|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО**  **ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ** | | |
| https://avatars.mds.yandex.net/get-zen_doc/1328466/pub_5b5711f4594dd500a974b506_5b5712f550919400ac55f536/scale_2400 | **НАЦИОНАЛЬНЫЙ**  **СТАНДАРТ**  **РОССИЙСКОЙ**  **ФЕДЕРАЦИИ** | **ГОСТ Р**  **(ISO/ASTM 52950:2021)**  (*проект, первая редакция*) |

**Аддитивные технологии**

**ОБРАБОТКА ДАННЫХ.**

**Общие требования**

**(ISO/ASTM 52950:2021 Additive manufacturing — General principles — Overview of data processing, IDT)**

**Настоящий проект стандарта не подлежит применению до его утверждения**

**Москва**

**Стандартинформ**

**202**

**Предисловие**

1 Подготовлен Обществом с ограниченной ответственностью «Русатом – Аддитивные технологии» на основе официального перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 4.

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 182 «Аддитивные технологии»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 202\_\_ г. № \_\_\_\_\_\_\_\_

4 Настоящий стандарт является идентичным по отношению к стандарту ISO/ASTM 52950:2021 «Аддитивное производство. Общие принципы. Обзор обработки данных» (ISO/ASTM 52950:2021 Additive manufacturing — General principles — Overview of data processing, IDT).

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного международного стандарта для приведения в соответствие с ГОСТ Р 1.5—2012 (пункт 3.5) и для увязки с наименованиями, принятыми в существующем комплексе национальных стандартов.

При применении национального стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочного международного стандарта соответствующий ему национальный стандарт, сведения о котором приведены в дополнительном приложении ДА.

5 Разработан взамен ГОСТ Р 57590–2017 Аддитивные технологические процессы. Базовые принципы. Часть 3. Общие требования.

*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.gost.ru*](http://www.gost.ru)*)*

©Стандартинформ, 20\_\_

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 |  |
| 2 | Нормативные ссылки |  |
| 3 | Термины и определения |  |
| 4 | Обмен данными |  |
|  | 4.1 Поток данных |  |
|  | 4.2 Форматы данных |  |
|  | 4.3 Подготовка данных |  |
|  | Приложение А (справочное) Сведения о соответствии ссылочных национальных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

**Введение**

Аддитивное производство применяют для изготовления прототипов, инструментов и серийно изготовляемых деталей.

Целью настоящего документа является установление рекомендаций пользователям (потребителям) и производителям (как внешним, так и внутренним поставщикам услуг) для улучшения взаимодействий между клиентом и поставщиком, а также обеспечения возможности предварительного планирования и сопровождения производства.

Предполагается, что читатель имеет базовое представление о различных аддитивных технологических процессах. В настоящем стандарте процессы, используемые на практике, объясняются настолько подробно, насколько это необходимо для понимания положений.

|  |
| --- |
| **НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ** |
| **Аддитивные технологии**  **ОБРАБОТКА ДАННЫХ**  **Общие положения**  Additive technologies. Data processing. General requirements |

**1 Область применения**

Настоящий стандарт устанавливает общие положения, касающиеся обмена данными в аддитивном производстве. Настоящий стандарт определяет термины и определения, применяемые для описания геометрической формы изделий для возможности их изготовления при помощи аддитивного производства. Описание способов обработки данных, приведенное в настоящем стандарте, включает описание типов файлов, структурирования данных и задач, для решения которых данные могут быть использованы.

Настоящий стандарт:

- описывает подходящие форматы для обмена данными, которые используют в аддитивных технологических процессах;

- описывает существующие способы создания геометрических форм для аддитивного производства;

- описывает существующие форматы файлов, используемые в рамках современного аддитивного производства;

- дает понимание о том, какие требования необходимы для обмена данными.

Настоящий стандарт предназначен для потребителей и производителей продукции аддитивного производства и соответствующего программного обеспечения. Стандарт может быть применен для аддитивных процессов, в частности:

- производителями аддитивных системы и оборудования, включая программное обеспечение;

- инженерами-программистами, работающих в САПР системах и системах автоматизированной технологической подготовки производства (CAM системах);

- разработчиками систем обратного проектирования;

- контрольными органами, которые устанавливают соответствие номинальных и фактических значений геометрии изделия.

**2 Нормативные ссылки**

Следующие документы упоминаются в тексте таким образом, что некоторые или все материалы в них представляют собой требования настоящего документа. Если ссылки датированы, то применяется только та редакция соответствующего документа, на которую даётся ссылка. Что касается недатированных ссылок, то применяется самая последняя редакция соответствующего документа (включая любые поправки).

ISO/ASTM 52900 Standard Terminology for Additive Manufacturing –General Principles – Terminology

Аддитивное производство. Базовые принципы. Основные принципы и терминология

**3 Термины и определения**

3.1 В настоящем стандарте применены термины и определения в соответствии с ISO/ASTM 52900 и следующий термин с соответствующим определением:

**полигонизация** (polygonization) (триангуляция (triangulation): Создание цифровой модели поверхности в виде большого числа соединенных полигонов.

Примечание 1 – Создание поверхности соединенных треугольных полигонов называют триангуляцией

Примечание 2 – В аддитивном производстве полигонизация/триангуляция является операцией, проводимой при помощи программного обеспечения, которое используется для создания фасеточной модели из облака точек или объемной геометрической модели САПР

.

**4 Обмен данными**

**4.1 Поток данных**

**4.1.1 Общие положения**

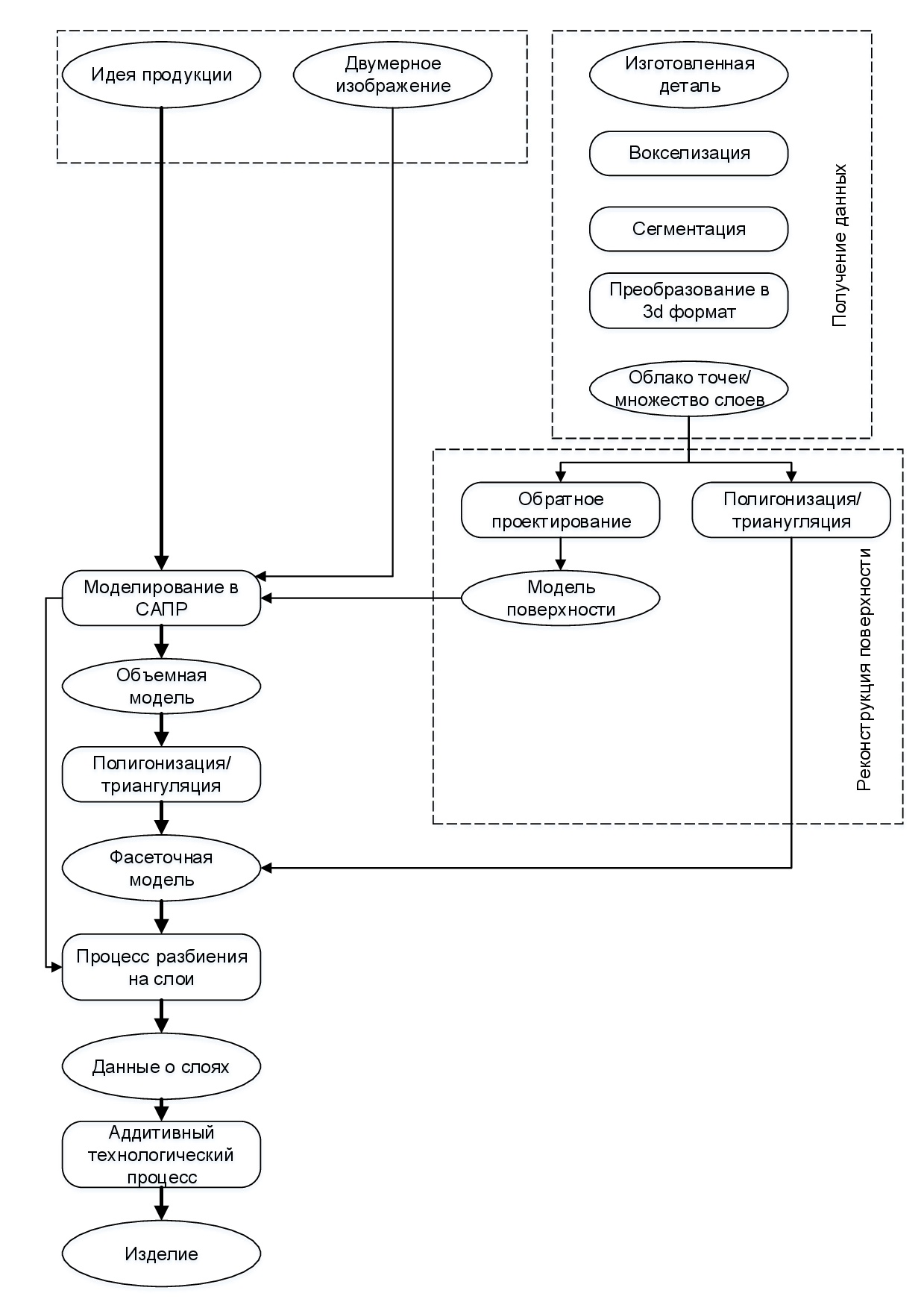
Полный набор 3D-данных изделия составляет основу аддитивного производства. Чаще всего набор данных получают путем прямого 3D моделирования в системах САПР. При наличии изготовленной детали набор данных также может быть получен с помощью измерений (см. рисунок 1).

В дальнейшем на основе объемной или плоскостной модели при помощи полигонизации или триангуляции формируется представление детали в виде фасеточной модели (см. 4.1.2.4) и передается в процесс производства в виде файла формата STL или VRML (см. 4.2.2 и 4.2.3). Данную операцию проводят насколько это возможно автоматизировано при помощи программного обеспечения.

**4.1.2 Объяснение ключевых терминов, используемых на рисунке 1**

**4.1.2.1 Моделирование в САПР (объемное моделирование)**

Моделирование в САПР – процесс, наиболее часто используемый при проектировании для создания электронной геометрической модели. Отправной точкой может быть идеи продукции, которая принимает форму и становится все более определенной на экране компьютера, или ранее созданный образ объекта в виде эскизов, чертежей и т.д., которые в дальнейшем можно конвертировать в 3D-данные в системах САПР. Объем изделия может быть описан с помощью двух различных методов или их комбинации. Объект составляют либо из элементарных объемов (форм) (например, прямоугольного параллелепипеда, призмы, цилиндра, конуса, сферы и тороида), которые с помощью последовательности логических операций образуют реальный объект, или объем описывают при помощи граничных поверхностей и расположение материальных точек относительно граничных поверхностей.



**4.1.2.2 Преобразование в 3D формат**

Преобразование в 3D формат – это процесс, при котором геометрию поверхности физического объекта определяют с использованием соответствующего оборудования и программного обеспечения и записанных в цифровую модель облака точек. Объекты могут быть созданы вручную или использованы готовые модели, которые должны быть скопированы в цифровой форме. Преобразование в 3D формат особенно эффективно, если модель разработана эмпирически, имеет области свободной поверхности, так как она является трудно воспроизводимой с помощью прямого моделирования в САПР.

**4.1.2.3 Реконструкция поверхности**

Реконструкция поверхности является способом обработки данных, полученных после преобразования в 3D формат. На основе созданного компьютером облака точек создают математически описанные кривые и поверхности с топологической информацией достаточной для требуемого воссоздания поверхности объекта. Указанные данные затем могут храниться отдельно или быть интегрированными в существующую объемную модель САПР. Реконструкция поверхности обеспечивает связь между преобразованием в 3D формат и моделированием САПР.

**4.1.2.4 Полигонизация/триангуляция**

Процесс полигонизации/триангуляции аддитивного процесса используют для создания с помощью программного обеспечения из облака точек, полученного после преобразования в 3D формат, или объемной модели, полученной при помощи 3D-моделирования САПР объемной фасеточной модели. Поверхность объекта представляет собой множество мелких, плоских фасетов или полигонов, которые расположены между точками. Число и размер фасет определяет, насколько точно воспроизводится геометрия поверхности. Результатом процесса является набор данных.

**4.1.2.5 Фасеточная модель**

Фасеточная модель является способом описания геометрических границ твердых тел. Каждая треугольная фасета соединена с соседней общими гранями, чтобы обеспечить замкнутость поверхностей. В фасеточной модели точность определяется отклонением хорды от CAD-модели. Для большей точности требуется больше вычислительных усилий.

**4.1.2.6 Процесс разбиения на слои**

Процесс разбиения на слои является важным этапом предварительной подготовки во всех аддитивных технологических процессах. Он включает в себя разбиение фасеточной (объемной) модели на несколько последовательных слоев и запись информации о каждом слое. После обработки данные контура больше не связаны друг с другом по оси Z, таким образом последующее масштабирование невозможно. Для некоторых технологий этот процесс выполняется автоматически с помощью программного обеспечения при установлении необходимых параметров (например, толщина слоя). В других случаях требуется отдельное программное обеспечение для подготовки и хранения данных о слоях.

**4.2 Форматы данных**

**4.2.1 Общие положения**

Наиболее распространенные форматы данных описаны в 4.2.2-4.2.8. Наиболее часто используемым форматом данных для передачи данных является STL. Если из-за отсутствия необходимого модуля (не входит в стандартную поставку программ САПР) данные не могут быть экспортированы в STL, то данные могут быть переданы через другие форматы (например, STEP или IGES) в другие САПР, которые позволят в дальнейшем работать с STL.

Примечание - Проблемы преобразования могут возникнуть при передаче данных через системно-нейтральные интерфейсы, поскольку возможности интерфейсов (несмотря на установленные стандарты) существенно различаются и программы работают с разной степенью точности.

**4.2.2 STL**

Формат файлов STL изначально был разработан как часть пакета САПР для установок стереолитографии (что объясняет его наименование), но со временем зарекомендовал себя как широко применяемый формат для передачи данных в аддитивных технологиях. Это системно-нейтральный формат обмена данными только о геометрических координатах. Ограничивающие поверхности объемной модели описываются треугольниками (плоские фасеты) и их нормальными векторами. Набор данных в STL может быть сохранен с помощью ASCII, что является более воспринимаемым человеком форматом, или двоичной записи, что позволяет значительно снизить размер файла. Формат STL является непригодным для обмена данными между системами САПР и/или системам автоматизированной технологической подготовки производства (CAM), потому что геометрические формы необратимо трансформированы в фасеты.

**4.2.3 VRML (WRL)**

VRML (язык моделирования виртуальной реальности), независимый от платформы формат трехмерного отображения данных, поддерживающий сетевые функции (файлы с расширением «wrl» (от слова «world») или «wrz» (для сжатых файлов формата VRML, по международным стандартам ISO/IEC 14772-1 и ISO/IEC 14772-1). VRML – это формат данных, который не ограничивается только перечислением информации о точках или гранях; он также описывает трехмерные объекты или сценарии с использованием объектно-ориентированного метода и определенного типа компьютерного языка (обычный текст ASCII или UTF-8). Основными компонентами формата языка VRML являются типы узлов и каналы связи: узлы форм (основные геометрические формы, такие как прямоугольные параллелепипеды, цилиндры, конусы, сферы), узлы внешнего вида [цвет, текстуры (свойства материалов) и геометрические преобразования], узлы освещения, узлы (параллельные проекции перспектив) и группы узлов для реализации иерархических структур, а также прототипы, чтобы расширить существующий виды узлов. Совсем недавно формат VRML стал форматом XML, названным консорциумом Web3D «eXtensible 3D» (расширяемое 3D). Более подробно смотри в международном стандарте ISO/IEC 14772-1.

**4.2.4 IGES**

IGES (initial graphics exchange specification, начальная спецификация обмена графикой) является нейтральный формат данных и международный стандарт для обмена данными о геометрических формах и аннотаций (см. ISO/ASTM 52900). Существуют ограничения формата IGES, связанные с потерей замкнутости геометрических поверхностей при контурном представлении модели.

Примечание – IGES является наименованием стандарта Национального Бюро Стандартов Соединеных Штатов NBSIR 80-1978 «Цифровое представление для передачи данных, определяющих продукцию», который был утвержден ANSI сначала как ANS Y14.26M-1981 и дальше как ANS USPRO/IPO-100–1996. Версия IGES 5.3 была пересмотрена стандартом STEP ISO 10303 в 2006.

**4.2.5 STEP**

ISO 10303 STEP (стандарт обмена данными модели продукта) является системно нейтральным форматом для описания и обмена данными между различными САПР-системами. STEP может быть использован для передачи помимо данных о геометрии продукта (как в случае с IGES) таких данных о продукции, как комплектность, информация о жизненном цикле продукции, цвете, текстовой информации и др. Все формы модели данных САПР могут быть интегрированы в геометрическое представление (каркасные модели, поверхностные и объемные модели).

Примечание – Существует стандарт ISO, устанавливающий требований к представлению информации о продукте, а также необходимые механизмы и определения, позволяющие обмениваться данными о продукте. ISO/TS 10303-1835 используют при представлении информации о продукте, включая комплектность и информацию о компонентах; и обмене данными о продукции, включая хранение, транспортирование и использование.

**4.2.6 AMF**

AMF (Additive Manufacturing Format, формат аддитивного производства) – это XML формат данных для обмена информации о моделях аддитивного производства, включающий описание трехмерной геометрии поверхности с поддержкой цвета, материала, решетчатых структур, текстур поверхности и констелляций. В формат файлов AMF могут быть включены метаданные, содержащие информацию о процессе аддитивного производства или процессах пост-обработки (см. ISO/ASTM 52900). AMF может представлять один объектов из множетсва, объединенных в единую констелляцию. Как и в STL, геометрия поверхности представлена решеткой треугольников, но в случае с AMF треугольники могут быть искривлены. AMF может также устанавливать материал и цвет для каждого объема и цвет для каждого треугольника в решетке. Стандартизованные требования к формату AMF приведены в ISO/ASTM 52915.

**4.2.7 OBJ**

Файлы формата OBJ описывают геометрию поверхности 3D модели. Формат данных может хранить информацию о цвете и текстуре либо в сопутствующем файле PNG, содержащем карту текстуры, либо в файле MTL (Material Template Library? библиотеки шаблонов материалов), содержащем информацию о внешнем виде объекта. Это нейтральный формат с открытым исходным кодом, использующий ASCII. Файлы OBJ обеспечивают более точную сетку, поскольку кодирование поверхностей в OBJ не ограничивается треугольными сегментами, но также возможно использование различных многоугольников, таких как четырехугольники или шестиугольники.

**4.2.8 3MF**

3MF (3D Manufacturing Format, формат 3D производства) - это проект с открытым исходным кодом, разработанный консорциумом 3MF. Это XML файл, содержащий 3D-модель и информацию о собственности. Файл также может содержать вспомогательные структуры, связанные с данным изделия, и поддерживает нескольких материалов.

**4.3 Подготовка данных**

**4.3.1 Значение качества данных для качества изделия**

Безошибочное воспроизведение геометрии набора данных является необходимым предварительным условием для обеспечения качественного, бесперебойного процесса изготовления деталей с помощью существующих технологий производства. Особое внимание должно быть уделено следующему:

- все поверхности модели должны быть идеально состыкованы и не иметь выступающих незамкнутых поверхностей (идеально соединенная, замкнутая модель);

- все поверхности должны быть ориентированы таким образом, что внутренний объем детали мог быть четко определен[[1]](#footnote-1);

- при выполнении триангуляции не должны быть выбраны вспомогательные элементы конструирования (слои, цилиндров, оси, скрытые элементы и т.д.) должны быть выбраны;

- модели поверхности быть преобразованы в твердые формы перед выполнением полигонизации/триангуляции.

Генерирование или предоставление данных плохого качества могут привести к необходимости исправления данных или их восстановление, которое в некоторых случаях может быть очень трудоемким и дорогостоящим и требовать отдельного согласования. По этой причине рекомендуется и из-за проблем с допусками рекомендуется предоставлять чертежи с размерами.

**4.3.2 Параметры экспорта**

Настройка параметров экспорта при вводе данных и, следовательно, точность полигонизации/триангуляции определяет, насколько точно представлена требуемая геометрии изделия. Слишком низкое разрешение влияет на точность и внешний вид готового прототипа. Однако очень высокое разрешение требует большой объем памяти (чрезмерно большой размер файла) и увеличивает время подготовки (см. таблицу 1).

Таблица 1 – Потенциальные ошибки при создании набора данных и их влияние на процесс производства и на конечное изделие

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Ошибка | Влияние на процесс | Влияние на изделие | Возможное корректирующее действие |
| Слишком грубая триангуляция | Отсутствует | Низкая степень соответствия требуемой геометрии | Генерация файла с скорректированным разрешением |
| Слишком точная триангуляция | Слишком большое время вычисления, длительное время конструирования  Ошибки в процесса из-за большого объема данных | Дефекты, вызванные ошибками в процессе | Генерация файла с скорректированным разрешением |
| Неровные или выступающие поверхности в САПР модели | Ошибки в процессе, вызванные неопределёнными элементами | Дефекты искажения геометрии | Исправление модели –срезание выступающих поверхностей |
| Неправильная ориентация поверхностей в САПР модели | Ошибки, вызванные пустыми слоями или неопределенными элементами | Дефекты искажения геометрии | Проверка нормальности векторов  «Закрытые объемы» |

Различные параметры экспорта данных могут быть установлены в зависимости от программы САПР:

- высота хорды, соотношение сторон и разрешение;

- значение допусков, абсолютное выравнивание поверхности, абсолютное отклонение фасет, максимальное отклонения расстояние и т.д.;

- допуск значений геометрии треугольника, угловой допуск, контроль угла, угол плоскости поверхности.

Для нескольких программ, которые не позволяют устанавливать индивидуальные параметры при экспорте данных, выходные параметры настраиваются параметрами отображения. В этом случае следует убедиться, что установлено соответствующее высокое разрешение отображения в программе, выбранные до настройки.

Увеличение числа граней позволяет повысить качество изображения, но не может быть достигнуто без значительных затрат. Как правило, впоследствии можно уменьшить число граней, не вызывая проблем с воспроизведением индивидуальных параметров.

**4.3.3 Особенности обработки данных**

**4.3.3.1 Припуски на механическую обработку**

В зависимости от компонента и выбранного метода изготовления может потребоваться пост-обработка. В этом случае важно обеспечить надлежащее превышение размеров увеличением номинального размера в соответствующих областях, при создании модели в САПР. Исполнитель/производитель должен быть проинформирован о зонах обработки.

**4.3.3.2 Уменьшение объема**

Некоторые технологии аддитивного производства могут быть очень длительными и дорогими при изготовлении больших объемов. Однако очень часто можно уменьшить объем на стадии модели в САПР, например, создавая полые области или области с пониженной плотностью материала или решетчатой структурой. Уменьшения объема детали должны быть согласованы заранее при выполнении заказа на производство.

**4.3.3.3 Расположение детали и поддерживающие элементы**

В зависимости от процесса, точность построения детали и другие характеристики зависят от ориентации и последовательности размещения материала. Это необходимо учитывать при размещении детали в области построения. Кроме того, от расположения детали часто зависит время производства.

Некоторые производственные процессы требуют использования дополнительных структур для поддержки форм нависающий "снизу", закрепляющих их к твердому основанию, например к платформе построения. Поддерживающие элементы создают до производства и, как правило, удаляются вручную после завершения процесса производства.

Пользователь систем аддитивного производства создает поддерживающие элементы, используя опции в основном программного обеспечении, используемом системой или отдельное программное обеспечение

Не всегда возможно избежать повреждения завершенной поверхности при использовании поддерживающих элементов. В таких случаях следует отметить места, где необходимо избегать присоединения поддерживающих элементов.

**Библиография**

[1] ISO 6983-1, Automation systems and integration — Numerical control of machines — Program format and definitions of address words — Part 1: Data format for positioning, line motion and contouring control systems

[2] ISO/TS 10303-1835, Industrial automation systems and integration — Product data representation and exchange — Part 1835: Application module: Additive manufacturing part and build information

[3] I SO 10303 (all parts), Industrial automation systems and integration — Product data representation and exchange

[4] ISO/IEC 14772-1, Information technology — Computer graphics and image processing — The Virtual Reality Modeling Language — Part 1: Functional specification and UTF-8 encoding

[5] ISO/IEC 14772-2, Information technology — Computer graphics and image processing — The Virtual Reality Modeling Language (VRML) — Part 2: External authoring interface (EAI)

[6] ISO 18739, Dentistry — Vocabulary of process chain for CAD/CAM systems

[7] ISO/IEC 19775-1, Information technology — Computer graphics, image processing and environmental data representation — Extensible 3D (X3D) — Part 1: Architecture and base components

[8] ISO/ASTM 52915, Specification for additive manufacturing file format (AMF)   
Version 1.2

**Приложение ДА**

(справочное)

# Сведения о соответствии ссылочных межгосударственных и национальных стандартов международным стандартам и стандартам ASME, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте

Таблица ДА.1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Обозначение международного стандарта или стандарта АСТМ | Степень соответствия | Обозначение и наименование  Национального или межгосударственного стандарта |
| ISO/ASTM 52900 | IDT | ГОСТ Р 57558-2017/ISO/ASTM 52900:2015 Аддитивные технологические процессы. Базовые принципы. Часть 1. Термины и определения» |
| Примечание – В настоящей таблице использованы следующие условное обозначение степени соответствия стандарта: IDT – идентичный стандарт | | |

УДК:67.05:006.354 ОКС: 25.040.99

Ключевые слова: аддитивные технологии, форматы данных, обработка данных, формат файла STL, формат файла AMF, поток данных, общие требования

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Руководитель разработки:  Начальник Управления по качеству и стандартизации ООО «РусАТ» |  | А.С. Крюков |
|  |  |  |
| Исполнитель: |  |  |
|  |  |  |
| Главный специалист по стандартизации Управления по качеству и стандартизации ООО «РусАТ» |  | И.А. Косоруков |

1. Все ориентации поверхностей должны быть согласованы, чтобы внутренняя часть модели САПР всегда была четко определена. Если это не соблюдено, треугольники в файле STL или AMF могут быть повернуты неправильно, образуя отверстие на поверхности детали. Ориентация определяется направлением направленного наружу вектора нормали к поверхности модели САПР в интересующем месте. [↑](#footnote-ref-1)