

---

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

---



НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
СТАНДАРТ  
РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р  
ИСО/АСТМ  
52950—  
2022

---

**Аддитивные технологии**

**ПРЕДСТАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА ДАННЫХ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА**

**Общие положения**

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

Издание официальное

Москва  
Российский институт стандартизации  
2022

## Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Обществом с ограниченной ответственностью «Русатом — Аддитивные технологии» на основе собственного 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 2 августа 2022 г. № 711-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ИСО/АСТМ 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. Дополнительные сноски в тексте стандарта, выделенные курсивом, приведены для пояснения текста оригинала.

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов соответствующие им национальные стандарты, сведения о которых приведены в дополнительном приложении ДА

5 ВЗАМЕН ГОСТ Р 57590—2017

*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](http://www.rst.gov.ru))*

© ISO, 2021

© Оформление. ФГБУ «РСТ», 2022

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 . . . . .	1
4 Обмен данными . . . . .	2
4.1 Поток данных . . . . .	2
4.2 Форматы данных . . . . .	4
4.3 Подготовка данных . . . . .	5
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам . . . . .	8
Библиография . . . . .	9

## **Введение**

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

В настоящем стандарте процессы, используемые на практике, объяснены настолько подробно, насколько это необходимо для понимания положений с учетом наличия базового представления о различных аддитивных процессах.

## Аддитивные технологии

## ПРЕДСТАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА ДАННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

## Общие положения

Additive technologies. Presentation and processing of technological process data. General provisions

Дата введения — 2022—12—01

## 1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает общие положения по представлению и обработке данных в аддитивном производстве. Настоящий стандарт содержит термины и определения, применяемые при представлении и обработке данных о продукции, изготавливаемой с применением аддитивных технологических процессов. Описание способов обработки данных, приведенное в настоящем стандарте, включает описание типов файлов, структурирования данных и задач, для решения которых данные могут быть использованы.

В настоящем стандарте представлены:

- форматы для обмена данными, используемые в аддитивных технологических процессах;
- существующие способы создания геометрических форм для аддитивного производства;
- актуальные форматы файлов, используемые в рамках современного аддитивного производства;
- сведения о том, какие требования необходимы для обмена данными.

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

- производителями аддитивных систем и оборудования, включая программное обеспечение;
- инженерами-программистами, работающими в системах автоматизированного проектирования (САПР) и системах автоматизированной технологической подготовки производства (CAM);
- разработчиками систем обратного проектирования;
- производителями и потребителями продукции при установлении соответствия номинальных и фактических значений геометрии изделия.

## 2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использована нормативная ссылка на следующий стандарт [для датированных ссылок применяют только указанное издание ссылочного стандарта, для недатированных — последнее издание (включая все изменения)]:

ISO/ASTM 52900 Standard Terminology for Additive Manufacturing — General Principles — Terminology (Аддитивное производство. Базовые принципы. Основные принципы и терминология)

## 3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ИСО/АСТМ 52900, а также следующий термин с соответствующим определением.

ИСО и МЭК поддерживают терминологические базы данных для использования в стандартизации по следующим адресам:

- онлайн-платформа ИСО, доступная по адресу: <https://www.iso.org/obp>
- элекропедия МЭК, доступная по адресу: <http://www.electropedia.org/>

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

*Примечание 1* — Создание цифровой модели поверхности в виде большого числа соединенных треугольников называют триангуляцией.

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

*Примечание 3* — Под полигоном подразумевают плоскость в трехмерном пространстве, ограниченную тремя или более ребрами, определяемую, как правило, координатами ее вершин.

## 4 Обмен данными

### 4.1 Поток данных

#### 4.1.1 Общие положения

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

*Примечание* — Схема на рисунке 1, представленная в настоящем стандарте, нацелена только для демонстрации обработки данных в процессе аддитивного производства и не учитывает отдельные этапы, необходимые для обеспечения качества готовой продукции, такие как моделирование технологического процесса, анализ качества производства, прогнозирование дефектов (в частности, коробления) и последующая коррекция фасеточной модели с целью предупреждения дефектов.

В дальнейшем на основе объемной или плоскостной модели при помощи полигонизации или триангуляции (см. 4.1.2.4) формируют представление детали в виде фасеточной модели и передают в процесс производства в виде файла подходящего формата. Данную операцию проводят по мере возможности автоматизированно 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 является идея продукции, которая принимает форму и становится все более определенной по мере создания электронной геометрической модели, или ранее созданный образ объекта в виде эскизов, чертежей и т. д., которые в дальнейшем конвертируют в геометрические данные в САПР. Геометрическая форма изделия может быть описана с помощью двух различных методов или их комбинации. Геометрическую форму изделия 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 описывают при помощи граничных поверхностей и расположения материальных точек относительно граничных поверхностей.

##### 4.1.2.2 Преобразование в трехмерную модель

Преобразование в трехмерную модель — это процесс, при котором с использованием соответствующего оборудования и программного обеспечения определяют геометрию поверхности физического объекта и записывают ее в виде облака точек. Объекты могут быть созданы вручную или с использованием готовых моделей, которые должны быть скопированы в цифровой форме. При необходимости создания трехмерной модели на основе имеющейся физической модели сложной формы более эффективным является применение реверса инжиниринга с последующей обработкой массива точек.

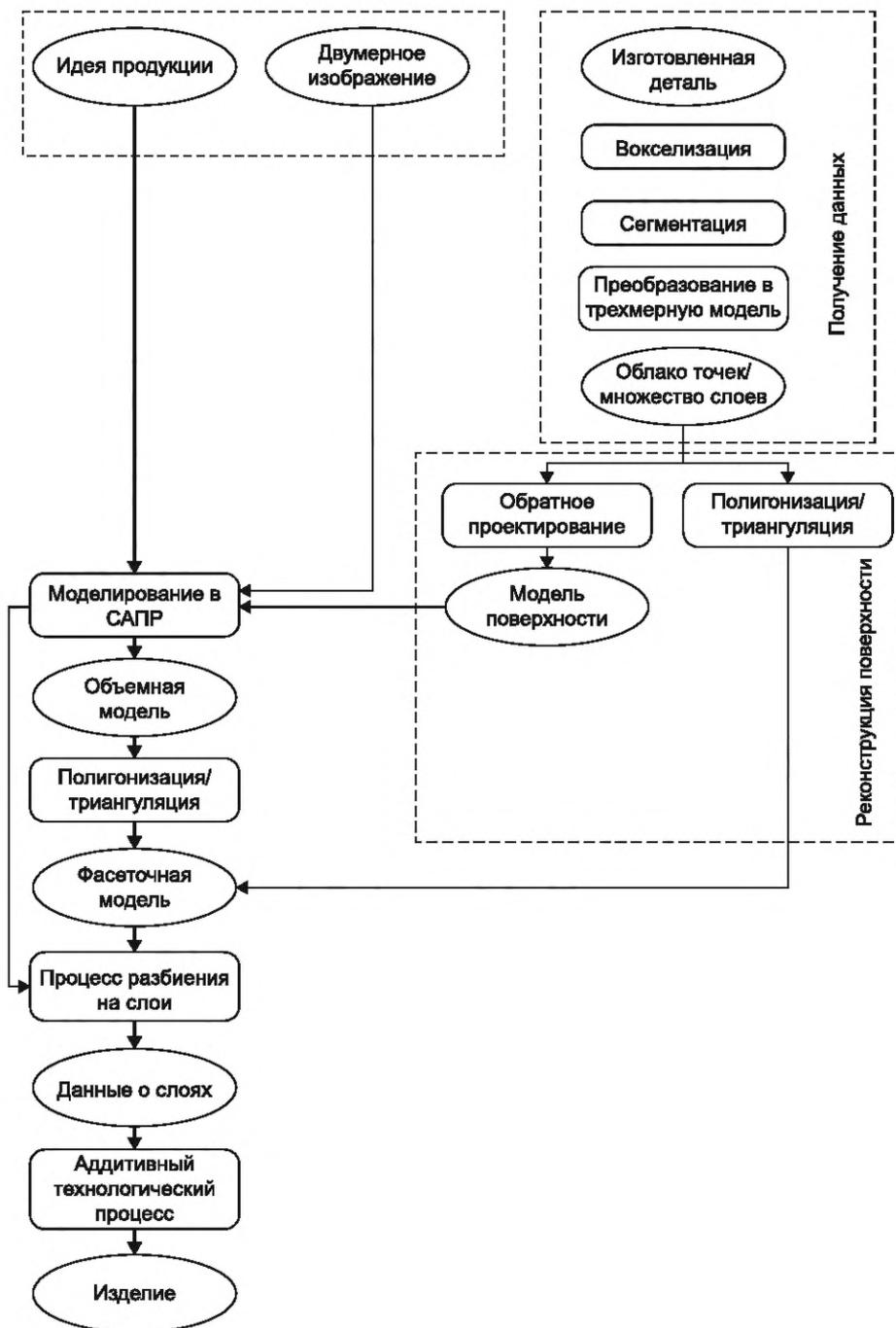


Рисунок 1 — Схема обработки данных в аддитивном технологическом процессе

#### 4.1.2.3 Реконструкция поверхности

Реконструкция поверхности является способом обработки данных, полученных после их преобразования в трехмерную модель. На основе созданного компьютером облака точек создают топологическую информацию (математически описанные кривые и поверхности), достаточную для воссоздания поверхности объекта. Указанные данные затем могут быть сохранены отдельно или интегрированы в существующую объемную модель САПР. Реконструкция поверхности обеспечивает связь между преобразованием в трехмерную модель и моделированием в САПР.

#### 4.1.2.4 Полигонизация/триангуляция

Процесс полигонизации/триангуляции используют для создания из облака точек, полученного после преобразования в трехмерную модель, или из объемной модели, полученной при помощи модели-

рования в САПР, объемной фасеточной модели. Поверхность объекта представляет собой множество мелких плоских фасетов или многоугольников, вершинами которых являются точки. Число и размер фасет определяет, насколько точно воспроизведена геометрия поверхности.

#### 4.1.2.5 Фасеточная модель

Фасеточная модель является способом описания геометрических границ твердых тел. Каждая треугольная фасета соединена с соседней общими гранями, обеспечивая замкнутость поверхностей. В фасеточной модели точность определяется отклонением хорды от электронной геометрической модели в САПР. Для большей точности требуется больше вычислительной мощности.

#### 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 объемной фасеточной модели на ряд последовательных слоев и запись информации о каждом слое. После обработки данные о слоях больше не связаны друг с другом по оси z, таким образом последующее масштабирование невозможно. Для некоторых технологий этот процесс выполняют 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 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-независимый формат, поскольку возможности форматов (несмотря на установленные стандарты) существенно различаются и программы работают с разной степенью точности.

### 4.2.2 STL

Формат файлов STL изначально 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-независимый формат обмена данными 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 посредством двоичной записи, что позволяет значительно снизить размер файла. Формат STL является непригодным для обмена данными между САПР и/или CAM, так как геометрические формы необратимо трансформируются 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)]. Более подробная информация указана в [4] и [5]. 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 для того, чтобы расширить существующие виды узлов. В настоящее время формат VRML является XML-форматом. Более подробная информация приведена в международном стандарте [4].

### 4.2.4 IGES

IGES — начальная спецификация обмена графикой, являющаяся независимым международно признанным форматом данных для обмена данными о геометрических формах и дополнительной ин-

формацией (см. ИСО/АСТМ 52900). Существуют ограничения формата IGES, связанные с потерей замкнутости геометрических поверхностей при контурном представлении модели.

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

#### 4.2.5 STEP

STEP — стандарт обмена данными модели продукта, являющийся системно-независимым форматом для описания и обмена данными между различными САПР-системами [3]. Помимо передачи данных о геометрии продукта STEP (так же, как и IGES) может быть использован для передачи 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 ИСО, устанавливающий требования к представлению информации о продукте, а также необходимые механизмы и определения, позволяющие обмениваться данными о продукте [2]. Данный стандарт используют при представлении информации о продукте, включая комплектность и информацию о компонентах, и об обмене данными о продукции, включая хранение, транспортирование и использование.

#### 4.2.6 AMF

AMF — формат аддитивного производства, XML-формат данных для обмена информацией 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 дополнительные данные, содержащие информацию о процессе аддитивного производства или процессах пост-обработки (см. ИСО/АСТМ 52900). AMF может представлять один объект из множества, 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 [8].

#### 4.2.7 OBJ

Файлы формата OBJ описывают геометрию поверхности трехмерной модели. Формат данных может хранить информацию о цвете и текстуре либо в сопутствующем файле PNG, включающем карту текстуры, либо в файле MTL (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 применение различных многоугольников, таких как четырехугольники или шестиугольники.

#### 4.2.8 3MF

3MF (формат 3D-производства) — это формат на основе открытого исходного кода, разработанный консорциумом 3MF. Это XML-файл, содержащий информацию о геометрии поверхности трехмерной модели и дополнительную информацию. В файле также может быть информация о вспомогательных структурах, связанных с изделием данных, и информация о нескольких используемых материалах.

### 4.3 Подготовка данных

#### 4.3.1 Качество данных

Точное 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 при отсутствии незамкнутых поверхностей (идеально соединенная, замкнутая модель);
- все поверхности должны быть ориентированы таким образом, чтобы внутренний объем детали мог быть четко определен<sup>1)</sup>;

<sup>1)</sup> Все ориентации поверхностей должны быть согласованы, чтобы внутренняя часть модели САПР всегда была четко установлена. 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 конкретном месте.

- при выполнении триангуляции должны быть исключены примененные при построении модели вспомогательные элементы (слои, цилиндры, оси, скрытые элементы и т. д.);
- перед выполнением полигонизации/триангуляции модели поверхности должны быть преобразованы в твердые тела.

Генерирование или предоставление данных неудовлетворительного качества может привести к необходимости исправления данных или их восстановления, что в некоторых случаях может быть очень трудоемким и дорогостоящим и требовать отдельного уточнения или согласования. По этой причине рекомендуется предоставлять чертежи с размерами.

#### 4.3.2 Параметры экспорта

Настройка параметров экспорта при вводе данных и, следовательно, точность полигонизации/триангуляции определяют, насколько точно представлена требуемая геометрия изделия. Низкое разрешение влияет на точность и внешний вид готового прототипа. Однако более высокое разрешение требует большого объема 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
Грубая триангуляция	Искажение геометрии	Низкая степень соответствия требуемой геометрии	Создание файла с скорректированным разрешением
Триангуляция с избыточной точностью	Слишком большое время вычисления, длительное время конструирования. Ошибки в процессе из-за большого объема данных (недостаточности вычислительных ресурсов)	Дефекты, вызванные ошибками в процессе	Генерация файла с менее точной триангуляцией
Неровные или выступающие поверхности в САПР модели	Ошибки в процессе, вызванные неопределенностью при ограничении разрядной сетки	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 отклонение расстояния 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 в том, что установлено соответствующее высокое разрешение отображения в программе, выбранное до настройки.

Увеличение числа граней позволяет повысить качество описания геометрии, но не может быть достигнуто без значительных затрат. Как правило, впоследствии можно уменьшить число граней без затруднений 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 механическая постобработка. В этом случае необходимо заранее учесть припуск на механическую обработку в соответствующих областях при создании модели в САПР. Исполнитель/производитель должен быть проинформирован о зонах обработки.

#### 4.3.3.2 Уменьшение объема

Изготовление при помощи некоторых технологий аддитивного производства может быть чрезмерно длительным и дорогим при больших объемах материала. Однако чаще всего можно уменьшить объем на стадии моделирования в САПР, например создавая полые области или области с пониженной плотностью материала или решетчатой структурой. Уменьшение объема материала в детали должно быть согласовано заранее при выполнении заказа на производство.

#### 4.3.3.3 Расположение детали и поддерживающие элементы

Точность построения детали и другие характеристики зависят от ориентации и последовательности нанесения материала, что необходимо учитывать при размещении детали в области построения. Кроме того, расположение детали часто влияет на время производства.

Некоторые производственные процессы требуют использования дополнительных структур для поддержки нависающих форм, присоединяя их к твердому основанию, например к платформе построения. Поддерживающие элементы создают до производства и, как правило, удаляют вручную после завершения процесса производства.

Пользователь систем аддитивного производства создает поддерживающие элементы, применяя опции в основном программном обеспечении, используемом системой, или отдельное программное обеспечение.

В случае использования поддерживающих элементов не всегда можно избежать повреждения поверхности при их удалении. По этой причине следует отмечать те места, в которых необходимо избегать присоединения поддерживающих элементов.

Приложение ДА  
(справочное)

## Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего национального 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 использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандарта: - IDT — идентичный стандарт.		

**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] ISO 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

---

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

---

Редактор *Л.С. Зимилова*  
Технический редактор *И.Е. Черепкова*  
Корректор *М.В. Бучная*  
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Сдано в набор 04.08.2022. Подписано в печать 12.08.2022. Формат 60×84½. Гарнитура Ариал.  
Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 1,68.

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](http://www.gostinfo.ru) [info@gostinfo.ru](mailto:info@gostinfo.ru)

