцов и при производстве изделий методами механообработки в ЭГМ, как правило, включают геометрию изделия в граничном представлении, выполненную с высокой степенью детализации и с требуемой точностью, а также технические требования, представленные в виде аннотаций или атрибутов.

При использовании аддитивных технологий в ЭГМ используют, как правило, фасетное представление геометрии.

**А.5 Комментарий к пункту 5.6**

Одним из видов параметризации ЭГМ является история построений, в которой приводятся все выполненные при построении модели действия (например, формирование отверстия) с указанием использованных для этих действий параметров (например, размеров). Изменения параметров приводят к перестроению модели.

Более сложным вариантом использования параметризации ЭГМ является установление зависимостей между геометрией нескольких взаимосвязанных изделий таким образом, что изменение параметров ЭГМ одного изделия приводит к автоматическому или полуавтоматическому (требуется подтверждение от разработчика модели) изменению параметров ЭГМ другого изделия.

**А.5 Комментарий к пункту 6.1.4**

При выборе цветов геометрической модели рекомендуется учитывать положения стандартов [2] и [3]. Рекомендуется сохранять возможность индивидуального выбора сочетания цветов пользователем.

**А.7 Комментарий к пункту 6.3.1**

К вспомогательной геометрии в контексте данного стандарта не относятся ПОУ, двумерные графические изображения, аннотации.

**А.8 Комментарий к пункту 6.6.1**

Формат и полнота аннотирования ЭГМ определяется назначением ЭГМ с учётом требований потребителя ЭГМ.

При оформлении модели аннотациями следует придерживаться принципа минимально числа ПОУ, необходимого для качественного восприятия информации человеком.

Следует избегать расположения аннотаций поверх геометрии модели. В случае обоснованной необходимости такого расположения аннотации следует выполнять на фоне, контрастном по отношению к геометрии модели.

При нанесении аннотаций применяют условные обозначения, установленные в стандартах Единой системы конструкторской документации. Размеры условных обозначений следует определять исходя из соображений удобства визуального восприятия, ясности и наглядности и выдерживать одинаковыми в случае многократного применения в модели.

**А.9 Комментарий к пункту 6.10.2**

При выборе ПСГМ и оригинального формата данных ЭГМ изделия учитывают:

- назначение ЭГМ, в т. ч. содержание решаемых задач на разных стадиях жизненного цикла изделия и их особенности;

- особенности конструкции изделия и способов его изготовления, такие как сложность формы и требуемая точность изготовления поверхностей, предполагаемые методы изготовления (например, наличие у изделия аэродинамических или гидродинамических поверхностей сложной кривизны, требующих точной механической обработки, необходимость применения аддитивных технологий и т. д.);

- необходимость моделирования движения СЧ;

- необходимость включения в ЭГМ информации для изготовления;

- необходимость использования параметризации;

- необходимость сохранения истории построений;

- требуемую скорость загрузки (открытия) ЭГМ и т. п.

**А.10 Комментарий к пункту 6.10.3**

Для преобразования ЭГМ из формата разработки в другие форматы данных используют специализированные программные средства, входящие в состав ПСГМ или представляющие собой самостоятельные программные продукты третьих сторон (конвертеры). Такие программные средства должны обеспечивать корректность преобразования форматов данных (т. е. способность выполнить преобразование в соответствии с заданными требованиями, установленными для конкретной решаемой задачи). При преобразовании форматов ЭГМ, содержащихся в конкретных конструкторских документах, следует руководствоваться ГОСТ Р 2.531.

**А.11 Комментарий к пункту 6.10.5**

Для задач долговременного хранения определяющим фактором является стабильность и однозначность спецификации формата данных, как гарантии возможности использования ЭГМ по истечении длительного периода времени.

# Приложение Б(справочное)Виды электронных геометрических моделей



Рисунок Б.1 – Виды ЭГМ

Приложение В
(справочное)
Примеры унифицированных и стандартизованных форматов данных электронных геометрических моделей

Таблица В.1 – Примеры унифицированных и стандартизованных форматов данных

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование формата | Унифицированный/ стандартизованный (ссылка на документ) | Граничное представление геометрии | Фасетное представление геометрии | Поддержка аннотаций |
| Parasolid x\_t, x\_b | Унифицированный | Да | Да | Нет |
| SAT (ACIS) | Унифицированный | Да | Нет | Да |
| DWG | Унифицированный | Да | Нет | Да |
| STL | Унифицированный | Нет | Да | Нет |
| Universal 3D (U3D) | [4], [5] | Нет | Да | Нет |
| X3D  | [6] | Нет | Да | Нет |
| STEP | ГОСТ Р ИСО 10303 [7] | Да | Да | Да |
| JT | ГОСТ Р 59189 | Да | Да | Да |
| Примечание – Для ЭГМ, предназначенных для визуального восприятия человеком, рекомендуется использовать стандартизованные форматы данных фасетного представления. |

**Библиография**

|  |  |
| --- | --- |
| [1] | Постановление Правительства Российской Федерации от 31 октября 2009 г. № 879 «Об утверждении Положения о единицах величин, допускаемых к применению в Российской Федерации». |
| [2] | [ГОСТ Р ИСО 9241-8-2007](https://www.standards.ru/document/4185358.aspx) Эргономические требования при выполнении офисных работ с использованием видеодисплейных терминалов (ВДТ). Часть 8. Требования к отображаемым цветам |
| [3] | [ГОСТ Р ИСО 9241-129-2014](https://www.standards.ru/document/5484104.aspx) Эргономика взаимодействия человек-система. Часть 129. Руководство по индивидуализации программного обеспечения |
| [4] | ECMA 363 Формат файлов Universal 3D (Universal 3D file format) |
| [5] | ИСО 14739-1:2014 Управление документооборотом. Использование 3D в формате компактного представления документа (PRC). Часть 1. PRC 10001 [Document management — 3D use of Product Representation Compact (PRC) format — Part 1: PRC 10001] |
| [6] | ИСО/МЭК 19775-1:2013 Информационная технология. Компьютерная графика, обработка изображений и представление данных об окружающей среде. Расширяемый 3D (X3D). Часть 1. Архитектура и базовые компоненты [Information technology — Computer graphics, image processing and environmental data representation — Extensible 3D (X3D) — Part 1: Architecture and base components] |
| [7] | ГОСТ Р ИСО 10303-1 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 1. Общие представления и основополагающие принципы |

|  |
| --- |
| УДК 62(084.11 ):006.354 ОКС 01.100 |
| Ключевые слова: электронная геометрическая модель, классификация геометрических моделей, основная геометрия, вспомогательная геометрия, сохраненные виды, разрезы, сечения, система координат, атрибут, аннотация, плоскость обозначений и указаний, информационный уровень, формат данных. |

Руководитель организации-разработчика

АО НИЦ «Прикладная логистика»

Генеральный директор Галин И.Ю.

Руководитель разработки,

руководитель отдела САиНО Селезнёва Е.В.

1. ) В приложении А приведены комментарии к некоторым пунктам стандарта [↑](#footnote-ref-1)
2. ) Например, деталь изготавливаемая методом наплавки. [↑](#footnote-ref-2)
3. ) В международных стандартах используется сокращение «B-Rep» (boundary representation). [↑](#footnote-ref-3)
4. ) В международных стандартах используется сокращение «CSG» (constructive solid geometry). [↑](#footnote-ref-4)