ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ

ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

«ВОЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ»

Зам.директора по учебной работе

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/Игнатьева Л.В./

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2025 г

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

МДК.02.02 Эксплуатация установок для аддитивного производства

ПМ. 02 Организация и ведение технологического процесса создания изделий по компьютерной (цифровой) модели на аддитивных производствах

Специальность 15.02.09 Аддитивные технологии.

Тема: Разработка и создание светильника.

Работу выполнил:

студент 4 курса группы АДТ-41

Шеина Екатерина Васильевна

Руководитель проекта:

преподаватель Мифтахов Наиль Ильгизович

Вольск 2025

|  |  |
| --- | --- |
| Содержание работы: |  |
| ВВЕДЕНИЕ |  |
| 1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ |  |
| 1.1. Описание процесса 3D-печати по технологии FDM (Fused Deposition Modeling) |  |
| 1.2. Материалы, используемые в технологии FDM (PLA, ABS, PETG, их свойства) |  |
| 1.3. Преимущества и недостатки технологии FDM для создания бытовых аксессуаров |  |
| 1.4. Примеры продукции (изделий), изготовленных по технологии FDM |  |
| 1.5. Оборудование, используемое в технологии FDM (настольные 3D-принтеры) |  |
| 1.6. Постобработка изделий, изготовленных по технологии FDM (шлифовка, покраска, удаление поддержек |  |
| 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ: ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ FDM ДЛЯ СОЗДАНИЯ СВЕТИЛЬНИКА |  |
| 2.1. Описание изделия "Декоративный настольный светильник" |  |
| 2.1.1. Функциональное назначение, эргономические и технические требования (безопасность, электромонтаж) |  |
| 2.1.2. Анализ существующих аналогов и обоснование разработки собственной конструкции |  |
| 2.2. Процесс изготовления |  |
| 2.2.1. Разработка концепции и эскизов светильника с учетом свойств материалов и технологии печати |  |
| 2.2.2. 3D-моделирование корпуса и элементов светильника в программном обеспечении (напр., Fusion 360,) |  |
| 2.2.3. Выбор материала для печати, обоснование выбора (PETG/PLA с учетом термостойкости и светопропускания) |  |
| 2.2.4. Подготовка модели к печати (слайсинг): настройка заполнения, толщины стенок, параметров печати для создания эффекта рассеивания света |  |
| 2.2.5. Процесс печати деталей светильника на 3D-принтере, особенности печати крупных элементов |  |
| 2.2.6. Постобработка готового изделия: сборка, установка электронных компонентов (патрон, провод, выключатель), финальная отделка |  |

ВВЕДЕНИЕ

Современное проектирование изделий промышленного дизайна неразрывно связано с использованием передовых цифровых технологий. Среди них трёхмерное моделирование занимает одно из ключевых мест, позволяя не только создавать виртуальные прототипы объектов, но и проводить их всесторонний анализ, визуализацию и подготовку к производству. Особую актуальность эти технологии приобретают в области разработки светотехнических приборов, где необходимо гармонично сочетать эргономику, эстетику, функциональность и технологичность конструкции.

Данный курсовой проект посвящён разработке и созданию светильника с использованием технологий 3D-моделирования. Целью работы является проектирование функционального и эстетически выразительного светильника, от первоначальной идеи до создания виртуальной 3D-модели и, опционально, физического прототипа.

В свете этого, тема данного курсового проекта — «Разработка и создание светильника в 3D» — является чрезвычайно актуальной. Светильник — это не просто источник света, это сложный объект на стыке искусства и техники, где каждая деталь должна быть тщательно продумана.

Актуальность темы:

В современную эпоху цифровой трансформации произошла фундаментальная переоценка подходов к проектированию и производству предметов материальной среды. Отрасль светодизайна, находящаяся на стыке искусства, инженерии и технологий, переживает значительные изменения под влиянием аддитивных технологий. Традиционная парадигма массового промышленного производства, доминировавшая на рынке осветительных приборов на протяжении десятилетий, все чаще демонстрирует свою ограниченность перед растущим потребительским спросом на уникальность, кастомизацию и устойчивость.

Исторически сложившиеся методы изготовления светильников - литье металлов и полимеров, выдувка стекла, механическая обработка древесины - требуют создания дорогостоящей оснастки и сложного технологического цикла. Это делает экономически нецелесообразным выпуск малых серий или единичных изделий, отвечающих индивидуальным запросам. В отличие от этих подходов, аддитивные технологии предлагают принципиально иную производственную парадигму, основанную на послойном синтезе физических объектов непосредственно из цифровых моделей. Реализованный в ходе проекта светильник является не просто демонстрацией возможностей 3D-печати, а полноценным продуктом, готовым к практическому применению. Разработанная технологическая цепочка может быть масштабирована и адаптирована для различных категорий светотехнических изделий.

Практическая значимость курсового проекта заключается в том, что он направлен на решение реальных задач, с которыми сталкиваются современные инженеры и производственные предприятия. Использование технологий 3D-сканирования, 3D-моделирования и аддитивного производства для создания прототипа кронштейна имеет множество практических преимуществ, которые делают проект актуальным и востребованным.

Объектом исследования является процесс проектирования и производства светильников с использованием аддитивных технологий, рассматриваемый как комплексная система, объединяющая художественно-дизайнерские, инженерно-конструкторские и технологические аспекты создания конечного продукта.

Предметом исследования является Предметом исследования является комплекс методов, принципов и технологических решений для создания светильника с использованием 3D-печати, включая:

1. Методы проектирования и моделирования:

- Принципы разработки 3D-моделей светильников в специализированном ПО (Autodesk Fusion 360, КОМПАС 3D)

- Особенности проектирования с учетом технологических ограничений FDM-печати

- Методы создания сложных геометрических форм и органических структур

- Подходы к оптимизации конструкции для снижения материалоемкости

2. Технологические аспекты производства:

- Параметры 3D-печати (толщина слоя, заполнение, скорость печати)

- Выбор материалов (PLA, PETG, ABS) и их влияние на качество изделия

- Методы постобработки напечатанных деталей

- Особенности сборки и соединения компонентов

3. Конструкторские решения:

- Способы интеграции электронных компонентов

- Методы обеспечения безопасности и надежности конструкции

- Подходы к созданию эффективной системы освещения

- Решения по теплоотводу и вентиляции

4. Эстетические и функциональные аспекты

- Принципы формирования световых эффектов

- Методы управления интенсивностью и распределением света

- Подходы к созданию уникального дизайна

- Взаимосвязь формы и функции изделия

5. Экономическая эффективность:

- Методы расчета себестоимости производства

- Подходы к оптимизации временных затрат

- Сравнительный анализ с традиционными методами производства

Цель и задачи:

Целью данного курсового проекта является комплексная разработка и виртуальное создание светильника с использованием современных технологий 3D-моделирования и визуализации, проходящая полный цикл — от зарождения идеи до создания фотореалистичных изображений и подготовке модели к потенциальному производству.

Для достижения цели были проставлены следующие задачи:

- Проведение аналитического исследования: изучение современного рынка светотехнических изделий, анализ аналогов и прототипов, выявление тенденций в области дизайна, материалов и технологий освещения.

- Разработка концепции и эскизирование: формулировка технического задания на проектирование, определение стилевого направления, функционального назначения и целевой аудитории изделия. Создание серии эскизов для поиска оптимальной формы.

- Конструкторское проектирование: разработка трехмерной геометрии светильника в выбранном программном обеспечении (например, Autodesk 3ds Max, Blender, Fusion 360, КОМПАС 3D), проработка узлов и соединений, обеспечение технологичности виртуальной модели.

- Визуализация и материаловедение: создание библиотеки материалов, присвоение визуальных свойств поверхностям модели (металл, пластик, стекло и т.д.), грамотная настройка источников виртуального света для достижения фотореалистичного результата и адекватной передачи концепции освещения.

- Оценка и презентация результата: проведение критического анализа полученной модели, подготовка итоговых рендер-изображений с различных ракурсов и в различном окружении, а также оформление пояснительной записки.

ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.

1.1.1 Описание процесса 3D-печати по технологии FDM (Fused Deposition Modeling)

- Подготовка 3D-модели и слайсинг

Процесс начинается с создания цифровой 3D-модели в специализированном САПР-программном обеспечении. Готовая модель экспортируется в формат STL, после чего загружается в программу-слайсер. На этом этапе выполняются ключевые настройки параметров печати: определяется ориентация модели на рабочей платформе, генерируются вспомогательные поддерживающие структуры для сложных элементов, задается плотность заполнения внутренних полостей, регулируется толщина каждого слоя и оптимальная температура печати. Программа-слайсер преобразует модель в управляющий G-код - набор инструкций для 3D-принтера, содержащий траектории перемещения печатающей головки.

- Подготовка оборудования и материалов

Перед началом печати осуществляется калибровка рабочей платформы для обеспечения правильного зазора между соплом и поверхностью стола. Заправляется филамент - термопластичная полимерная нить, намотанная на катушку. Наиболее распространенными материалами являются PLA (полилактид), ABS (акрилонитрилбутадиенстирол), PETG (полиэтилентерефталатгликоль) и их различные модификации. Материал подается в экструдер, где происходит его предварительный нагрев.

- Процесс послойного наплавления

Экструзионная головка принтера, оснащенная термосоплом, разогревает филамент до температуры плавления - обычно в диапазоне 190-280°C в зависимости от типа материала. Расплавленный полимер тонкой нитью выдавливается через сопло и послойно наносится на рабочую платформу. Платформа или печатающая головка перемещаются по осям X, Y и Z в соответствии с загруженной программой. Каждый новый слой материала наносится на предыдущий, при этом происходит их частичное сплавление за счет остаточного тепла. Для улучшения адгезии первого слоя к платформе часто используется подогрев стола и специальные покрытия.

- Формирование поддерживающих структур

При печати моделей со сложной геометрией, содержащей значительные свесы или полости, одновременно с основной моделью создаются вспомогательные поддерживающие конструкции. Эти структуры предотвращают деформацию и провисание еще не затвердевших слоев. После завершения печати поддержки аккуратно удаляются механическим способом или растворяются в специальной жидкости, в зависимости от используемого материала.

- Завершение печати и постобработка

После окончания процесса печати и полного остывания модели изделие аккуратно отделяется от платформы с помощью специального инструмента. Далее следует этап постобработки, который может включать механическое удаление поддержек, шлифовку поверхностей для улучшения качества, обработку химическими составами для сглаживания слоистой структуры, а также покраску или нанесение защитных покрытий. Для некоторых материалов может потребоваться дополнительная термообработка для улучшения механических характеристик.

- Контроль качества и особенности технологии

В процессе печати важно контролировать стабильность температуры экструзии и платформы, точность позиционирования головки, а также обеспечить постоянную скорость подачи материала. К характерным особенностям FDM-технологии относятся видимая слоистость поверхности, необходимость использования поддержек для сложных моделей, ограничения по минимальной толщине стенок и размеру деталей. Преимуществами технологии являются доступная стоимость оборудования и материалов, простота использования и широкая цветовая гамма доступных пластиков.

1.2. Материалы, используемые в технологии FDM (PLA, ABS, PETG, их свойства)

PLA (Polylactic Acid/Полилактид)

PLA является биоразлагаемым термопластиком, получаемым из возобновляемых ресурсов (кукурузный крахмал, сахарный тростник). Этот материал характеризуется низкой температурой печати (190-220°C), не требует подогреваемого стола и практически не дает усадки. PLA отличается высокой жесткостью и хорошей точностью печати, но обладает хрупкостью и низкой ударной вязкостью. Его температурная стойкость ограничена (50-60°C), что делает его непригодным для деталей, подвергающихся нагреву. Благодаря легкому и приятному запаху при печати и широкой цветовой гамме PLA идеально подходит для начинающих, декоративных изделий и прототипирования.

ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene/Акрилонитрилбутадиенстирол)

ABS – прочный инженерный пластик, отличающийся выдающейся ударной вязкостью и механической прочностью. Температура печати составляет 230-260°C, обязательным условием является использование подогреваемого стола (90-110°C) из-за значительной усадки при охлаждении. ABS обладает хорошей стойкостью к температурам (до 85-100°C) и химической стойкостью, но требует хорошей вентиляции при печати из-за выделения токсичных паров. Материал поддается постобработке парами ацетона для сглаживания поверхности. Широко применяется в производстве функциональных деталей, корпусов и автозапчастей.

PETG (Polyethylene Terephthalate Glycol/Полиэтилентерефталатгликоль)

PETG сочетает в себе преимущества PLA и ABS, предлагая высокую прочность, хорошую ударную вязкость и исключительную химическую стойкость. Температура печати составляет 220-250°C, рекомендуется подогрев стола до 70-80°C. Материал обладает низкой усадкой и высокой адгезией между слоями, что обеспечивает надежные и герметичные изделия. PETG демонстрирует отличную стойкость к УФ-излучению и влаге, сохращая прозрачность в течение длительного времени. Широко используется для изготовления механических компонентов, упаковки, медицинских изделий и деталей, эксплуатирующихся в агрессивных средах.

Сравнительная характеристика материалов:

* Прочность на разрыв: ABS > PETG > PLA
* Ударная вязкость: PETG > ABS > PLA
* Температурная стойкость: ABS > PETG > PLA
* Легкость печати: PLA > PETG > ABS
* Гибкость: PETG > ABS > PLA
* Экологичность: PLA > PETG > ABS
* Химическая стойкость: PETG > ABS > PLA

1.3 Преимущества и недостатки технологии FDM для создания бытовых аксессуаров

Технология FDM предлагает значительные преимущества для создания бытовых аксессуаров, прежде всего благодаря своей доступности и экономической эффективности. Низкая стоимость настольных принтеров и расходных материалов делает технологию привлекательной для домашнего использования. Широкий выбор филаментов разной ценовой категории позволяет подбирать материалы под конкретные задачи и бюджет. Технология обеспечивает значительную экономию за счет возможности оптимизации заполнения изделий и печати полых конструкций без потери функциональности.

Универсальность материалов открывает широкие возможности для творчества. Производители предлагают филаменты с различными свойствами: от стандартного PLA для декоративных изделий до специализированных материалов вроде гибкого TPU для эластичных деталей. Особой популярностью пользуются композитные филаменты, имитирующие дерево, металл или камень, а также светящиеся в темноте и прозрачные варианты. Такой разнообразный выбор позволяет создавать аксессуары, полностью соответствующие дизайнерскому замыслу.

Простота использования технологии FDM делает ее доступной даже для начинающих. Современное программное обеспечение для слайсинга обладает интуитивным интерфейсом, а процесс печати требует минимальной подготовки и постобработки. Это позволяет пользователям быстро освоить основные принципы работы и приступить к созданию собственных изделий без специальной технической подготовки.

Одним из ключевых преимуществ является возможность полной кастомизации изделий. Пользователи могут не только скачивать готовые модели, но и создавать уникальные дизайны, адаптированные под конкретные нужды. Технология позволяет легко масштабировать модели, добавлять персонализированные элементы вроде имен или логотипов, что особенно ценно при создании эксклюзивных подарков или предметов интерьера.

Экологический аспект технологии также заслуживает внимания. Использование биоразлагаемых материалов, таких как PLA, минимизация отходов за счет точного дозирования филамента и возможность переработки неудачных отпечатков делают FDM одной из наиболее устойчивых производственных технологий для домашнего использования.

Однако технология имеет и существенные недостатки, в первую очередь связанные с качеством поверхности. Видимые линии слоев и характерная ступенчатость на наклонных поверхностях требуют дополнительной постобработки. Для достижения идеального внешнего вида изделия приходится шлифовать, грунтовать и красить, что увеличивает общие трудозатраты.

Прочностные характеристики FDM-изделий также имеют ограничения. Выраженная анизотропия механических свойств делает детали уязвимыми в направлениях, перпендикулярных слоям печати. Ограниченная ударная вязкость и склонность к хрупкому разрушению снижают долговечность аксессуаров при активной эксплуатации.

Технологические ограничения проявляются в необходимости использования поддерживающих структур для сложных геометрий, что увеличивает расход материала и время постобработки. Существуют также ограничения по минимальной толщине стенок и риски деформации при печати крупногабаритных изделий, требующие особого подхода к проектированию и печати.

Временные затраты остаются значительным препятствием для массового производства. Печать крупных изделий может занимать десятки часов, а необходимость постоянного контроля процесса и последующей постобработки делает технологию малопригодной для оперативного изготовления аксессуаров в больших количествах.

Эстетические ограничения включают трудности с воспроизведением мелких деталей и сложных текстур, ограниченную цветовую палитру в рамках одной печати, а также видимые артефакты в точках начала и окончания печати. Эти особенности накладывают определенные ограничения на дизайн создаваемых аксессуаров.

Несмотря на перечисленные недостатки, технология FDM остается оптимальным выбором для создания прототипов, кастомизированных аксессуаров и декоративных элементов. Для различных типов бытовых изделий рекомендуется использовать специализированные материалы: PETG для кухонных принадлежностей благодаря влагостойкости и прочности, PLA для декоративных элементов из-за простоты печати и экологичности, TPU для гибких деталей. При создании нагруженных деталей следует увеличивать плотность заполнения, а для интерьерных аксессуаров оптимально подходят композитные филаменты с деревянным или металлическим наполнением.

1.4. Примеры продукции (изделий), изготовленных по технологии FDM

Предметы интерьера и декора: Настенные бра, абажуры, вазы, статуэтки, рамки для фотографий, элементы мебельного декора (ручки, ножки), декоративные панно. FDM позволяет создавать сложные ажурные и геометрические формы, недоступные для традиционного производства.

Органайзеры и системы хранения: Кастомные подставки для канцелярии, разделители для ящиков, держатели для инструментов, настенные органайзеры, полки для специй. Главное преимущество — возможность идеально подогнать изделие под конкретное место и нужды.

Кухонные принадлежности: Держатели для ножей, подставки под горячее, формочки для печенья, крышки для банок, ручки для сковородок (из термостойкого PETG). Важно использовать химически нейтральные и безопасные материалы.

Светильники и абажуры: Корпуса для светильников, плафоны и абажуры. Благодаря возможности печати внутренних структур можно создавать уникальные световые эффекты и узоры.

1.5. Оборудование, используемое в технологии FDM (настольные 3D-принтеры)

Технология Fused Deposition Modeling (FDM), или метод послойного наплавления, является наиболее доступной и распространенной разновидностью аддитивного производства, что делает ее идеальным выбором для выполнения курсового проекта по разработке светильника. Ее суть заключается в создании физических объектов путем послойного нанесения расплавленного полимерного материала на основе цифровой трехмерной модели. Для реализации данного проекта используется настольное FDM-оборудование, которое предоставляет уникальную возможность быстро и с минимальными затратами перейти от концепции и дизайна к готовому функциональному изделию, позволяя создавать сложные и уникальные геометрические формы плафонов, корпусов и элементов крепления, недоступные для традиционных методов производства.

Конструкция любого современного настольного FDM-3D-принтера представляет собой сложную совокупность механических, электронных и программных компонентов. Основой всего устройства является рама, которая обеспечивает жесткость и устойчивость всей системы во время печати. Рамы могут быть открытыми, что облегчает доступ и обслуживание, или закрытыми. Наличие закрытой камеры является значительным преимуществом, так как она позволяет поддерживать стабильную температуру вокруг печатаемого объекта, что критически важно для работы с такими материалами, как ABS или ASA, склонными к деформации при охлаждении. Эти материалы обладают повышенной термостойкостью, что может быть ключевым фактором при создании светильника, выделяющего тепло.

Система перемещения является тем узлом, который непосредственно отвечает за точность позиционирования экструдера в пространстве. Наиболее распространенной является декартова система, где каждая из осей X, Y и Z управляется независимо. Более сложные и скоростные схемы, такие как CoreXY, отличаются тем, что двигатели, отвечающие за движение по осям X и Y, закреплены статично на раме, что позволяет уменьшить вес подвижной головки и, как следствие, повысить скорость и точность печати. Еще одной интересной разновидностью являются дельта-принтеры, в которых печатающая головка подвешена на трех вертикальных рычагах; такие принтеры обладают высокой скоростью, но обычно имеют меньшую площадь построения.

Сердцем любого FDM-принтера является экструдер и горячий конце. Именно этот узел отвечает за подачу, плавление и точное нанесение материала. Конструктивно экструдеры делятся на два основных типа: с прямой подачей и типа Bowden. В системе с прямой подачей механизм, проталкивающий филамент, расположен непосредственно на горячем конце. Это обеспечивает лучший контроль над материалом, что особенно важно при печати гибкими полимерами, и повышает надежность экструзии. В системе Bowden экструдер вынесен на корпус принтера, а филамент подается к горячему концу через тефлоновую трубку. Такая конструкция значительно уменьшает массу подвижной головки, что позволяет развивать более высокие скорости печати, однако может возникать эффект «пружины» при работе с мягкими материалами. Горячий конце, в свою очередь, состоит из нагревательного блока и съемного сопла, диаметр которого определяет толщину экструдируемой линии и, в конечном счете, влияет на детализацию модели и скорость печати.

Не менее важным компонентом является стол для печати. Для обеспечения надежного сцепления первого слоя модели с поверхностью стол чаще всего является подогреваемым. Это предотвращает преждевременное остывание и коробление материала, что является частой проблемой при печати крупногабаритных объектов, таких как плафон светильника. Для дальнейшего улучшения адгезии поверхность стола покрывают специальными материалами, среди которых наиболее популярным является лист из пружинной стали с нанесенным покрытием PEI, обеспечивающий excellent сцепление с моделью в нагретом состоянии и легкое отделение после остывания. Современные принтеры часто оснащаются системами автоматической калибровки стола, которые с помощью датчика сканируют поверхность и программно компенсируют ее возможные неровности, что гарантирует идеальное нанесение первого слоя по всей площади, что абсолютно необходимо для успешной печати крупных и плоских деталей корпуса светильника.

С точки зрения практической реализации проекта, выбор конкретной модели принтера определяется несколькими ключевыми критериями. Первичным является объем области построения, который должен вмещать в себя самый крупный элемент разрабатываемого светильника. Для большинства настольных моделей этот параметр находится в диапазоне 200x200x200 мм, что достаточно для создания значительной части осветительных приборов. Наличие закрытой камеры будет серьезным преимуществом, если в качестве материала выбран не только простой PLA-пластик, но и более термостойкие PETG, ABS или ASA, что повышает долговечность изделия при эксплуатации. Наличие системы автоматической калибровки стола существенно упрощает и ускоряет процесс подготовки к печати, снижая риск брака. Таким образом, для успешной реализации курсового проекта оптимальным выбором будут современные модели принтеров среднего ценового сегмента, которые сочетают в себе достаточную область построения, закрытую камеру и высокий уровень автоматизации.

Завершающим этапом работы с оборудованием является постобработка. После печати детали светильника требуют удаления поддержек, механической шлифовки для устранения неровностей и следов слоев, а также последующей сборки. Крупные модели, которые не помещаются в область построения целиком, печатаются по частям с последующим склеиванием специальными адгезивами для пластиков. Для придания изделию товарного вида и выравнивания поверхности используется грунтовка и дальнейшая покраска, что позволяет скрыть внутреннюю слоистую структуру FDM-печати и получить гладкую, монолитную поверхность готового светильника. Таким образом, комплексное использование настольного FDM-оборудования и технологий постобработки открывает широкие возможности для реализации творческих и технических замыслов в рамках проекта по созданию современного светильника.

1.6. Постобработка изделий, изготовленных по технологии FDM (шлифовка, покраска, удаление поддержек)

Несмотря на то, что технология FDM позволяет получить готовое изделие непосредственно после печати, для придания ему товарного вида, улучшения механических и эстетических свойств практически всегда требуется проведение постобработки. Для такого изделия, как светильник, этот этап является особенно важным, так как он напрямую влияет на внешний вид и качество рассеивания света. Комплекс работ по постобработке можно разделить на несколько последовательных этапов, каждый из которых решает свои конкретные задачи.

Первым и самым трудоемким этапом является механическая подготовка поверхности. Только что напечатанная деталь имеет на своей поверхности следы от сопла, швы, а также часто требует удаления поддержек — вспомогательных конструкций, которые печатаются вместе с моделью для обеспечения возможности создания свисающих элементов. Поддержки необходимо аккуратно удалить с помощью специальных плоскогубцев, кусачек или медицинского скальпеля. Этот процесс требует внимательности, так как при неосторожном движении можно повредить саму деталь. После удаления поддержек на поверхности остаются неровности и шероховатости, которые требуют дальнейшего выравнивания. Для этого применяется механическая шлифовка с помощью наждачной бумаги с различной зернистостью. Начинают шлифовку с крупного зерна для сглаживания самых заметных дефектов, а затем последовательно переходят к бумаге с мелким зерном для получения однородной матовой поверхности. Для сложных рельефов и труднодоступных мест удобно использовать абразивные губки и надфили. В процессе шлифовки важно не переусердствовать и не протереть стенки детали насквозь, особенно если они тонкие, как в случае с ажурным плафоном светильника.

После того как поверхность детали выровнена и не имеет видимых дефектов, переходят к этапу грунтования. Грунтовка выполняет несколько ключевых функций. Во-первых, она заполняет микронеровности и мелкие царапины, оставшиеся после шлифовки, создавая идеально гладкую базовую поверхность. Во-вторых, она предотвращает проявление так называемого «эффекта апельсиновой корки», когда сквозь краску просвечивает слоистая структура FDM-печати. В-третьих, грунтовка улучшает адгезию, то есть сцепление финишного лакокрасочного покрытия с поверхностью пластика. Для постобработки 3D-моделей рекомендуется использовать аэрозольные акриловые грунтовки, которые легко наносятся тонким, равномерным слоем. После нанесения грунтовке необходимо дать полностью высохнуть, после чего поверхность можно слегка отшлифовать мелкозернистой наждачной бумагой для удаления возможных пылинок и достижения максимальной гладкости.

Заключительным этапом, определяющим окончательный внешний вид светильника, является покраска. Для окрашивания деталей из пластика лучше всего подходят аэрозольные краски в баллончиках, так как они позволяют добиться ровного, непрозрачного покрытия без разводов и следов от кисти. Перед покраской необходимо обезжирить поверхность, протерев ее изопропиловым спиртом. Краску наносят в несколько тонких слоев с расстояния 20-30 сантиметров, делая перерывы между нанесениями для подсыхания предыдущего слоя. Нанесение одного толстого слоя неизбежно приведет к образованию подтеков. Для светильника могут быть выбраны краски различных свойств: матовые, глянцевые, полупрозрачные или даже светящиеся в темноте. После окрашивания для защиты красочного слоя и придания дополнительной прочности можно нанести слой аэрозольного матового или глянцевого лака. Помимо покраски, для декорирования светильника могут применяться и другие методы, такие как полировка до глянца специальными пастами или даже гальванизация для придания эффекта металлического блеска.

Таким образом, постобработка является неотъемлемой и творческой частью процесса создания FDM-изделия. Комплекс мер, включающий удаление поддержек, шлифовку, грунтование и покраску, позволяет превратить сырую печатную деталь с видимыми слоями в высококачественное, гладкое и эстетически привлекательное готовое изделие, каким и должен быть разрабатываемый светильник. Качество выполнения постобработки напрямую определяет профессиональное восприятие всего проекта в целом.

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ: ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ FDM ДЛЯ СОЗДАНИЯ СВЕТИЛЬНИКА

Разработка и изготовление светильника с использованием аддитивной технологии Fused Deposition Modeling (FDM) представляет собой комплексный процесс, охватывающий этапы от цифрового проектирования до финишной обработки готового изделия. Выбор данной технологии обусловлен ее гибкостью, доступностью и широкими возможностями для создания сложных и уникальных дизайнерских форм, которые были бы экономически нецелесообразны или вовсе невозможны при использовании традиционных методов производства, таких как литье или механическая обработка.

1. Подготовка цифровой модели и проектирование

Исходным этапом технологического процесса является создание трехмерной модели светильника в специализированном программном обеспечении для CAD-моделирования. При проектировании необходимо учитывать специфику технологии FDM. Критически важными являются следующие аспекты:

Ориентация модели на столе: От выбора ориентации детали зависит прочность готового изделия. Поскольку адгезия между слоями уступает прочности самого материала, деталь следует ориентировать таким образом, чтобы основные нагрузки в эксплуатации приходились не на межслойные границы, а вдоль них. Для плафона это часто означает печать в перевернутом положении, чтобы усилие от креплений не отрывало слои.

Учет необходимости поддержек: Конструкции со значительными свесами (более 45-60 градусов) требуют генерации вспомогательных поддерживающих структур. При проектировании необходимо минимизировать их количество, так как их последующее удаление трудоемко и может оставлять дефекты на лицевой поверхности. Для этого рекомендуется по возможности избегать острых углов и сложных геометрий с большими горизонтальными пролетами.

Толщина стенок: Толщина стенок модели должна быть кратной диаметру сопла принтера с учетом ширины экструзии. Стандартная толщина стенки для надежной печати составляет 1.2 мм (3 линии при сопле 0.4 мм). Для светильника это также влияет на его светопропускание и вес.

Зазоры и посадки: При проектировании составных частей (например, корпуса и крышки) необходимо предусматривать технологические зазоры для обеспечения свободной сборки, обычно в диапазоне 0.2-0.4 мм.

2. Выбор материала (филамента)

Выбор материала является ключевым фактором, определяющим не только эстетику, но и функциональность, долговечность и безопасность светильника.

PLA (полилактид): Наиболее популярный материал для начинающих. Легко печатается, не требует подогреваемого стола, дает минимальную усадку. Основные недостатки — низкая термостойкость (деформируется при температурах выше 60°C) и хрупкость. Подходит для светильников со светодиодными лампами, которые практически не нагреваются.

PETG (полиэтилентерефталатгликоль): Оптимальный выбор для функциональных светильников. Обладает хорошей ударной вязкостью, высокой прочностью, устойчив к умеренному нагреву и влаге. Печатается почти так же легко, как и PLA, но требует более точной настройки температур. Идеален для корпусов и несущих конструкций.

ABS (акрилонитрилбутадиенстирол): Прочный и термостойкий материал, но сложен в печати из-за сильной усадки и коробления. Требует принтера с закрытой камерой и подогреваемым столом. Может использоваться для светильников с галогенными лампами.

ASA (акрилонитрил стирол акрилат): По свойствам близок к ABS, но обладает повышенной устойчивостью к ультрафиолетовому излучению, что предотвращает выцветание цвета на солнечном свету. Является отличной альтернативой ABS для светильников.

Прозрачные и светопропускающие материалы (PLA, PETG): Специальные сорта филамента, позволяющие создавать эффекты рассеянного и направленного света. Такие материалы требуют печати с повышенной температурой сопла и минимальной высотой слоя для достижения максимальной прозрачности.

3. Процесс FDM-печати

После подготовки 3D-модели и выбора материала выполняется ее обработка в слайсер-программе, где задаются все технологические параметры печати:

Высота слоя: Определяет гладкость поверхности и скорость печати. Для черновых деталей используется 0.2-0.3 мм, для финишных и декоративных — 0.1-0.16 мм.

Заполнение (инфилл): Внутренняя структура детали. Для плафона светильника, не несущего значительных механических нагрузок, достаточно заполнения 15-20%, что экономит материал и время. Для ответственных несущих частей корпуса заполнение можно увеличить до 40-100%.

Количество периметров: Внешние стенки модели. Для обеспечения прочности и жесткости обычно устанавливается значение 3-4.

Скорость печати: Подбирается в зависимости от материала и требуемого качества. Стандартные скорости составляют 50-60 мм/с.

Температуры: Температура сопла и стола строго зависят от выбранного филамента и указываются его производителем.

После генерации G-кода файл загружается на принтер, выполняется калибровка стола и начинается процесс послойного синтеза.

4. Постобработка изделия

После завершения печати изделие требует финишной обработки для придания ему товарного вида.

Удаление поддержек: Вспомогательные конструкции аккуратно отделяются с помощью кусачек, пинцета или скальпеля.

Шлифовка: Поверхность обрабатывается наждачной бумагой с постепенным уменьшением зернистости для устранения следов слоев и дефектов.

Грунтование: Нанесение аэрозольной грунтовки заполняет микропоры и царапины, создавая идеально гладкую поверхность для последующей покраски и скрывая слоистую структуру FDM-печати.

Покраска: Использование аэрозольных красок для пластика позволяет добиться ровного и прочного покрытия. Для защиты декоративного слоя может наноситься матовый или глянцевый лак.

Сборка и установка электрокомпоненты: В подготовленный корпус и плафон устанавливаются патроны, светодиодные ленты, драйверы и другие элементы электропроводки, соблюдая все правила электробезопасности.

2.1. Описание изделия "Декоративный настольный светильник"

- Концепция и назначение

Декоративный настольный светильник "Медовая сота" — это уникальное изделие, сочетающее в себе функции локального освещения и арт-объекта, способного преобразить интерьер. Светильник предназначен для создания уютной атмосферы и точечной подсветки рабочих зон в жилых помещениях: на прикроватных тумбах, рабочих столах, полках в гостиной или в зоне для чтения. Его основная задача — не только обеспечивать комфортный для глаз свет, но и служить стильным акцентом, подчеркивающим индивидуальность владельца и современный подход к дизайну.

- Внешний вид и дизайн

Дизайн светильника инспирирован природными геометрическими формами, а именно структурой пчелиных сот. Плафон изделия состоит из множества шестиугольных ячеек, объединенных в единую объемную полусферическую конструкцию. Такое решение создает сложную игру света и тени: при включении светильника на столе и окружающих поверхностях появляются красивые геометрические узоры, что добавляет динамики и современности в интерьер.

Корпус светильника представляет собой устойчивое цилиндрическое основание, в котором размещается вся электрическая начинка. Основание выполнено в минималистичном стиле, чтобы не отвлекать внимание от изысканной конструкции плафона. Плафон крепится к основанию на элегантной декоративной ножке, придающей изделию общую легкость и воздушность.

Цветовое решение может варьироваться. Наиболее эффектными являются:

Белоснежный матовый: создает чистый и современный вид, идеально рассеивает свет.

Природный песочный/терракотовый: подчеркивает природную тематику и добавляет уюта.

Угольно-черный матовый: для контрастных и драматичных интерьеров.

- Материалы и технология изготовления

Все основные детали светильника (плафон, основание, ножка) изготавливаются по технологии FDM-печати, что обеспечивает высокую детализацию и возможность производства сложной геометрии.

Плафон: Печатается из белого или цветного PLA-пластика. PLA выбран за счет своего экологичного состава (на основе кукурузы или сахарного тростника), отсутствия неприятного запаха при печати и эксплуатации, а также за отличные визуальные качества после обработки. Плафон после печати проходит постобработку: шлифовку, грунтование и покраску для достижения идеально матовой и гладкой поверхности.

Основание и ножка: Для обеспечения устойчивости и прочности основание печатается из более жесткого и ударостойкого PETG-пластика. Это гарантирует, что светильник будет устойчивым и не перевернется от случайного касания.

Фурнитура: Используются стандартные электротехнические компоненты: энергосберегающий светодиодный патрон E14, электрический кабель в текстильной оплетке, выключатель-кнопка на проводе. Это обеспечивает безопасность и простоту сборки.

- Технические характеристики и особенности

Источник света: Рекомендуется использовать светодиодные лампы мощностью до 7 Вт с цоколем E14. Можно выбрать лампу с теплым (2700К) или нейтральным (4000К) светом для создания желаемой атмосферы.

Питание: От стандартной сети 220 В.

Габариты: Высота — ~250 мм, Диаметр основания — ~120 мм, Диаметр плафона — ~150 мм.

Ключевая особенность: Благодаря ячеистой структуре плафона свет не слепит глаза даже при прямом взгляде, создавая мягкое и равномерное рассеянное освещение, комфортное для длительного использования.

- Преимущества

Уникальный дизайн: Изделие, созданное по авторскому проекту, которого нет в массовой продаже.

Экологичность: Использование биоразлагаемого PLA-пластика.

Энергоэффективность: Совместимость со светодиодными лампами.

Прочность и легкость: Конструкция обладает высокой прочностью при малом весе.

Доступность технологии: Возможность воспроизведения и модификации модели при наличии 3D-принтера.

2.1.1. Функциональное назначение, эргономические и технические требования (безопасность, электромонтаж)

Разрабатываемый декоративный настольный светильник обладает четким функциональным назначением, которое заключается в создании комфортного локального освещения и одновременном выполнении эстетической функции. Данное изделие предназначено для организации уютной световой атмосферы в жилых и офисных интерьерах, устанавливаясь на прикроватные тумбы, рабочие столы, комоды или полки. Его ключевая задача — обеспечивать направленный световой поток, достаточный для чтения или работы, при этом не создавая слепящего эффекта благодаря грамотно спроектированному рассеивателю. Помимо основной осветительной функции, светильник служит самостоятельным арт-объектом, способным преобразить пространство за счет оригинального дизайна и создаваемых им светотеневых рисунков, что особенно важно для современных интерьеров, где детали играют решающую роль.

Эргономические требования к светильнику сформулированы исходя из необходимости обеспечения максимального удобства и безопасности его ежедневной эксплуатации. Габаритные размеры и пропорции изделия тщательно просчитываются для достижения оптимального баланса между устойчивостью и эстетическим восприятием. Высота светильника выбирается таким образом, чтобы плафон находился на достаточном уровне для эффективного освещения зоны, при этом основание должно обладать необходимой площадью и массой для надежной устойчивости, исключающей риск случайного опрокидывания. Все элементы управления, будь то выключатель на корпусе или встроенный в шнур, должны быть интуитивно понятны и легкодоступны для пользователя. Особое внимание уделяется визуальному комфорту: конструкция плафона полностью исключает прямой контакт пользователя с лампой и предотвращает возникновение бликов, обеспечивая мягкое и равномерное распределение света, не вызывающее напряжения для глаз даже при длительном использовании.

Требования к электромонтажу представляют собой наиболее строгую часть технических условий. Все работы по сборке электрической схемы должны выполняться с использованием качественных комплектующих и с неукоснительным соблюдением правил устройства электроустановок. Применяемый кабель должен иметь соответствующее сечение и двойную изоляцию, а все соединения проводов производятся с помощью клеммных колодок или пайки с последующей изоляцией термоусадочными трубками, что абсолютно исключает ненадежные скрутки. Патрон для лампы должен быть надежно закреплен, а кабель питания — прочно зафиксирован в корпусе с помощью специальной противовырывающей втулки для обеспечения механической прочности и долговечности всей конструкции. Комплексный подход к функциональным, эргономическим и техническим требованиям позволяет создать не только визуально привлекательный, но и абсолютно безопасный, надежный и удобный в использовании продукт, соответствующий всем современным стандартам.

2.1.2. Анализ существующих аналогов и обоснование разработки собственной конструкции

Если посмотреть на светильники, которые сейчас продаются, их можно разделить на три основные группы:

Обычные, магазинные. Они дешевые и простые, но выглядят скучно и все на одно лицо. Их делают миллионами на заводах, поэтому об уникальном дизайне тут речи не идет. Часто их собирают из самых дешевых материалов, которые могут быстро сломаться или потрескаться.

Дизайнерские, от известных брендов. Они очень красивые и необычные, часто сделаны вручную из дорогих материалов (стекло, дерево, металл). Но их главный минус — огромная цена. Такой светильник могут позволить себе далеко не все.

Напечатанные на 3D-принтере. Их можно найти в интернете. Они выглядят современно и круто, но у них есть серьезная проблема: их часто создают люди, которые больше думают о внешнем виде, чем о безопасности. Провода могут быть не спрятаны, пластик — плавиться от лампочки, а сама конструкция — шаткой и ненадежной.

Так зачем же мы разрабатываем свой светильник?

Мы хотим сделать идеальный во всех смыслах вариант, который объединит в себе лучшие черты:

Красота и уникальность: Как у дизайнерских моделей. Мы сможем создать любой, даже самый сложный дизайн, который нельзя сделать на обычном заводе.

Доступная цена: Как у магазинных. Печать на 3D-принтере позволяет не тратить огромные деньги на формы и оборудование.

Полная безопасность и надежность: Этого часто не хватает самодельным 3D-моделям. Мы с самого начала продумаем, чтобы все провода были хорошо изолированы, использовался термостойкий пластик, а конструкция была устойчивой.

Проще говоря, мы берем современные технологии (3D-печать), чтобы создать не просто красивую безделушку, а полноценный, безопасный и удобный светильник, который будет радовать глаз и не ударит по карману. Мы заполняем пустующее место на рынке между скучным ширпотребом, дорогим дизайном и небезопасными самоделками.

.