ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 2.521— 2021

Единая система конструкторской документации

ЭЛЕКТРОННАЯ КОНСТРУКТОРСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Требования к форматам представления трехмерных геометрических моделей

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2021

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 19 октября 2021 г. № 1153-ст

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 «РСТ», 2021

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

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 2
4 Общие положения 2
5 Основные требования к выбору форматов трехмерных геометрических моделей 3
Приложение А (справочное) Пояснения к пунктам настоящего стандарта 5
Приложение Б (справочное) Примеры унифицированных и стандартизованных форматов представления трехмерных геометрических моделей 6
Библиография 7

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Единая система конструкторской документации

ЭЛЕКТРОННАЯ КОНСТРУКТОРСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Требования к форматам представления трехмерных геометрических моделей

Unified system for design documentation. Electronic design documentation.
Requirements to 3D geometrical model formats

Дата введения — 2022—06—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает требования к форматам представления трехмерных геометрических моделей (далее — 3D-модели), применяемым на стадиях разработки, производства и эксплуатации изделия. Настоящий стандарт распространяется на изделия машиностроения и приборостроения.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 2.052 Единая система конструкторской документации. Электронная модель изделия. Общие положения

ГОСТ Р ИСО 10303-21 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 21. Методы реализации. Кодирование открытым текстом структуры обмена

ГОСТ Р ИСО 10303-242 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 242. Управляемое проектирование на основе модели 3D

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.

Издание официальное

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **формат данных** (содержательной части электронной конструкторской документации): Способ организации, кодирования, структурирования и обеспечения целостности содержательной части электронной конструкторской документации.

3.2 **оригинальный формат данных:** Формат данных, спецификация которого создана и поддерживается (изменяется) разработчиком одной прикладной автоматизированной системы и не признана как стандарт.

3.3 **стандартизованный формат данных:** Формат данных, спецификация которого признана как международный, государственный, отраслевой или корпоративный стандарт и который может быть распознан и обработан всеми автоматизированными системами, поддерживающими данный стандарт.

3.4 **унифицированный формат:** Формат данных, формально не регламентированный документами по стандартизации, но имеющий широкое распространение и поддерживаемый разными видами автоматизированных систем, представленными на рынке.

3.5 **спецификация формата** (файла, данных): Документ, который точно, полностью и в поддающейся проверке форме определяет требования к структуре и алгоритму преобразования данных определенного формата, а также процедуры, позволяющие определить, были ли выполнены эти требования.

3.6 **граничное представление геометрии** (в геометрической модели): Метод представления геометрических данных с помощью математически точного аналитического описания вершин, ребер и граней, определяющих границы твердого тела.

3.7 **фасетное представление геометрии** (в геометрической модели): Метод упрощенного представления геометрических данных в виде конечного числа аппроксимирующих многогранников.

3.8 **производная геометрическая модель:** Геометрическая модель, полученная из исходной геометрической модели путем автоматического преобразования (конвертирования) содержательной части с использованием программного средства (конвертера).

3.9 **формат геометрической модели:** Способ организации, кодирования, структурирования и обеспечения целостности геометрических данных.

Примечания

1 Способ кодирования информации — способ обозначения геометрических объектов в модели при помощи текста или битовых последовательностей (текстовое представление, двоичное представление).

2 Структура данных геометрической модели — совокупность используемых геометрических объектов (примитивов) и схема их взаимосвязей.

4 Общие положения

4.1 Назначение, виды и основные требования к геометрическим моделям установлены ГОСТ 2.052.

4.2 3D-модель является одним из формализованных способов представления данных об изделии для решения различных задач на стадиях жизненного цикла изделия (разработки, производства, эксплуатации и т. д.)*[1)].

К числу типовых задач, решаемых с использованием 3D-моделей, относятся:

- разработка конструкции изделия;
- выполнение инженерных расчетов;
- технологическая подготовка производства (разработка технологической документации, средств технологического оснащения, управляющих программ для станков с числовым программным обеспечением) и изготовление изделий;
- разработка эксплуатационной и ремонтной документации и средств обучения (разработка иллюстраций различного типа на основе 3D-моделей);
- долговременное хранение электронной конструкторской документации;
- прочие задачи, связанные с использованием трехмерной геометрии.

---

1) Здесь и далее знаком «*» отмечены пункты, к которым приведены пояснения в приложении А.

4.3 Трехмерная модель содержит преимущественно геометрическую информацию, но также может включать в себя дополнительную информацию негеометрического характера: аннотации, пояснения и указания, сведения об атрибутах и свойствах изделия, сведения о самой 3D-модели*.

4.4 Трехмерные модели разрабатывают с использованием системы автоматизированного проектирования (САПР)[1)] и сохраняют в оригинальном формате САПР. При необходимости передачи 3D-моделей организациям, использующим САПР, отличные от тех, в которых эти модели были разработаны, или для долгосрочного хранения такие модели могут быть преобразованы в другой оригинальный, унифицированный или стандартизованный формат. В ходе такого преобразования может быть изменен способ представления геометрии (например, из граничного представления — в фасетное). Результатом такого преобразования является производная 3D-модель.

Примечание — В ходе преобразования 3D-модели из одного формата представления в другой часть данных может быть потеряна из-за особенностей используемого формата. При этом производная 3D-модель перестает быть аутентичной по отношению к исходной 3D-модели и может рассматриваться как ее реплика.

4.5 Для преобразования 3D-моделей из оригинальных форматов в другие форматы используют специализированные программные средства, входящие в состав САПР или представляющие собой самостоятельные программные продукты третьих сторон (конвертеры).

Такие программные средства должны гарантировать корректность преобразования форматов (т. е. способность выполнить преобразование в соответствии с заданными требованиями).

Примечание — Программное средство преобразования форматов — программное средство, для которого при использовании методики тестирования и набора тестов, установленных документами по стандартизации, установлена и документально зафиксирована способность выполнять преобразование в соответствии с заданными правилами (с заданной точностью, без потери геометрической и негеометрической информации и т. д.).

5 Основные требования к выбору форматов трехмерных геометрических моделей

5.1 При выборе форматов 3D-моделей учитывают*:

- 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.);
- требуемую точность представления геометрической информации;
- степень детализации;
- возможность моделирования движения составных частей;
- необходимость включения в 3D-модель информации для изготовления;
- необходимость использования параметризации;
- необходимость сохранения истории построений;
- требуемую скорость загрузки (открытия) 3D-модели.

5.2 Основным форматом представления 3D-модели является формат САПР, в среде которой 3D-модель разработана.

5.3 Детализированные требования к форматам представления 3D-моделей следует устанавливать исходя из их назначения (по 4.2), а также:

- если предполагается обмен (передача и получение) 3D-моделей между разными разработчиками и изготовителями, использующими идентичные или разные САПР, когда имеется риск неправильной интерпретации получаемых данных: в данном случае при выборе формата определяющее значение имеет безошибочная передача геометрической информации (информации о форме и размерах), а также корректная передача производственно-технологической информации;
- если предполагается передача 3D-моделей, предназначенных для изготовления изделий с применением аддитивных технологий;

[1)] В настоящем стандарте понятие «система автоматизированного проектирования» рассматривается в контексте только тех задач инженерной деятельности, которые связаны с геометрическим (как правило, трехмерным) моделированием.

- если предполагается передача в другую (стороннюю) организацию 3D-моделей для разработки технологической, эксплуатационной (ремонтной) документации или учебно-тренировочных средств (учебных материалов), в которой 3D-модели используют в качестве иллюстраций;
- если предполагается передача 3D-моделей третьей стороне для последующего сопровождения и хранения, в том числе долговременного.

5.4 Требования к форматам 3D-моделей, передаваемым между организациями:

- при использовании обеими сторонами однотипных САПР: в технических требованиях к формату 3D-моделей в договоре следует указывать версию программного обеспечения, параметры настройки (при необходимости), используемый формат,
- при использовании предприятиями разных САПР: рекомендуется использовать стандартизованные форматы или унифицированные форматы с указанием их спецификаций и необходимых параметров.

5.5 Краткие сведения о некоторых унифицированных и стандартизованных форматах 3D-моделей приведены в приложении Б.

5.6 Для упрощения и ускорения визуализации при использовании граничных (твердотельных) 3D-моделей большой сложности и размера в ходе разработки одновременно с граничным представлением геометрии допускается создание и передача 3D-моделей дополнительно с фасетной геометрией, используемой исключительно для визуализации.

5.7 Для 3D-моделей, предназначенных для изготовления изделий с применением аддитивных технологий (3D-печать, стереолитография и т. д.), рекомендуется использовать форматы, имеющие фасетное представление геометрии.

5.8 Для 3D-моделей, предназначенных для визуального восприятия человеком, рекомендуется использовать стандартизованные форматы, имеющие фасетное представление геометрии.

5.9 Для целей долговременного хранения 3D-моделей рекомендуется использовать унифицированные форматы, имеющие широкое распространение, или стандартизованные форматы (см. приложение Б).

Приложение А
(справочное)

Пояснения к пунктам настоящего стандарта

4.2 Содержание решаемых задач определяет как состав данных (содержание) 3D-модели, так и выбор формата 3D-модели. Например, для задач долгосрочного хранения определяющим фактором являются стабильность и однозначность спецификации формата данных как гарантии возможности использования 3D-модели по истечении длительного периода времени.

4.3 Негеометрическая информация в 3D-модели может включать в себя:

- 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 свойства (масса, материал и его плотность, центр масс 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).

5.1 На этапах разработки рабочей документации, изготовления опытных образцов и при производстве изделий методами механообработки в 3D-модели, 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.

При использовании аддитивных технологий в 3D-моделях используют, как правило, фасетное представление геометрии.

На этапах разработки, в ходе представления и согласования проектных решений, в том числе при взаимодействии с другими организациями — участниками разработки, применяют упрощенные габаритные 3D-модели, в том числе кинематические модели, иллюстрирующие движение отдельных деталей и узлов. В состав таких 3D-моделей в форме аннотаций может включаться негеометрическая информация, необходимая для понимания предлагаемых проектных решений.

В ходе разработки изделия степень детализации 3D-модели, как правило, увеличивается при переходе от одной стадии разработки к другой.

Если 3D-модель предназначена для разработки технологической оснастки и/или управляющих программ для технологического оборудования, степень детализации и математическая точность представления размеров должны соответствовать заданным требованиям к изделию.

Если 3D-модель 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 составной части, допускается использование упрощенных 3D-моделей, например габаритных.

3D-модели 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.

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

Информация в 3D-модели может быть представлена в параметризованном виде, когда геометрические объекты представлены в виде математических функций одного или нескольких параметров, изменяющихся в заданной области. Такими параметрами могут быть отдельные размеры, взаимное расположение, траектория движения составных частей и др.

3D-модель может содержать историю построения, позволяющую ее модифицировать путем возврата на один или несколько шагов и осуществления новых геометрических построений.

Приложение Б
(справочное)

Примеры унифицированных и стандартизованных форматов представления трехмерных геометрических моделей

Наименование формата	Унифицированный/ стандартизованный (ссылка на документ)	Граничное представление геометрии	Поддержка аннотаций	Фасетное представление геометрии
Parasolid x_t, x_b	Унифицированный	Да	Нет	Да
SAT (ACIS)	Унифицированный	Да	Да	Нет
DWG (ASM)	Унифицированный	Да	Да	Нет
STL	Унифицированный	Нет	Нет	Да
Universal 3D (U3D)	[1], [2]	Нет	Нет	Да
X3D	[3]	Нет	Нет	Да
STEP	ГОСТ Р ИСО 10303-242	Да	Да	Да
JT	ГОСТ Р 59189	Да	Да	Да

Примечания

1 Для 3D-моделей, предназначенных для визуального восприятия человеком, рекомендуется использовать стандартизованные форматы фасетного представления [например, формат JT по ГОСТ Р 59189, формат 3D PDF (U3D) (см. [2]), формат X3D (см. [3]), формат STL и др].

2 При представлении 3D-моделей в стандартизованных форматах во избежание потери данных, оформленных с использованием штатных для используемых САПР механизмов аннотаций (шероховатость, допуски, справочные размеры и т. д.), допускается оформлять аннотации в виде графических изображений (дополнительных графических элементов, включенных в состав модели).

3 При использовании формата STEP по ГОСТ Р ИСО 10303-242 передаваемые 3D-модели рекомендуется преобразовывать в вид текстовых обменных файлов по ГОСТ Р ИСО 10303-21 или в виде XML-файлов (см. [4]).

Библиография

[1] ECMA 363 Формат файлов Universal 3D (Universal 3D file format)

[2] 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]

[3] 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]

[4] ИСО 10303-28:2007 Системы промышленной автоматизации и интеграция. Представление данных о продукте и обмен. Часть 28. Методы внедрения. XML представления EXPRESS схем и данных, с помощью XML схем (Industrial automation systems and integration — Product data representation and exchange — Part 28: Implementation methods: XML representations of EXPRESS schemas and data, using XML schemas)

УДК 006.1:006.354 ОКС 35.240.01

Ключевые слова: единая система конструкторской документации, геометрическая модель, 3D-модель формат, электронная конструкторская документация

Редактор *А.Е. Минкина*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *Л.С. Лысенко*
Компьютерная верстка *И.А. Налейкиной*

Сдано в набор 20.10.2021. Подписано в печать 28.10.2021. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,40. Уч.-изд. л 1,26.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «РСТ»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
www.gostinfo.ru info@gostinfo.ru