ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 59189— 2020

ЭЛЕКТРОННАЯ КОНСТРУКТОРСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Применение формата JT для представления структуры и геометрических моделей изделия

(ISO 14306:2017, NEQ)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2020

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Акционерным обществом «Научно-исследовательский центр «Прикладная Логистика» (АО НИЦ «Прикладная Логистика») и Обществом с ограниченной ответственностью «Корпоративные электронные системы» (ООО «КЭЛС Центр»).

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 482 «Поддержка жизненного цикла экспортируемой продукции военного и продукции двойного назначения»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18 ноября 2020 г. № 1124-ст

4 Настоящий стандарт разработан с учетом основных нормативных положений международного стандарта ИСО 14306:2017 «Системы автоматизации производства и их интеграция. Спецификация формата JT-файла для визуализации 3D» (ISO 14306:2017 «Industrial automation systems and integration — JT file format specification for 3D visualization», NEQ)

5 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 (*gost.e-ecolog.ru

© Стандартинформ, оформление, 2020

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, определения и сокращения 2
3.1 Термины и определения 2
3.2 Сокращения 4
4 Общие положения 4
5 Структура файла JT 4
5.1 Общие сведения 4
5.2 Типы данных 7
5.3 Сегмент заголовка файла 11
5.4 Сегмент содержания файла 12
5.5 Сегмент структуры модели 13
5.6 Сегменты фасетного представления геометрии 17
5.7 Сегменты аналитического представления геометрии 17
5.8 Сегмент метаданных и информации для производства изделия 18
5.9 Сжатие и кодирование данных 18
Библиография 20

Введение

Формат JT — универсальный нейтральный формат файлов для представления геометрических и других связанных с геометрией данных об изделии. Его особенностью является возможность визуализации сложных изделий с большим числом составных частей.

Файлы в формате JT создаются посредством трансляции данных из различных систем автоматизированного проектирования (САПР) и других автоматизированных систем для работы с геометрическими данными об изделии. Формат JT поддерживается большим количеством коммерческих САПР, имеющихся на рынке, что позволяет обеспечить информационное взаимодействие предприятий промышленности, в том числе использующих разные САПР.

Кроме того, применение формата JT также целесообразно при организации долговременного хранения геометрических данных об изделии.

Формат JT регламентирует представление следующих видов данных об изделии:

- электронная геометрическая модель изделия, созданная в САПР, в соответствии с ГОСТ 2.052 (в том числе в виде твердотельной модели с точным граничным представлением, в виде каркасной модели и др.);
- упрощенная фасетная геометрическая модель изделия;
- данные о структуре модели;
- параметры визуализации электронной геометрической модели изделия (цвет, материал, текстура, освещение и т. п.);
- технические требования к изготовлению изделия и другие указания, необходимые для производства;
- дополнительные данные, задаваемые применяемыми автоматизированными системами или разработчиком.

Формат JT позволяет сжимать хранимые данные, что обеспечивает небольшой размер файлов с 3D-моделями и сокращает время их загрузки при использовании.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ЭЛЕКТРОННАЯ КОНСТРУКТОРСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Применение формата JT для представления структуры и геометрических моделей изделия

Electronic design documentation.
JT format application for product structure and geometric model representation

Дата введения — 2021—06—01

1 Область применения

В настоящем стандарте учтены положения [1] и серии стандартов ГОСТ Р ИСО 10303. Он описывает структуру, содержание и особенности применения формата JT для представления геометрических данных об изделии.

Область применения формата JT для представления различных видов данных об изделии приведена в таблице 1.

Таблица 1 — Рекомендуемая область применения формата JT

Вид данных	Возможность представления
2D геометрические модели	+
3D геометрические модели	+
Схемы и модели системной архитектуры (2D изображения)	+/–
Текстовые конструкторские и технологические документы с иллюстрациями	+/–
Интерактивные электронные технические руководства (в части представления 2D и 3D геометрических моделей)	+
Примечание — + полностью применимо; +/– частично применимо.	

Настоящий стандарт распространяется на представление данных об изделиях машиностроения и приборостроения. Применение положений настоящего стандарта к другим видам изделий определяется по усмотрению организации — разработчика конкретного изделия.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 2.052—2015 Единая система конструкторской документации. Электронная модель изделия. Общие положения

ГОСТ Р 58301 Управление данными об изделии. Электронный макет изделия. Общие требования

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. Прикладной протокол. Управляемое проектирование на основе модели 3D

Издание официальное

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.

3 Термины, определения и сокращения

3.1 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1

атрибут геометрической модели; атрибут: Дополнительная неграфическая информация, связанная с геометрическим элементом модели или моделью в целом.

Примечание — Атрибут может быть представлен числовым значением или строкой(ами) текста.

[ГОСТ 2.052—2015, пункт 3.1.1]

3.1.2

вспомогательная геометрия модели (вспомогательная геометрия): Совокупность геометрических элементов, которые не являются элементами моделируемого изделия.

Примечание — Например, геометрические элементы, которые используются в процессе создания (построения) геометрической модели.

[ГОСТ 2.052—2015, пункт 3.1.2]

3.1.3

геометрический элемент: Идентифицированный (именованный) геометрический объект.

Примечания

1 Геометрическим объектом может быть точка, линия, плоскость, поверхность, геометрическая фигура, геометрическое тело.

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

[ГОСТ 2.052—2015, пункт 3.1.3]

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

Примечание — Соответствует твердотельной электронной геометрической модели по ГОСТ 2.052.

3.1.5 **информация для производства изделия:** Совокупность данных об изделии (в файле JT), касающихся требований к изготовлению и проверке изделия.

Примечание — Информация для производства изделия может включать в себя:

- атрибуты электронной геометрической модели, в том числе размеры, данные о предельных отклонениях (допуски, посадки), технические требования и аннотации;
- технологическую информацию (шероховатость поверхности, указания по сварке);
- информацию о проверках (основные контрольные точки);

- указания по сборке;
- дополнительные данные об изделии (материалы, поставщики, номера составных частей).

3.1.6

каркасная геометрическая модель; каркасная модель: Трехмерная геометрическая модель, представленная совокупностью точек, отрезков и кривых, определяющих в пространстве форму изделия.

[ГОСТ 2.052—2015, пункт 3.1.4]

3.1.7 **ориентированный ациклический граф**: Граф, состоящий из множества узлов и множества ребер, соединяющих узлы в древовидную структуру.

Примечания

1 Ориентированный граф: граф, в котором каждое ребро имеет направление, так что ребро (u,v), соединяющее узел u с узлом v, отличается от ребра (v,u).

2 Ориентированный ациклический граф: ориентированный граф, не содержащий циклов, где цикл — это путь (последовательность ребер) от узла к самому себе.

3 Для ориентированного ациклического графа не существует содержащегося в графе пути, такого, в котором первый узел пути является последним узлом пути.

3.1.8

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

[ГОСТ 2.052—2015, пункт 3.1.8]

3.1.9 **сегмент файла:** Набор данных в файле, имеющих конкретное назначение, расположение в файле (адрес начального элемента) и длину (количество байт).

3.1.10

составная часть изделия; СЧ: Изделие, выполняющее определенные функции в составе другого изделия.

Примечание — Понятие «Составная часть изделия» применять в отношении конкретного изделия, в состав которого оно входит. СЧ может быть любым видом изделия по контруктирско-функциональным характеристикам (деталь, сборочная единица, комплекс и комплект).

[ГОСТ 2.101—2016, пункт 3.2]

3.1.11

структура изделия: Совокупность составных частей изделия и связей между ними, определяющих иерархию составных частей.

[ГОСТ 2.053—2013, пункт 3.1.1]

3.1.12

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

[ГОСТ 2.052—2015, статья 3.1.10]

3.1.13 **фасетное представление геометрии (изделия):** Метод упрощенного представления геометрических данных в виде конечного числа аппроксимирующих многогранников.

3.1.14

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

[ГОСТ 2.052—2015, статья 3.1.11]

3.2 Сокращения

В настоящем стандарте использованы следующие сокращения:

АС — автоматизированная система;
АС УДИ — автоматизированная система управления данными об изделии;
САПР — система автоматизированного проектирования;
СЧ — составная часть изделия;
ЭГМ — электронная геометрическая модель;
B-Rep — граничное представление геометрии (boundary representation);
JT — формат для представленяи геометрических данных и структуры изделия (jupiter tesselation);
LOD — уровень детализации (подробности) представления фасетной геометрической модели (level of detail);
LWPA — упрощенное представление геометрии в виде элементарных аналитических поверхностей (lightweight precise analytics);
PMI — информация для производства (product and manufacturing information);
STEP — стандарт для обмена электронными моделями изделия (standard for exchange of product model data);
ULP — сверхлегкое представление геометрии (ultra-lightweight precise);
XT — формат ядра геометрического моделирования Parasolid;
3D — пространство выполнения геометрических моделей или графических документов, характеризующееся тремя измерениями.

4 Общие положения

4.1 Файл в формате JT (далее — файл JT) может применяться[1)] для:

- визуализации геометрических данных об изделии, независимо от использованной при их разработке САПР;
- организации информационного взаимодействия и обмена данными об изделии между организациями (заказчиками, проектировщиками, конструкторами, технологами, эксплуатирующими организациями, ремонтными предприятиями и т. п., вне зависимости от применяемых ими САПР);
- организации информационного взаимодействия между различными АС (САПР, АС УДИ, системами инженерного анализа и др.).

Примечание — При передаче данных между АС могут решаться следующие задачи:

- передача геометрических моделей изделия в математически точном аналитическом представлении для последующей обработки и использования в принимающей АС;
- передача упрощенных (фасетных) геометрических моделей для их визуализации в принимающей системе или использования в задачах, требующих визуализации (например, при разработке интерактивных электронных технических руководств);
- объединения геометрических моделей СЧ изделия, разработанных в различных САПР, в единую геометрическую модель (для последующего использования другими САПР или для визуализации изделия в целом, в том числе в составе электронного макета изделия по ГОСТ Р 58301);
- долговременного хранения геометрических данных (и других связанных с ними данных) об изделии в нейтральном формате.

4.2 Файл JT представляет собой двоичный файл, который создается и используется при помощи САПР или специализированных АС (поддерживающих формат JT).

[1)] При помощи специализированных программных средств, например, САПР.

4.3 ЭГМ изделия в формате JT может быть представлена в виде одного файла (включающего геометрические модели всех входящих деталей) или связанного набора файлов (в котором ЭГМ деталей выполнены в виде отдельных файлов). Состав ЭГМ соответствует ГОСТ 2.052—2015 (приложение Б.1). Разбиение на несколько файлов позволяет достичь желаемого размера файлов для обмена.

4.4 С ЭГМ изделия могут быть связаны геометрические данные, представленные с разной степенью подробности. В одном файле JT могут храниться несколько альтернативных представлений геометрии, предназначенных для использования в разных целях: фасетное (упрощенное, с разным уровнем подробности) и математически точное аналитическое представление.

4.5 Для хранения ЭГМ изделия в математически точном аналитическом представлении (твердотельных, каркасных и поверхностных) в формате JT могут применяться следующие форматы:

- граничное представление геометрии в формате STEP (STEP B-Rep) в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 10303-242;
- граничное представление геометрии в собственном формате JT;
- граничное представление геометрии в формате XT[1] (XT B-Rep);
- сверхлегкое представление геометрии в формате ULP,
- упрощенное представление геометрии в виде элементарных аналитических поверхностей (LWPA);
- представление геометрии в виде трехмерной каркасной ЭГМ.

4.6 С элементами ЭГМ могут быть связаны параметры визуализации модели: цвет, освещение, текстура, данные о материале, данные о преобразовании координат и др. Параметры модели наследуются от вышестоящего элемента модели к нижестоящему.

4.7 С элементами ЭГМ может быть связана информация для производства (PMI) и дополнительные атрибуты по ГОСТ 2.052.

4.8 В файле JT могут храниться дополнительные данные, к которым относятся: вспомогательная геометрия изделия, а также различные текстовые или числовые характеристики элементов модели, задаваемые применяемыми АС или разработчиком.

4.9 Не установлены ограничения ни на максимально допустимый размер файла JT, ни на размерность (количество уровней, количество элементов) структуры моделируемого изделия (см. [1]).

4.10 Для уменьшения объема данных в формате JT используются различные алгоритмы сжатия.

4.11 Структура формата JT позволяет загружать данные из файла по мере возникновения потребности в них[2], что позволяет ускорить загрузку файла JT и снизить требования к производительности вычислительных и программных средств.

5 Структура файла JT

5.1 Общие сведения

5.1.1 Файл JT включает последовательность сегментов файла (см. рисунок 1):

- заголовок файла (File header);
- сегмент содержания файла (TOC segment — Table of Content);
- сегменты данных (Data segment).

[1] Формат ядра геометрического моделирования Parasolid.

[2] В [1] такой подход называется «данные поздней загрузки» (late-loading data).

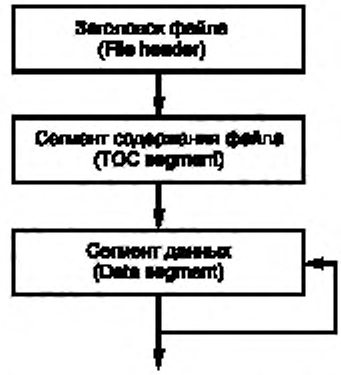


Рисунок 1 — Структура файла JT

5.1.2 Каждому объекту (элементу модели, параметру и т. д.) в файле JT соответствует уникальный идентификатор, а все связи между объектами хранятся в виде ссылок на идентификаторы.

5.1.3 Заголовок файла всегда является первым набором данных в файле JT. Формат заголовка файла описан в 5.3.

5.1.4 Сегмент содержания файла содержит записи обо всех сегментах данных, содержащихся в файле JT. Формат сегмента содержания файла описан в 5.4.

5.1.5 Все данные непосредственно о модели изделия, хранящиеся в файле JT, содержатся в сегментах данных. Все сегменты данных имеют единую структуру, приведенную на рисунке 2.

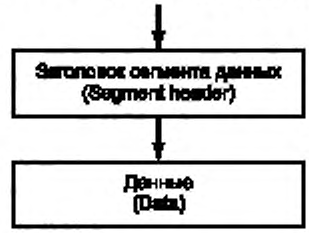


Рисунок 2 — Структура сегмента данных

5.1.6 Заголовок сегмента данных содержит информацию о том, как должна быть интерпретирована оставшаяся часть сегмента. В заголовке сегмента данных приводятся: уникальный идентификатор сегмента, тип сегмента, длина сегмента (полный размер сегмента в байтах).

5.1.7 Каждому сегменту данных присваивается тип в соответствии с видом данных, которые в нем содержатся. От типа сегмента зависит интерпретация данных сегмента АС, работающими с файлом JT.

Полный список типов сегментов данных (см. [1]) приведен в таблице 2. В столбце «Обязательность в соответствии с [1]» указано, является ли обязательным присутствие сегмента данного типа в файле JT в соответствии с требованиями [1].

Таблица 2 — Типы сегментов данных

Тип	Наименование сегмента	Обязательность в соответствии с [1]	Пункт настоящего стандарта
1	Структура модели (Logical Scene Graph)	Обязательный	5.5
2	Граничное представление геометрии в формате JT (JT B-Rep)	Устаревший по версии [1]	5.7
3	Информация для производства изделия (PMI Data)	Устаревший по версии [1]	—
4	Метаданные и информация для производства изделия (Meta Data and PMI)	Необязательный	5.8

Окончание таблицы 2

Тип	Наименование сегмента	Обязательность в соответствии с [1]	Пункт настоящего стандарта
6	Фасетное представление геометрии (Shape)	Обязательный	5.6
7	Фасетное представление геометрии с уровнем подробности 0 (Shape LOD0)	Необязательный	5.6
8	Фасетное представление геометрии с уровнем подробности 1 (Shape LOD1)	Необязательный	5.6
9	Фасетное представление геометрии с уровнем подробности 2 (Shape LOD2)	Необязательный	5.6
10	Фасетное представление геометрии с уровнем подробности 3 (Shape LOD3)	Необязательный	5.6
11	Фасетное представление геометрии с уровнем подробности 4 (Shape LOD4)	Необязательный	5.6
12	Г Фасетное представление геометрии с уровнем подробности 5 (Shape LOD5)	Необязательный	5.6
13	Фасетное представление геометрии с уровнем подробности 6 (Shape LOD6)	Необязательный	5.6
14	Фасетное представление геометрии с уровнем подробности 7 (Shape LOD7)	Необязательный	5.6
15	Фасетное представление геометрии с уровнем подробности 8 (Shape LOD8)	Необязательный	5.6
16	Фасетное представление геометрии с уровнем подробности 9 (Shape LOD9)	Необязательный	5.6
17	Граничное представление геометрии в формате XT (XT B-Rep)	Необязательный	5.7
18	Каркасное представление геометрии (Wireframe representation)	Необязательный	5.7
20	Сверхлегкое представление геометрии в формате ULP (ULP)	Необязательный	5.7
24	Упрощенное точное представление геометрии в виде элементарных аналитических поверхностей (LWPA)	Необязательный	5.7
32	Граничное представление геометрии в формате STEP (STEP B-Rep)	Необязательный	5.7

5.1.8 Разные типы сегментов данных могут быть сжаты с использованием одного или нескольких разных алгоритмов сжатия (см. [1, раздел 10]).

5.2 Типы данных

5.2.1 В двоичном файле JT могут храниться данные различного типа, которые подразделяются на основные и составные типы данных.

5.2.2 Перечень основных типов данных представлен в таблице 3.

Таблица 3 — Основные типы данных

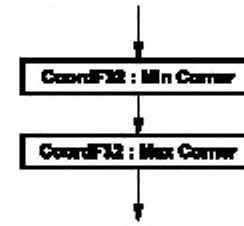
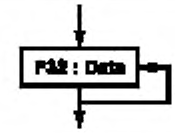
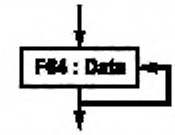
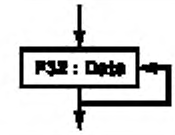
Тип	Описание
UChar	байт без знака (символ)
U8	8-битовое целое значение без знака

Окончание таблицы 3

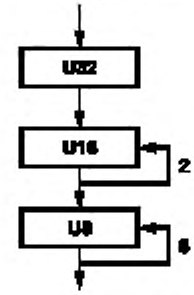
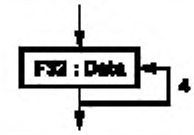
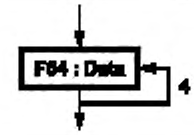
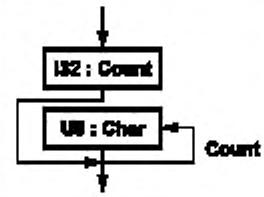
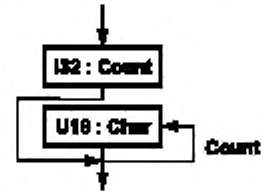
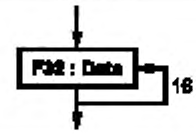
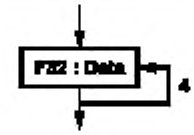
Тип	Описание
U16	16-битовое целое значение без знака
U32	32-битовое целое значение без знака
U64	64-битовое целое значение без знака
I16	16-битовое целое число со знаком с использованием дополнительного кода
I32	32-битовое целое число со знаком с использованием дополнительного кода
I64	64-битовое целое число со знаком с использованием дополнительного кода
F32	32-битовое число с плавающей точкой в формате IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers — Институт инженеров электротехники и электроники)
F64	64-битовое число с плавающей точкой двойной точности в формате IEEE

5.2.3 Составные типы данных используются для представления отдельных часто встречающихся комбинаций основных типов данных (например, значения координат, вектор, матрица, цвет и др.). Перечень составных типов данных приведен в таблице 4.

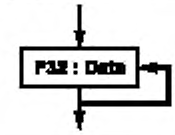
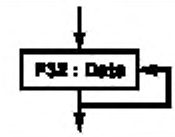
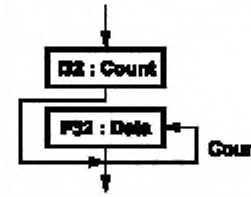
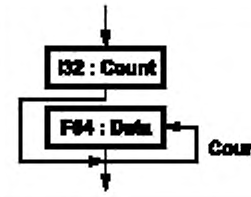
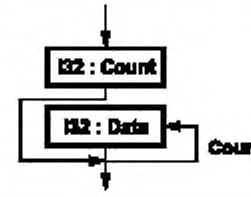
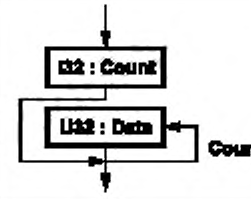
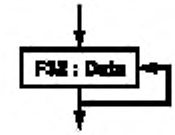
Таблица 4 — Составные типы данных

Тип	Описание	Условное обозначение
BBoxF32	Тип BBoxF32 определяет ограничивающий параллелепипед, используя два значения типа CoordF32, позволяющих хранить координаты X, Y, Z максимальной и минимальной угловых точек ограничивающего параллелепипеда	
CoordF32	Тип данных CoordF32 определяет значения координат X, Y, Z. Состоит из трех значений основного типа F32	
CoordF64	Тип данных CoordF64 определяет значения координат X, Y, Z. Состоит из трех значений основного типа F64	
DirF32	Тип данных DirF32 определяет компоненты X, Y и Z вектора направления. Состоит из трех значений основного типа F32	

Продолжение таблицы 4

Тип	Описание	Условное обозначение
GUID	Тип данных GUID определяет глобальный уникальный идентификатор. Тип данных GUID содержит 128 битовое значение, включающее одно 32-битовое значение (U32), два 16-битовых значения (U16) и восемь 8-битовых значений (U8). В формате JT глобальные уникальные идентификаторы используются для обозначения сегмента данных, типа объекта и т. п.). Пример глобального уникального идентификатора GUID: {3F2504E0-4F89-11D3-9A-0C-03-05-E8-2C-33-01}	
HCoordF32	Тип данных HCoordF32 определяет однородные координаты[1)] X, Y, Z и W. Состоит из четырех значений основного типа F32	
HCoordF64	Тип данных HCoordF64 определяет однородные координаты X, Y, Z и W. Состоит из четырех значений основного типа F64	
String	Тип данных String определяет строку символов и начинается со значения основного типа I32, задающего количество символов в строке. Каждый символ представлен значением основного типа U8.	
MbString	Тип данных MbString аналогичен типу String, но каждый символ представлен значением основного типа U16	
Mx4F32	Тип данных Mx4F32 определяет матрицу 4x4 значений основного типа F32. Матрица значений задается построчно	
PlaneF32	Тип данных PlaneF32 определяет плоскость, используя общее уравнение плоскости (Ax + By + Cz + D = 0). Состоит из четырех значений основного типа F32, при этом первые три значения задают единичный вектор нормали плоскости (A, B, C), а последнее значение задает расстояние от начала координат до плоскости вдоль вектора нормали против направления этого вектора (D).	

Окончание таблицы 4

Тип	Описание	Условное обозначение
RGB	Тип данных RGB используется для задания цвета с помощью кодов трех цветов: красного, зеленого и синего, каждый из которых представлен основным типом F32. Состоит из трех значений основного типа F32.	
RGBA	Тип данных RGBA используется для задания цвета с помощью кодов трех цветов: красного, зеленого и синего, и указания кода, задающего прозрачность (альфа). Состоит из четырех значений основного типа F32.	
VecF32	Тип данных VecF32 определяет вектор/массив значений основного типа F32 и начинается со значения типа I32, задающего длину массива или размер матрицы. Счетчик, представленный значением типа I32, может иметь значение «0», что означает, что длина массива равна нулю	
VecF64	Тип данных VecF64 аналогичен типу VecF32, но включает значения основного типа F64.	
VecI32	Тип данных VecI32 аналогичен типу VecF32, но включает значения основного типа I32.	
VecU32	Тип данных VecU32 аналогичен типу VecF32, но включает значения основного типа U32.	
Quaternion	Тип данных Quaternion обобщает комплексное число на четырехмерное пространство. Тип данных используется для задания ориентации в трехмерном пространстве (без переноса) в форме линейной комбинации (a + bi + cj + dk), где четыре скалярных значения (a, b, c, d) связаны с четырьмя координатами (1 вещественная координата и 3 мнимые координаты). Состоит из четырех значений основного типа F32.	

[1] Однородные координаты используются в проективной геометрии. Чтобы получить декартовы координаты, нужно разделить первые три однородные координаты на W.

5.3 Сегмент заголовка файла

5.3.1 Формат заголовка файла представлен на рисунке 3.

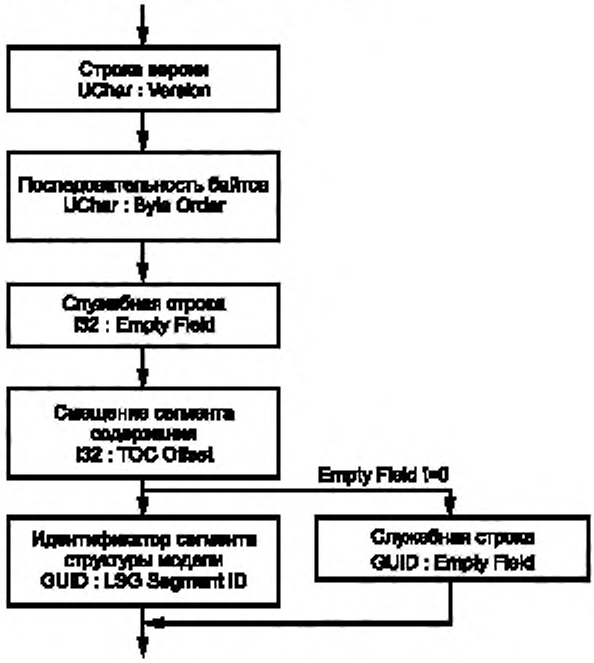
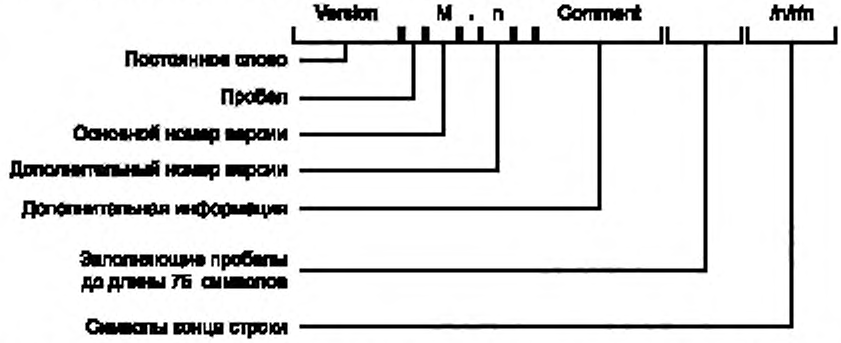


Рисунок 3 — Данные сегмента заголовка файла

5.3.2 Строка версии состоит из 80 символов. Определяет версию файла JT, которая была использована при записи файла. Строка версии имеет следующий формат:



Строка версии дополняется пробелами до длины в 75 символов в кодировке ASCII, после чего завершающие пять позиций должны быть заполнены сочетанием символов конца строки.

Пример — Version 9.5 JT DM 7.3.4.0 \n\r\n

5.3.3 Строка с последовательностью байтов используется при загрузке файла для выявления несоответствий между последовательностью байтов в файле и последовательностью байтов в компьютере.

5.3.4 Служебная строка при создании нового файла JT заполняются нулями. При перезаписи файла JT поля служебной строки заполняются теми же значениями, что были указаны в предыдущем файле.

5.3.5 Строка смещения сегмента содержания определяет количество байтов от начала файла до начала сегмента содержания файла.

5.3.6 Идентификатор сегмента структуры модели задается уникальным глобальным идентификатором. Этот идентификатор совместно с хранящейся в сегменте содержания файла информацией используется для нахождения начала сегмента структуры модели в файле. Формат сегмета структуры модели приведен в 5.5.

5.4 Сегмент содержания файла

5.4.1 Сегмент содержания файла является обязательным для файла JT. Действительное местоположение сегмента содержания в файле задается строкой смещения сегмента содержания (см. 5.3.5). В сегменте содержания файла содержится по одной записи на каждый независимо адресуемый сегмент данных в файле.

5.4.2 Формат сегмента содержания файла приведен на рисунке 4.

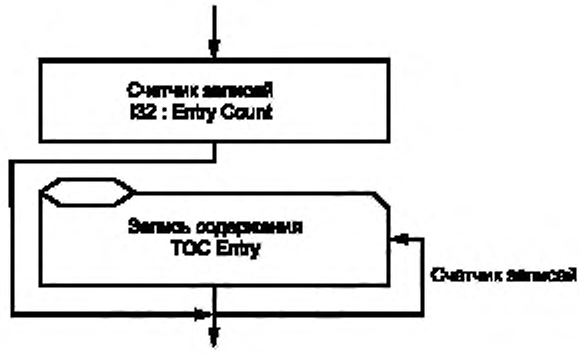


Рисунок 4 — Данные сегмента содержания файла

Счетчик записей содержит количество записей в содержании файла.

Каждая запись содержания файла соответствует сегменту данных в файле JT. Каждая запись включает:

- информацию о положении сегмента в файле в виде количества байтов от начала файла до начала сегмента (смещение сегмента);
- полный размер сегмента в байтах (длина сегмента);
- дополнительную информацию о сегменте (атрибуты сегмента).

Формат записи содержания файла приведен на рисунке 5.

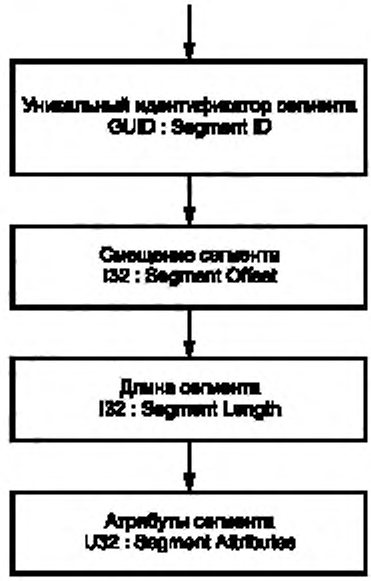


Рисунок 5 — Данные записи содержания файла

5.5 Сегмент структуры модели

5.5.1 Сегмент структуры модели (логический граф сцены: Logical scene graph-LSG) — это сегмент данных, описывающий логическую (и часто пространственную) организацию элементов модели — геометрических и связанных с ними данных в файле JT. Этот сегмент содержит совокупность объектов, соединенных направленными ссылками для образования ориентированного ациклического графа.

5.5.2 Элементы графа формируют основополагающее описание ЭГМ изделия в файле JT. Имеется два типа элементов:

- узлы модели (Node Element);
- параметры модели (Attribute Element).

5.5.3 Узлы модели в том числе описывают взаимосвязи между элементами модели. Иерархия элементов модели формируется посредством ссылок одних узлов на другие узлы. Также узлы модели могут содержать (явно или посредством ссылок на другие сегменты данных) геометрические данные, свойства и другую информацию, определяющую элементы модели и их представление.

Узлы могут быть внутренними узлами структуры или листовыми.

Обычно листовые узлы содержат геометрические данные о детали или ссылку на такие данные (т. е. ссылку на сегмент данных, описывающий геометрию, см. 5.5—5.7).

Внутренние узлы определяют иерархическую организацию листовых узлов, образуя как пространственные, так и логические связи между элементами модели, и часто содержат или ссылаются на дополнительную информацию (например, параметры модели), которая наследуется всеми нисходящими узлами в структуре.

В таблице 5 приведен перечень и краткое описание типов узлов модели в файле JT.

Таблица 5 — Типы узлов модели в файле JT

Наименование типа узла модели	Описание типа узла модели	Пункт в [1] с описанием
Узел раздела (Partition Node Element)	Узел раздела в файле JT всегда является или первым (корневым), или листовым узлом. Листовой узел раздела содержит ссылку на внешний файл JT и предоставляет возможность разделения модели на несколько файлов JT (например, при представлении сборочной единицы и входящих в нее составных частей в отдельных файлах JT)	6.1.1.2
Узел группы (Group Node Element)	Узел группы содержит упорядоченный список ссылок на другие узлы, называемые дочерними. Узел группы может включать в себя ноль и более дочерних узлов любого типа. Узел группы не может ссылаться на самого себя или на своих предков	6.1.1.3
Узел экземпляра (Instance Node Element)	Узел экземпляра содержит единственную ссылку на другой узел. Назначением данного типа узла является совместное использование узлов и задание специфичных параметров для узлов, имеющих экземпляры. Узел экземпляра не может ссылаться на самого себя или на своих предков	6.1.1.4
Узел переключения (Switch Node Element)	Узел переключения содержит упорядоченный список ссылок на другие узлы, называемые дочерними, а также дополнительные данные, показывающие, какой дочерний узел (один или ни одного) необходимо обработать/прочитать	6.1.1.9
Узел детали (Part Node Element)	Узел детали представляет собой корневой узел конкретной детали (изделия) в структуре модели. Любая уникальная деталь, представленная в структуре модели, должна иметь соответствующий узел детали. Узел детали обычно ссылается на дополнительные геометрические данные и/или свойства этой детали (например, граничная твердотельная модель, информация для производства изделия)	6.1.1.5
Узел метаданных (Meta Data Node Element)	Узел метаданных — это тип узла, используемый для хранения ссылок на загружаемые по требованию в процессе работы (late loaded) реквизитные свойства, хранящиеся в специализированном сегменте данных «Метаданные и информация для производства изделия» (см. тип сегмента 4 в таблице 2)	6.1.1.6
Узел альтернативных представлений (LOD Node Element)	В узле альтернативных представлений содержится список альтернативных представлений геометрических данных в файле JT	6.1.1.7
Узел диапазонов альтернативных представлений (Range LOD Node Element)	В узле диапазонов альтернативных представлений содержится список альтернативных представлений и диапазонов, в которых эти представления являются подходящими. Диапазон определяет расстояние между определенной центральной точкой и глазом наблюдателя, для которого соответствующее альтернативное представление является подходящим	6.1.1.8
Узел формы (Shape Node Element)	Узлы формы являются листовыми узлами в структуре модели и содержат геометрические данные (или ссылаются на соответствующие сегменты геометрических данных). Данный тип узла также включает ряд подтипов, перечисленных в [1]	6.1.1.10

5.5.4 Формат JT не устанавливает специальных ограничений к представлению иерархии узлов внутри модели в целом. Тем не менее, каждая деталь в структуре модели должна описываться иерархией узлов, представленной на рисунке 6 (см. [1]).

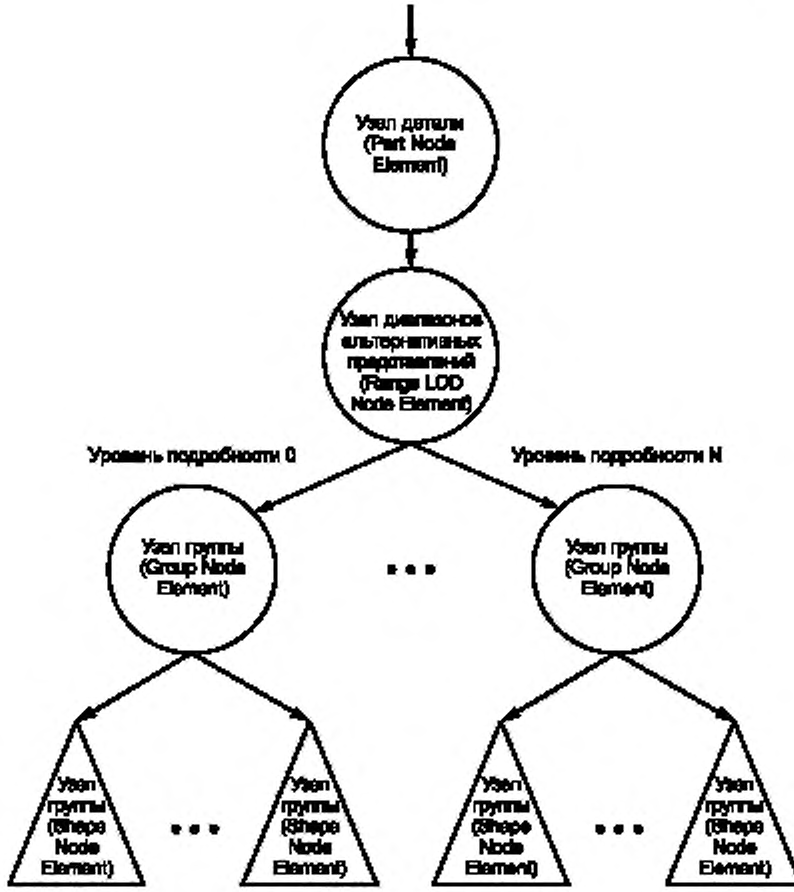


Рисунок 6 — Иерархия узлов модели при описании детали в общей структуре модели

5.5.5 Параметры модели представляют собой дополнительные данные, необходимые для визуализации, которые могут быть присоединены к любому узлу модели и наследуются всеми дочерними узлами модели (см. [1]).

В качестве данных для визуализации могут выступать характеристики внешнего вида (например, цвет, освещение, текстура), данные о материале, преобразовании координат и др. В таблице 6 представлены основные типы параметров модели.

Таблица 6 — Типы параметров модели

Наименование типа параметра модели	Описание типа параметра модели	Пункт в [1] с описанием
Материал (Material Attribute Element)	Описывает свойства материала объекта	6.1.2.2
Изображение текстуры (Texture Image Attribute Element)	Определяет изображение текстуры и его среду отображения	6.1.2.3
Стиль рисования (Draw Style Attribute Element)	Содержит информацию, определяющую различные аспекты состояния (стиля) графики, которые следует использовать для визуализации связанной геометрии	6.1.2.4

Окончание таблицы 6

Наименование типа параметра модели	Описание типа параметра модели	Пункт в [1] с описанием
Освещение (Light Set Attribute Element)	Содержит неупорядоченный список источников света	6.1.2.5
Бесконечный источник света (Infinite Light Attribute Element)	Задает источник света, излучающий незатухающий свет в одном направлении от каждой точки на бесконечной плоскости	6.1.2.6
Точечный источник света (Point Light Attribute Element)	Определяет источник света, излучающий свет из указанной позиции, вдоль указанного направления и с указанным углом рассеивания	6.1.2.7
Стиль линии (Linestyle Attribute Element)	Содержит информацию, определяющую графические свойства, которые должны использоваться для изображения ломаных линий	6.1.2.8
Стиль точки (Pointstyle Attribute Element)	Содержит информацию, определяющую графические свойства, которые должны использоваться для изображения точек	6.1.2.9
Геометрическое преобразование (Geometric Transform Attribute Element)	Содержит матрицу однородного преобразования 4x4, которая позиционирует систему координат связанного узла модели относительно его родительского узла	6.1.2.10
Эффекты построителя теней (Shader Effects Attribute Element)	Содержит информацию, определяющую «высокоуровневую» функциональность построителя теней (например, затенение Фонга, рельефное отображение и т. д.), которое должно использоваться для визуализации геометрии, с которой связан этот параметр	6.1.2.11
Генерация координат текстуры (Texture Coordinate Generator Attribute Element)	Определяет генерацию координат текстуры для наложения текстуры	6.1.2.12

5.5.6 С узлами и параметрами модели могут быть связаны свойства (Property Atom Elements), содержащие произвольную информацию об этом узле или параметре. Каждый узел или параметр может иметь ноль и более свойств, информация о которых хранится в «Таблице свойств» (Property Table) файла JT.

Все свойства задаются в виде пары ключ/значение, при этом «ключ» определяет тип и смысл значения.

Формат JT поддерживает типы свойств, перечисленные в таблице 7.

Таблица 7 — Типы свойств модели

Наименование типа свойства	Описание типа свойства	Пункт в [1] с описанием
Строка (String Property Atom Element)	—	6.2.2
Целое число (Integer Property Atom Element)	—	6.2.3
Число с плавающей точкой (Floating Point Property Atom Element)	—	6.2.4
Ссылка на объект JT (JT Object Reference Property Atom Element)	Ссылка здесь представлена идентификатором объекта, на который дается ссылка	6.2.5
Дата (Date Property Atom Element)	—	6.2.6

Окончание таблицы 7

Наименование типа свойства	Описание типа свойства	Пункт в [1] с описанием
Свойство поздней загрузки (Late Loaded Property Atom Element)	Свойство содержит идентификатор объекта, который будет загружен позже (когда возникнет в нем необходимость)	6.2.7
Вектор (Vector4f Property Atom Element)	Свойство содержит четыре значения с плавающей точкой (координаты вектора)	6.2.8

5.6 Сегменты фасетного представления геометрии

5.6.1 Сегмент фасетного представления геометрии содержит геометрические данные в фасетном представлении с одним из уровней подробности. Обычно на сегменты фасетного представления ссылаются узлы формы (Shape Node).

5.6.2 Уровень подробности (Level of detail — LOD) фасетного представления соответствует типу сегмента 7—16 (см. таблицу 2). Чем меньше цифра типа сегмента из рассматриваемого диапазона 7—16, тем подробнее представление формы в сегменте (то есть сегмент типа 7 — это сегмент, содержащий самое детальное фасетное представление геометрии — уровень подробности 0). В редких случаях, если существует более десяти уровней подробности, то всем сегментам с уровнем подробности 9 и выше присваивается тип сегмента 16.

5.7 Сегменты аналитического представления геометрии

5.7.1 В файле JT существуют следующие типы сегментов для хранения геометрических данных в математически точном аналитическом представлении:

- сегмент граничного представления геометрии в формате ГОСТ Р ИСО 10303-242 (STEP B-Rep), определяющий математически точную геометрию детали в виде обменного файла, соответствующего ГОСТ Р ИСО 10303-21;
- сегмент граничного представления геометрии в формате JT (JT B-Rep), определяющий математически точную геометрию детали в собственном формате JT;
- сегмент граничного представления геометрии в формате XT (XT B-Rep), определяющий математически точную геометрию детали в формате XT;
- сегмент сверхлегкого представления геометрии в формате ULP, определяющий облегченную геометрию детали с точностью, превышающей точность фасеточного представления;
- сегмент упрощенного представления геометрии в виде элементарных аналитических поверхностей (LWPA). Такое представление не содержит информации о топологии, но обеспечивает представление наиболее важной геометрической информации о детали с существенно меньшим объемом занимаемой памяти и существенно более быстрой загрузкой[1)], чем граничное представление геометрии B-Rep;
- сегмент каркасного представления геометрии (Wireframe).

5.7.2 На сегменты граничного представления геометрии в формате STEP обычно ссылаются узлы, детали (Part Node Element), в том числе с использованием свойства поздней загрузки. В сегменте граничного представления геометрии в формате STEP содержится файл STEP. Файл JT включает всю информацию о структуре и свойствах изделия, необходимую для создания файла STEP.

5.7.3 Большинство объемных данных, содержащихся в сегменте граничного представления геометрии в формате JT, сжаты и/или закодированы. Состояние сжатия и/или кодирования обозначается через другие данные, хранящиеся в каждом сегменте граничного представления геометрии в формате JT. Данное представление используется для представляения геометрической и топологической информации о детали.

Примечание — Геометрическая информация описывает форму детали: «данная поверхность является плоскостью», «данная поверхность является цилиндром», «эта кривая является дугой окружности» и т. д. Топологическая информация описывает связность формы детали: «данная точка находится внутри детали», «данные

[1)] Обычно сегмент LWPA занимает на диске менее 2 % от размера сегмента B-Rep и требует менее 5 % от времени загрузки сегмента B-Rep.

поверхности следуют друг за другом» и т. д. Элементарными геометрическими элементами являются точки, кривые и поверхности. Соответствующими им топологическими элементами являются вершины, ребра и грани. Для концептуального деления трехмерного пространства используются такие топологические элементы, как оболочки и области.

5.7.4 На сегменты граничного представления геометрии в формате XT и сегменты каркасного представления также обычно ссылаются узлы детали (Part Node Element), в том числе с использованием свойства поздней загрузки. Большинство данных всех элементов этих сегментов сжаты и/или закодированы.

5.8 Сегмент метаданных и информации для производства изделия

5.8.1 Для представления информации для производства изделия в файле JT используется соответствующий сегмент (тип 4 сегмента данных в таблице 2).

5.8.2 Информация для производства изделия хранится в элементах структуры данных PMI Manager Meta Data Element (см. таблицу 8).

Таблица 8 — Информация для производства изделия

Наименование объекта	Описание объекта	Пункт в [1] с описанием
PMI Dimension Entities	Содержит габаритные размеры сборочных единиц и деталей изделия	9.2.1.1
PMI Note Entities	Содержит текстовые заметки и указания	9.2.1.2
PMI Datum Feature Symbol Entities	Содержит символьную информацию о геометрических размерах и допусках	9.2.1.3
PMI Datum Target Entities	Содержит графическую информацию о геометрических размерах, допусках и расположении СЧ изделия	9.2.1.4
PMI Feature Control Frame Entities	Содержит информацию о геометрических требованиях	9.2.1.5
PMI Line Weld Entites	Содержит указания по прямошовной сварке	9.2.1.6
PMI Spot Weld Entities	Содержит указания по точечной сварке	9.2.1.7
PMI Surface Finish Entities	Содержит информацию об обработке поверхности	9.2.1.8
PMI Measurement Point Entities	Содержит информацию о контрольных точках	9.2.1.9
PMI Locator Entities	Содержит информацию о положении составных частей изделия друг относительно друга	9.2.1.10
PMI Reference Geometry Entities	Содержит информацию о дополнительных базах, задаваемых относительно топологии существующего объекта	9.2.1.11
PMI Design Group Entities	Служит для группировки всей информации о производстве изделия в более мелкие наборы информации	9.2.1.12
PMI Coordinate System Entities	Содержит информацию о системах координат, используемых в модели	9.2.1.13

5.8.3 Сегмент метаданных также поддерживает хранение пользовательских атрибутов. Атрибуты используются для добавления дополнительной информации к детали/сборочной единице. Каждый атрибут представляет собой пару «ключ»/«значение».

5.8.4 Представление системами САПР данных для производства изделия в формате JT см. в пункте 11.8 [1].

5.9 Сжатие и кодирование данных

5.9.1 В файле формата JT для получения компактного и эффективного представления данных используются алгоритмы сжатия и кодирования. Обеспечиваются различные уровни сжатия данных, позволяющие выполнять тонкую настройку между степенью сжатия и потерями при сжатии, что влияет на точность (подробность) данных.

5.9.2 Для сегментов данных поддерживается сжатие ZLIB, обычно применяемое ко всем байтам информации, находящимся в сегменте. К некоторым полям или наборам данных сначала могут применяться присущие этим полям или данным алгоритмы кодирования/сжатия, а затем, если это применимо для сегментов данных этого типа, дополнительно применяется алгоритм сжатия ZLIB.

5.9.3 Техническое описание алгоритмов сжатия/кодирования приведено в пункте 10.2 [1].

5.9.4 Для различных типов данных в сегментах файла JT применяются различные форматы сжатых данных, реализующих перечисленные выше алгоритмы. В пункте 10.1 [1] подробно рассмотрены следующие общие форматы сжатых данных:

- сжатый пакет данных Int32 (Int32 Compressed Data Packet);
- сжатый пакет данных Int32 Версия 2 (Int32 Compressed Data Packet Mk. 2);
- сжатый пакет данных Float64 (Float64 Compressed Data Packet);
- сжатый массив координат вершин (Compressed Vertex Coordinate Array);
- сжатый массив нормалей к вершинам (Compressed Vertex Normal Array);
- сжатый массив координат текстур вершин (Compressed Vertex Texture Coordinate Array);
- сжатый массив цветов вершин (Compressed Vertex Colour Array);
- сжатый массив флагов вершин (Compressed Vertex Flag Array);
- данные дискретизации точки (Point Quantizer Data);
- данные дискретизации текстуры (Texture Quantizer Data);
- данные дискретизации цвета (Colour Quantizer Data);
- однородные данные дискретизации (Uniform Quantizer Data);
- сжатый список сущностей для нетривиального вектора узлов (Compressed Entity List for Non-Trivial Knot Vector);
- сжатый список весов управляющих точек (Compressed Control Point Weights Data);
- сжатые данные кривых (Compressed Curve Data);
- сжатые данные меток (тэгов) CAD-систем (Compressed CAD Tag Data).

5.9.5 В некоторых случаях данные могут кодироваться/сжиматься с последовательным применением нескольких алгоритмов, когда каждый из алгоритмов дополняет предшествующий, т. е. кодирование применяется к результатам работы другого кодировщика.

5.9.6 Информация о том, какое и с каким уровнем качества сжатие или кодирование используется в конкретном сегменте данных, хранится внутри соответствующего сегмента данных. Как правило, в файле JT стратегии сильного сжатия/кодирования используются для объемных геометрических данных (например, треугольники и линии каркасной модели).

Библиография

[1] ИСО 14306:2017 Системы автоматизации производства и их интеграция. Спецификация формата JT-файла для визуализации 3D

УДК 656.072:681.3:006.354 ОКС 25.040.40

Ключевые слова: электронная конструкторская документация, формат JT, геоментрическая модель изделия, типы данных, структура файла JT, сегменты фасетного представления геометрии, сегменты аналитического представления геометрии

Редактор *П.К. Одинцов*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *О.В. Лазарева*
Компьютерная верстка *М.В. Лебедевой*

Сдано в набор 20.11.2020. Подписано в печать 04.12.2020 Формат 60×84¼. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,51.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru