ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ

ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

«ВОЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ»

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Разработка и создание оснастки для пылесоса.

МДК.02.02. Эксплуатация установок для аддитивного производства.  
ПМ.02 Организация и ведение технологического процесса создание изделий по компьютерной (цифровой) модели на аддитивных установок.

|  |
| --- |
| Работу выполнил:  студент 4 курса группы АДТ-41  Власов Сергей Игоревич  Руководитель проекта: преподаватель Мифтахов Наиль Ильгизович |

Вольск 2025

|  |  |
| --- | --- |
| СОДЕРЖАНИЕ |  |
| Введение | 3 |
| 1 Теоретическая часть |  |
| Описание процесса технологии | 8 |
| Материалы, используемые в технологии. | 8 |
| Преимущества и недостатки технологии | 8 |
| Примеры изделий, изготовленных по технологии. | 8 |
| Оборудование, используемое в технологии. | 8 |
| Постобработка при использовании технологии. | 9 |
| 2 ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ |  |
|  | 10 |
|  | 23 |
| 3 Охрана труда и техника безопасности |  |
| 3.1 Эргономические требования к рабочему месту | 24 |
| 3.2 Требования по охране труда и правила техники безопасности  ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 19  19 |

Введение

Аддитивные технологии, также известные как аддитивное производство или 3D-печать, — это инновационный подход к созданию физических объектов путем послойного добавления материала. В отличие от традиционных методов производства, таких как фрезерование, литье или вытачивание, которые основаны на удалении лишнего материала (субтрактивные технологии), аддитивные технологии строят объекты "с нуля", добавляя материал только там, где это необходимо.

Эти технологии используются для создания прототипов, функциональных деталей и даже готовых изделий в различных отраслях: машиностроение, медицина, аэрокосмическая промышленность, строительство, ювелирное дело и другие. Они позволяют изготавливать сложные геометрические конструкции с высокой точностью, что часто невозможно при использовании традиционных методов.

Одним из ключевых этапов работы с аддитивными технологиями является подготовка цифровой модели объекта. Для этого требуется преобразовать реальный объект в цифровой формат, который затем можно использовать для 3D-печати. Этот процесс называется оцифровкой.

Современные технологии производства изделий стремительно развиваются, и одним из наиболее значимых направлений является аддитивное производство. Курсовой проект по МДК 02.01 на тему «Разработка и создание оснастки для пылесоса (узкая)» направлен на применение технологии FDM в реальной инженерной задаче, связанной с созданием функциональной оснастки для бытового устройства. Актуальность темы определяется необходимостью оперативного производства уникальных деталей и ремонтов без привлечения дорогостоящего оборудования.

Цель работы — спроектировать и изготовить с помощью технологии FDM узкую оснастку для пылесоса, предназначенную для уборки труднодоступных мест. Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:  
— изучить основы технологии FDM;  
— рассмотреть используемые материалы и оборудование;  
— разработать 3D-модель изделия;  
—произвести печать на 3D-принтере;  
— провести постобработку и испытания изделия.

Актуальность темы

В условиях стремительного развития аддитивных технологий, особенно

метода послойного наплавления (Fused Deposition Modeling, FDM), возрастает интерес к их применению в проектировании и изготовлении

функциональных изделий и вспомогательной оснастки. Одним из перспективных направлений использования FDM-печати является создание специализированной оснастки — приспособлений, адаптеров, держателей и насадок, повышающих эффективность и удобство эксплуатации бытовой техники, в том числе пылесосов.

Современные потребители всё чаще сталкиваются с необходимостью адаптации стандартных устройств под индивидуальные задачи уборки: чистка труднодоступных мест, работа с разными типами покрытий, уход за техникой и мебелью. При этом промышленные решения не всегда отвечают специфическим требованиям пользователей или оказываются экономически невыгодными. В этой связи разработка и локальное производство оснастки с использованием FDM-печати представляют собой гибкое, быстрое и рентабельное решение.

Кроме того, применение аддитивных технологий позволяет значительно сократить сроки проектирования и прототипирования, минимизировать отходы материалов и обеспечить высокую степень кастомизации изделий. Это особенно актуально в условиях роста популярности домашних 3D-принтеров и развития цифрового производства на уровне малых предприятий и индивидуальных пользователей.

Таким образом, разработка оснастки для пылесоса с использованием технологии FDM не только отвечает современным тенденциям в области инженерного дизайна и цифрового производства, но и имеет практическую ценность, способствуя повышению функциональности бытовой техники и удовлетворению индивидуальных потребностей пользователей.

Практическая значимость

Практическая значимость данного курсового проекта заключается в возможности непосредственного применения разработанной оснастки для повышения функциональности и удобства эксплуатации бытового пылесоса. Созданные с помощью технологии FDM насадки, адаптеры или держатели могут быть использованы как в домашних условиях, так и в сфере профессиональной уборки, обеспечивая более эффективную очистку труднодоступных зон, специфических поверхностей (например, жалюзи, клавиатур, обивки мебели) или при работе с различными типами загрязнений.

Разработанная конструкция оснастки учитывает как эргономические, так и технологические требования, что позволяет изготавливать её на доступных FDM-принтерах с использованием распространённых термопластов (например, PLA, PETG или ABS). Это делает решение экономически выгодным и легко воспроизводимым даже в условиях домашней или учебной мастерской.

Кроме того, проект демонстрирует реальный кейс интеграции аддитивных технологий в решение повседневных инженерных задач, что может быть полезно при обучении студентов, разработке методических материалов по 3D-проектированию и печати, а также в рамках развития цифрового производства на уровне малых предприятий или стартапов.

Таким образом, результаты работы имеют не только прикладной характер, но и могут служить основой для дальнейшего расширения линейки специализированной оснастки под различные модели пылесосов и задачи уборки.

Целью данного курсового проекта является разработать и изготовить функциональную оснастку (насадку/адаптер/приспособление) для бытового пылесоса с применением технологии FDM, обеспечивающую расширение его эксплуатационных возможностей и удобство использования при выполнении специфических задач уборки

Объект и предмет исследования

Процесс проектирования и аддитивного изготовления функциональной оснастки для бытовой техники.

Предметом исследования выступают Конструкция и технология изготовления специализированной оснастки для пылесоса с использованием метода FDM-печати.

Методы исследования

Анализ и систематизация — изучение существующих решений оснастки для пылесосов, а также обзор современных возможностей и ограничений технологии FDM-печати.

Функционально-стоимостной анализ (ФСА) — оценка соотношения функциональности, технологичности и себестоимости разрабатываемой оснастки.

Компьютерное 3D-моделирование — проектирование конструкции оснастки с использованием CAD-систем (например, Autodesk Fusion 360, SolidWorks, Tinkercad и др.).

Инженерный расчёт и моделирование — оценка прочностных характеристик и посадочных размеров (при необходимости — с использованием CAE-инструментов).

Экспериментальное прототипирование — изготовление физического образца оснастки на FDM-принтере с последующей проверкой геометрической совместимости и функциональности.

Тестирование и апробация — практическая проверка работоспособности оснастки в реальных условиях эксплуатации пылесоса.

Оптимизация конструкции — внесение изменений в модель на основе результатов тестирования для повышения удобства, надёжности и технологичности изделия.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

* 1. Описание процесса технологии FDM.

Технология FDM (Fused Deposition Modeling) относится к методам аддитивного производства и основана на послойном формировании изделия из расплавленного термопластичного материала. Полимерная нить подаётся в нагретый экструдер, где расплавляется и через сопло наносится на платформу. Послойное наплавление приводит к формированию объёмной модели в соответствии с цифровым трёхмерным файлом.

* 1. Материалы, используемые в технологии.

Для технологии FDM применяются различные термопластичные материалы: PLA, ABS, PETG, нейлон, поликарбонат и композитные нити. В рамках данного проекта используется PLA, поскольку он обладает низкой усадкой, высокой точностью печати и подходит для изготовления бытовой оснастки. Материал не требует высокой температуры нагрева и может использоваться на настольных 3D-принтерах без термокамеры.

* 1. Преимущества и недостатки технологии.

Преимущества FDM:

− низкая себестоимость изготовления изделий,

− доступность оборудования,

− возможность печати изделий сложной геометрии,

− быстрый переход от проекта к прототипу.

Недостатки:

− слоистая структура поверхности,

− ограниченная термостойкость PLA,

− необходимость калибровки и настройки оборудования,

− возможная постобработка.

Несмотря на эти ограничения, FDM является оптимальным способом изготовления функциональных изделий малых партий и единичного производства, в том числе бытовых насадок и адаптеров.

* 1. Примеры изделий, изготовленных по технологии.

Технология FDM широко применяется для изготовления адаптеров, кронштейнов, корпусных деталей, мебельной фурнитуры и оснастки для бытовых приборов. Одним из частых примеров являются насадки и переходники для пылесосов. В рамках данного проекта разрабатывается изогнутая универсальная насадка для трубки диаметром 35 мм, предназначенная для уборки труднодоступных мест.

* 1. Оборудование, используемое в технологии.

Для изготовления изделия в рамках курсового проекта используется 3D-принтер Flashforge Adventurer 4 Pro, относящийся к настольным аддитивным установкам FDM-типа. Принтер оснащён закрытой камерой, что обеспечивает стабильность температурного режима и позволяет получать изделия с более ровной поверхностью и точной геометрией.

Это особенно важно при производстве функциональных деталей, требующих точного сопряжения с другими элементами, например посадочной части насадки и трубки пылесоса.

Оборудование имеет быстросъёмное стандартное сопло диаметром 0,4 мм, что позволяет сочетать высокую точность печати и приемлемое время изготовления. Автоматическая калибровка платформы снижает вероятность дефектов первого слоя и повышает повторяемость результатов. Основные технические характеристики 3D-принтера Flashforge Adventurer 4 Pro: тип печати: FDM; диаметр сопла: 0,4 мм; максимальная температура экструдера: до 265 °C; рабочая область: 220×200×250 мм; закрытая камера печати со встроенной системой фильтрации; автоматическая калибровка платформы; поддержка материалов PLA, ABS, PETG и других термопластов. Использование данного оборудования делает возможным изготовление универсальной изогнутой насадки с длиной 200 мм и углом изгиба 45°, при этом обеспечивается необходимая точность посадочного диаметра 35 мм и плотная фиксация без дополнительного уплотнения.

* 1. Постобработка при использовании технологии.

После завершения печати изделие может требовать незначительной постобработки для улучшения внешнего вида и удаления возможных технологических дефектов. Поскольку в проекте используется PLA, постобработка выполняется преимущественно механическим способом без применения растворителей или нагревательных установок. Основные этапы постобработки:

1. Снятие поддержек (при наличии) Если при печати использовались поддерживающие структуры, они аккуратно удаляются вручную или при помощи плоскогубцев.

2. Лёгкая шлифовка поверхности Мелкозернистая наждачная бумага применяется для устранения видимой слоистости и выравнивания поверхности в местах соприкосновения слоёв.

3. Контроль геометрии Проверяется точность посадочного диаметра и плотность фиксации на трубке пылесоса.

4. Функциональная проверка Оценивается герметичность соединения и возможность эксплуатации изделия по назначению. Такой формат постобработки позволяет добиться необходимого качества и сохранить прочность PLA, не усложняя технологический процесс.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

## 2.1 Назначение и конструкция изделия

Проектируемая оснастка представляет собой узкую насадку для пылесоса, предназначенную для уборки пыли и мусора в труднодоступных местах. Ширина рабочей части составляет 15 мм, длина — 120 мм. Насадка имеет переходник под стандартное соединение 32 мм.

## 2.2 Проектирование и моделирование

Моделирование выполнено в программе Autodesk Fusion 360. На основе обмеров была создана 3D-модель изделия с учетом параметров оригинала. Применены элементы плавного перехода для улучшения аэродинамики потока воздуха. Модель экспортирована в формат STL для дальнейшего слайсинга.

## 2.3 Настройка печати и выбор параметров

Слайсинг производился в программе Ultimaker Cura. Основные параметры печати:  
— высота слоя: 0,2 мм;  
— температура сопла: 200°C;  
— температура стола: 60°C;  
— скорость печати: 50 мм/с;  
— материал: PLA 1,75 мм.  
Время печати составило около 3 часов, масса готового изделия — 28 грамм.

## 2.4 Контроль качества и постобработка

После завершения печати изделие было очищено от поддержек, обработано наждачной бумагой P400 и покрыто лаком. Произведена проверка посадки на патрубок пылесоса — соединение плотное, утечек воздуха не выявлено.

## 2.5 Испытания и результаты

Оснастка прошла испытания в бытовых условиях. Устройство показало высокую эффективность при уборке в узких пространствах, в том числе между мебелью и вдоль плинтусов. Прочность изделия признана достаточной для длительного использования.

## 2.6 Техника безопасности и охрана труда

При работе с 3D-принтером необходимо соблюдать правила техники безопасности: не касаться горячего экструдера, не работать при закрытой вентиляции, использовать перчатки и защитные очки при постобработке изделий.

## 2.7 Перспективы развития проекта

Дальнейшее развитие проекта может включать создание серии насадок различной формы, использование гибких материалов, а также разработку универсальных адаптеров под разные модели пылесосов. Также возможна интеграция элементов для регулирования потока воздуха.

ОХРАНА ТРУДА И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

Эргономические требования к рабочему месту

Организация эргономики рабочих мест и процессов является одной из основных задач в деятельности специалиста по организации процессов. Рабочее место – это пространственный участок в рабочей системе, на котором выполняются рабочие задания. При организации эргономики рабочего места должны выполняться требования экономичности, эргономичности и гуманности. Правильно организованные рабочие места гарантирует: экономически выгодные объемы производства (количество); достаточное качество; незначительные накладные затраты; нагрузку и напряженность труда, которую может перенести работник; выполнение правил техники безопасности.

Антропометрия – это наука, которая занимается пропорциями и использованием размеров тела человека.

Наглядно определять, а затем и использовать соответствующие размеры тела человека можно с помощью большого количество предлагаемых таблиц. В рамках организации рабочего места преследуется цель оптимального пространственного и форменного приспособления элементов рабочего места к работнику. Приспособление рабочего места к человеку требует, прежде всего, учета размеров человеческого тела при расчете размеров рабочего места. Поскольку размеры тела различных людей могут значительно отличатся, рабочее место должно проектироваться для определенного диапазона габаритов, а не для размера тела отдельного человека. Размеры тела в состоянии покоя и движения определяются длинной костей, силой мышц и тканей, а также формой и механикой суставов.

Для организации рабочего места необходимо знать длину важнейших частей тела и величину пространства движения рук и ног. Наряду со средними значениями в большинстве случаев указывается, как правило, и на так называемые значения перцентилей (термин в антропометрии). Значение перцентиля указывает на то, какой процент людей в определенной группе населения – по отношению к определенному размеру тела – обладает большими или меньшими размерами, чем заданное значение. Размеры и пропорции тела различны у разных людей. Средний рост европейских женщин в возрасте от 26 до 40 лет составляет около 163 см, мужчин в том же возрасте – около 175 см. Однако нельзя ориентироваться только на средние значения при организации трудового процесса, так как людям большого и малого роста также необходимы хорошие условия труда.

Среднее арифметическое значение размеров тела можно использовать для организации эргономики рабочего места только при условии, что отклонения от этого среднего значения вверх или вниз обладают соответственно таким же воздействием на человека. Однако, зачастую это не так. К примеру, высота сидения стула ориентирована на расстояние между полом и нижней частью бедра, то есть на длину голени со стопой. Увеличение высоты стула для большинства людей более неприятно, чем уменьшение его высоты на такую же величину. Поэтому при установлении высоты сидения должны, прежде всего, принимаются во внимание люди с более короткими ногами. «Внутренние размеры», например, пространство для колен под эксцентриковым прессом, должны быть ориентированы, напротив, на длинноногих людей. На рабочем месте рассматривают, в основном, положения стоя и сидя, но существует также положения: лежа, стоя на коленях и сидя на корточках. Для всех положений тела существуют разные позиции, т.е. вариации положения тела (например, можно

стоять, наклонившись вперед или нагнувшись). Целесообразность одного или другого положения тела необходимо рассматривать с двух сторон: с точки зрения рабочего задания и с точки зрения нагрузки на рабочего.

Сначала принимают решение о положении тела, исходя из рабочего задания. Какое положение тела является более подходящим: там, где необходимы размашистые движения тела и рук, или где надо прилагать значительную мышечную силу, предпочтительна работа, в положении стоя, так как при помощи движений и массы тела работа может быть облегчена. С другой стороны, существует большое количество работ, которые требуют спокойных движений и точного наблюдения, и поэтому должны выполняться только сидя.

Рассматривая с психологической точки зрения, положение сидя должно быть предпочтительнее положению стоя, потому что в положении сидя нагрузка меньше. В положении стоя в ногах собирается кровь, нарушается циркуляции крови, что может вызвать варикозное расширение вен. В то же время, при длительном нахождении в положении сидя могут возникнуть явления застоя крови в области таза и расстройства пищеварения.

Оптимальное решение состоит в том, что если рабочее задание позволяет, работник должен по своему усмотрению, согласно рабочему процессу, изменять свое положение (сидя, стоя). Фактически, существует целый ряд работ, которые могут выполняться как сидя, так и стоя. Это особенно распространено при однообразной деятельности, которая, однако, требует значительной степени внимания, поскольку изменение положения тела способствует концентрации внимания. На рабочих местах для работы и сидя, и стоя, рабочая высота ориентируется на положение стоя.

Для уменьшения разницы считается, что высота сидения должна быть увеличена на 40 - 45см, это означает, что необходима еще специальная подставка для ног, которая дает дополнительное пространство для движения ног. Чтобы обеспечить использование этой возможности смены положения, необходимо следить за тем, чтобы глаза и ладони находились на одном уровне при обоих положениях, а стул был легко подвижен. Если рабочее задание создает предпосылки для работы сидя, следует позаботиться, чтобы каждый сотрудник мог безопасно работать, с минимально возможной утомляемостью и с максимально возможными удобствами. При неправильных размерах рабочего места подвергаются нагрузке особенно мышцы шеи, плечевого пояса и спины, что неправильно с точки зрения эргономики. Указанные ниже размеры такие как «рабочая высота», «высота сидения» и «пространство захвата» тесно связаны между собой и поэтому всегда должны рассматриваться вместе.

Рабочая высота -это та высота, на которой должны находиться обрабатываемые или наблюдаемые предметы труда. В положении сидя оно измеряется от поверхности сидения. Рабочая высота не идентифицируется просто с высотой стола, так как в некоторых случаях необходимо учитывать высоту приспособлений и устройств, при помощи которых выполняется работа. При этом высота стола должна выбираться соответственно ниже или, при заданной высоте стола, высота сидения должна выбираться выше. При определении рабочей высоты важную роль играет вид работ. При точных работах рабочая высота определяется, прежде всего, уровнем глаз над высотой сидения, наклоном взгляда или удаленностью зрительного

восприятия. При сборочных работах или работе на станках должен быть найден компромисс между зрительными условиями и удобным положением

рук (верхнее предплечье должно быть максимально вертикально опущено).

Нормальный рабочий стол должен давать работнику возможность опереть верхнюю часть тела, не наклоняясь далеко вперед. При работах более грубого характера с ярко выраженной динамикой важна свобода движения рук. Та же рабочая высота касается и машинописных работ (средняя высота клавиатуры). Высота между поверхностью стола и поверхностью сидения ограничена высотой бедер. Эффективная высота сидения – это высота от поверхности опоры для ног до поверхности сидения. В любом случае она должна быть изменяемой, так как рабочая высота (например, у станков) зачастую является неизменной. Необходимым для этого регулирования является диапазон от 38-51 см. Пространство захвата. Пространство над поверхностью стола, которое без труда можно охватить руками, ограничено индивидуальной длиной рук и называется пространством захвата. Не все зоны этого пространства одинаково удобны для манипулирования. Строение суставов обусловливает более или менее благоприятные траектории движения.

Рабочее пространство для ног. Положение опоры для ног регулируется индивидуально. Ножные переключатели, которые приводятся в движение пятками, лучше всего располагать под центром работы кистей рук. Педали, которые приводятся в движение носком ноги, лучше располагать перед человеком так чтобы пятка могла стоять на расстоянии 14-18см. перед невидимым перпендикуляром, проходящим через центр работы.

Ниже представлена эргономика рабочего места по инструкции Apple.

Требования по охране труда и правила техники безопасности

Охрана труда и техника безопасности на предприятии включают в себя комплекс мер, целью которых является обеспечение безопасности и сохранение здоровья работников, занятых исполнением своих трудовых обязанностей.

Основные нормативные требования по этому направлению приведены в Трудовом кодексе. Также действует целый ряд специализированных нормативных актов отраслевого и межотраслевого характера.

Мероприятия по охране труда и ТБ направлены на предотвращение травм работников и исключение ситуаций, следствием которых может стать несчастный случай или авария. При этом на различных предприятиях

требования техники безопасности и комплекс необходимых мер могут существенно различаться в связи с отраслевыми особенностями. В целом же можно выделить общие требования. Приведем основные из этих требований. Требования по созданию безопасных условий труда на рабочих местах

Охрана труда и техника безопасности на предприятии – это, прежде всего, зона ответственности работодателя и соответствующих служб организации.

Работодатель обязан разработать внутреннюю нормативную документацию, проводить инструктажи и проверки знаний в соответствии с требованиями законодательства, информировать работников обо всех обстоятельствах, от которых зависит безопасность на производстве.

Также работодатель обязан создать для работников безопасные условия труда. Для этой цели предусматривается комплекс требований:

* использование оборудования и конструкций, соответствующих требованиям стандартов и другой нормативной документации;
* соблюдение сроков периодических ремонтов и обслуживания оборудования;
* соблюдение требований пожарной и [электробезопасности](https://garmcentr.ru/uslugi/obuchenie/electrobezopasnost/) при оснащении производственных и офисных помещений;
* установка необходимых защитных приспособлений и конструкций;
* обеспечение достаточной освещенности, вентиляции, поддержание оптимального температурного режима на рабочих местах;
* своевременное устранение пыли и отходов производства;
* обеспечение работников спецодеждой и спецобувью, а также другими средствами индивидуальной защиты в соответствии со спецификой производства;
* обеспечение работников актуальными инструкциями по ТБ, наглядными материалами;
* создание на рабочих местах и в производственных помещениях всех необходимых систем сигнализации, размещение знаков безопасности и т.д.

Требования по поддержанию безопасности на рабочих местах.

Одной из приоритетных задач охраны труда и техники безопасности является поддержание рабочих мест и производственных помещений в безопасном состоянии. Для этой цели предъявляются следующие требования: каждый работник, независимо от должности и места работы, несет ответственность за поддержания порядка на своем рабочем месте;

* необходимо своевременно убирать мусор и содержать рабочее место в чистоте;
* проходы, коридоры, пути эвакуации должны оставаться свободными;

прокладка кабелей в пределах рабочих мест должна выполняться с соблюдением требований электробезопасности;

* при разливе или рассыпании каких-либо веществ на рабочем месте или в производственных помещениях уборка должна быть произведена немедленно.

Требования техники безопасности к работникам предприятия

Обеспечение безопасности труда невозможно без непосредственного участия самих сотрудниками. Значительная часть аварий и несчастных случаев на производстве происходит из-за нарушений, допускаемых работниками.

Все работники, независимо от должности обязаны:

* знать особенности технологического процесса на своем рабочем месте;
* знать и соблюдать все действующие требования по безопасной эксплуатации оборудования на своем рабочем месте;
* обладать в полном объеме знаниями в рамках инструктажей по охране труда;
* носить принятую на предприятии униформу, спецодежду, использовать средства индивидуальной защиты;
* соблюдать требования техники безопасности, действующие в производственном подразделении;
* знать и соблюдать требования, которые предписываются знаками безопасности, установленным на рабочем месте;
* соблюдать требования пожарной безопасности и электробезопасности

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения курсового проекта была разработана и изготовлена узкая оснастка для пылесоса с использованием технологии FDM. Проект позволил закрепить знания в области 3D-моделирования, познакомиться с этапами печати и постобработки. Результатом работы стало получение функционального изделия, полностью соответствующего поставленным требованиям.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ

1. Журнал «Аддитивные технологии».

2. Сайт 3Dtoday.ru — статьи и материалы по FDM-печати.

3. Официальная документация Autodesk Fusion 360.

4. Ultimaker Cura — руководство пользователя.

5. ГОСТ Р 57193-2016. Технологии аддитивные. Термины и определения.

6. Сайт IQB Technologies.