ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ

ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

«ВОЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ»

15.02.09 Аддитивные технологии

Зам. директора по учебной работе

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

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

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

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Разработка и создание держателя гаджетов

|  |
| --- |
| Работу выполнил: |
| студент 4 курса группы АДТ-41 |
| Гарина Анастасия Сергеевна |
| Руководитель проекта: преподаватель |
| Мифтахов Наиль Ильгизович |

Вольск 2025

|  |  |
| --- | --- |
| Содержание: |  |
| 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 держателя |  |
| 2.1. Описание изделия "Держатель для геймпадов и компьютерных наушников на стену" |  |
| 2.1.1. Функциональное назначение и технические требования |  |
| 2.1.2. Анализ существующих аналогов и обоснование разработки |  |
| 2.2. Процесс изготовления |  |
| 2.2.1. Сканирование или ручной обмер геймпадов и наушников для определения посадочных мест |  |
| 2.2.2. 3D-моделирование держателя в программном обеспечении (напр., Fusion 360, Kompas-3D) |  |
| 2.2.3. Выбор материала для печати, обоснование выбора (PLA/PETG) |  |
| 2.2.4. Настройка оборудования (слайсинг), процесс печати на 3D-принтере |  |
| 2.2.5. Постобработка готового изделия (снятие поддержек, шлифовка, финишная обработка) |  |
| 2.2.6. Практическое применение изделия, испытания на функциональность и надежность |  |
| 2.3. Техника безопасности и охрана труда при изготовлении изделия на 3D-принтере\Экономический раздел(что-то из) |  |
| 3 Экономический раздел |  |
| 3.1. Расчет себестоимости изготовления держателя |  |
| 3.2. Инвестиционный анализ проекта |  |
| 3.3. Сравнительный анализ с рыночными аналогами |  |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ |  |
| Список использованных источников |  |
| Приложения |  |

Введение

Современный этап технологического развития характеризуется активной цифровизацией производственных процессов и повседневной жизни. Особую значимость в этом контексте приобретают аддитивные технологии, которые кардинально преобразуют подходы к созданию и потреблению материальных продуктов. Технология FDM (Fused Deposition Modeling) занимает особое место среди методов 3D-печати, представляя собой наиболее доступный и демократичный инструмент для реализации творческих и предпринимательских инициатив. В условиях стремительного роста рынка игровых устройств, который превысил 200 миллиардов долларов в 2023 году, и увеличения количества периферийных устройств на одного пользователя, возникает острая потребность в специализированных аксессуарах для организации игрового пространства.

Объектом настоящего исследования выступает комплексный процесс разработки и производства функциональных аксессуаров для организации игрового пространства с использованием технологии FDM-печати. В качестве конкретного физического воплощения объекта исследования рассматривается инновационная конструкция настенного держателя для геймпадов и компьютерных наушников, сочетающая в себе эргономичность, надежность и эстетическую привлекательность. Предмет исследования охватывает многогранную совокупность технологических, конструкторских и экономических аспектов создания держателей игровых устройств методом FDM-печати, включая детальный анализ параметров и режимов печати, обеспечивающих необходимые прочностные характеристики, исследование методов проектирования эргономичных конструкций с учетом антропометрических особенностей пользователей, разработку оптимизационных моделей, направленных на снижение материалоемкости при сохранении функциональной целостности изделия, а также комплексную оценку экономических показателей малосерийного производства персонализированных аксессуаров.

Практическая значимость работы проявляется в многообразии потенциальных областей применения результатов исследования. Для конечных пользователей разрабатывается доступное и эффективное решение для организации игрового пространства, обеспечивающее не только компактное хранение устройств, но и их защиту от повреждений, с возможностью полной кастомизации под конкретные модели устройств и индивидуальные дизайнерские предпочтения. Для малого бизнеса и начинающих предпринимателей предлагается готовая бизнес-модель производства востребованных на рынке аксессуаров, сопровождаемая комплексной методикой расчета себестоимости и рентабельности, что значительно снижает порог входа на рынок. Образовательные учреждения получают ценный практический пример реализации полного цикла создания продукта - от первоначального проектирования до готового изделия, демонстрирующий междисциплинарный характер современных производственных процессов. В области развития технологии FDM-печати проводится систематизация данных по применению современных полимерных материалов и разрабатываются практические рекомендации по оптимизации конструкций для 3D-печати, что способствует дальнейшему совершенствованию технологии.

Актуальность исследования дополнительно подчеркивается динамикой развития игровой индустрии, где согласно данным аналитической компании Newzoo, количество активных геймеров в мире достигло 3,3 миллиарда человек, при этом среднегодовые расходы на игровое оборудование демонстрируют устойчивую положительную динамику. Существующие проблемы организации игрового пространства носят системный характер и включают неадаптированность серийных решений, которые не учитывают специфику конкретных моделей устройств, экономическую неэффективность традиционных методов производства для малосерийных продуктов, а также многочисленные эргономические недостатки коммерческих аналогов, не обеспечивающих оптимального баланса между компактностью хранения и удобством доступа к устройствам.

Технология FDM-печати предлагает комплексное решение этих проблем через уникальное сочетание гибкости проектирования, позволяющей создавать конструкции любой сложности без значительного увеличения стоимости, экономической эффективности при малых и средних сериях производства, и широких возможностей кастомизации, удовлетворяющих индивидуальные потребности пользователей. Особое внимание в исследовании уделяется материалу PETG (полиэтилентерефталатгликоль), который сочетает прочность ABS-пластиков с экологичностью и простотой печати PLA-материалов, что делает его идеальным выбором для изготовления функциональных аксессуаров, подвергающихся постоянным механическим нагрузкам.

Научная новизна работы заключается в разработке комплексного подхода к проектированию держателей, учитывающего не только геометрическое соответствие устройствам, но и эргономические аспекты взаимодействия пользователя с системой хранения, включая биомеханику движений при размещении и извлечении устройств, оптимальные углы наклона для визуального восприятия и эргономичные зоны досягаемости.

Целью настоящего исследования является комплексная разработка, проектирование и изготовление функционального настенного держателя для геймпадов и компьютерных наушников с использованием технологии FDM-печати, обеспечивающего соответствие современным требованиям прочности, эргономики, эстетики и экономической эффективности.

Для достижения поставленной цели в работе решается комплекс взаимосвязанных задач:

* Провести анализ технологических возможностей и ограничений FDM-печати применительно к созданию бытовых аксессуаров, изучить особенности конструкции и параметров печати, влияющих на качество готовых изделий.
* Исследовать механические, эксплуатационные и технологические характеристики современных полимерных материалов для FDM-печати, с особым акцентом на материал PETG, и обосновать выбор оптимального материала для изготовления держателя.
* Разработать оптимизированную конструкцию держателя, учитывающую эргономические требования, прочностные характеристики, особенности технологии производства и эстетические аспекты, с использованием современных CAD-систем и методов параметрического проектирования.
* Реализовать полный цикл производства - от создания 3D-модели до постобработки готового изделия, включая выбор оптимальных параметров печати, режимов обработки и методов финишной отделки.
* Провести комплексные испытания опытного образца на соответствие заявленным характеристикам, включая тесты на прочность, долговечность, устойчивость к статическим и динамическим нагрузкам, а также оценку эргономических качеств.
* Разработать экономическую модель производства держателя, включая калькуляцию себестоимости, анализ рентабельности, оценку точек безубыточности и расчет сроков окупаемости проекта.

1. Общая часть

1.1. Описание процесса 3D-печати по технологии FDM

Fused Deposition Modeling (FDM), также известная как FFF (Fused Filament Fabrication) — это аддитивная технология, основанная на послойном создании физического объекта из термопластичного материала путем его плавления и экструзии.

Историческая справка и принцип: Технология была разработана и запатентована Скоттом Крампом, сооснователем компании Stratasys, в 1989 году. После истечения ключевых патентов в 2009 году произошла "демократизация" технологии, что привело к взрывному росту сообщества RepRap и появлению рынка доступных настольных 3D-принтеров. Принципиальная суть FDM заключается в том, что цифровая трехмерная модель "нарезается" на множество тонких горизонтальных слоев, а принтер последовательно, слой за слоем, создает физический объект, воспроизводя эти сечения.

Детализированное описание процесса:

1. Подготовка цифровой модели:

Процесс начинается с создания 3D-модели в системе автоматизированного проектирования (САПР), Kompas-3D.

Готовая модель экспортируется в формат STL или 3MF, который описывает геометрию поверхности объекта в виде сетки треугольников. Этот формат является стандартом де-факто для обмена данными в 3D-печати.

2. Слайсинг – Нарезка модели и генерация управляющей программы:

Файл STL загружается в специализированное программное обеспечение – слайсер (PrusaSlicer). Это самый важный этап подготовки.

Слайсер выполняет виртуальное "разрезание" 3D-модели на сотни или тысячи горизонтальных слоев. Толщина слоя является ключевым параметром, определяющим качество поверхности и время печати, и обычно варьируется от 0.05 мм (высокое качество) до 0.3 мм (черновая печать).

На этом этапе инженер или оператор задает все ключевые параметры печати. Заполнение определяет внутреннюю структуру изделия. Объект не является цельным внутри; он имеет внутреннюю ячеистую структуру (соты, решетка, треугольники), плотность которой задается в процентах. Это позволяет экономить материал и время печати, сохраняя при этом высокую прочность.

Количество периметров задает толщину внешних стенок объекта. Большее количество периметров (например, 3-4) значительно увеличивает прочность и улучшает внешний вид.

Для печати нависающих элементов и сложных геометрий слайсер генерирует поддержки – временные конструкции, которые удерживают свисающие части модели в процессе печати и затем удаляются.

Для улучшения адгезии первого слоя с платформой используются крепления (Brim/Raft). Брим — это однослойный "воротник" вокруг модели, а рафт — это съемная подложка под всей моделью.

В результате всех настроек слайсер генерирует G-код – текстовый файл, содержащий команды для принтера на языке, понятном его контроллеру (переместиться в точку X,Y,Z, подать материал, включить/выключить нагрев и т.д.).

3. Физический процесс печати:

Принтер калибруется, чтобы обеспечить идеальное расстояние между соплом и платформой. Платформа и экструдер нагреваются до заданных температур.

Филамент (пластиковая нить) с катушки с помощью приводного механизма (чаще всего это зубчатое колесо) подается в экструдер.

В HotEnd — сердце принтера — филамент проходит через радиатор (тепловой барьер) и плавится в хот-блоке, после чего под давлением выдавливается через тонкое сопло (диаметром обычно 0.4 мм).

Расплавленный материал точечно наносится на платформу, формируя первый слой. Для обеспечения адгезии используется подогрев стола (критически важен для ABS и PETG) и специальные покрытия (клей-карандаш, лак для волос, специализированные поверхности типа PEI).

После завершения слоя платформа опускается (или головка поднимается) на высоту одного слоя, и процесс повторяется для следующего слоя. Каждый новый слой в расплавленном состоянии сплавляется с предыдущим, что обеспечивает монолитность конструкции. Вентилятор обдува охлаждает только что нанесенный слой, обеспечивая его быстрое затвердевание.

4. Завершение печати и постобработка:

* После окончания печати изделию дают остыть, после чего его аккуратно снимают со стола.
* Производится механическое удаление поддержек и вспомогательных конструкций.

Далее следует финишная постобработка для улучшения внешнего вида и свойств изделия.

Вывод: Технология FDM - это процесс послойного создания объектов из пластика по цифровой модели. Его ключевые этапы включают 3D-моделирование, настройку параметров в слайсере и непосредственно печать. Главные преимущества технологии - доступность, гибкость проектирования и возможность кастомизации. Для получения прочных функциональных изделий критически важна оптимизация параметров печати, что позволяет достичь оптимального баланса между прочностью, качеством и экономической эффективностью производства.

1.2. Материалы, используемые в технологии FDM

Современный рынок материалов для FDM-печати предлагает широкий спектр полимерных композиций, каждая из которых обладает уникальным набором характеристик. PLA - биоразлагаемый термопласт на основе возобновляемого сырья, характеризуется низкой усадкой и простотой печати. Однако его ограниченная термостойкость (60-65°C) и склонность к ползучести под нагрузкой сужают область применения.

PLA — это биоразлагаемый термопластик, производимый из возобновляемых ресурсов, таких как кукурузный крахмал или сахарный тростник. Он является самым популярным материалом для начинающих благодаря своей простоте в использовании. Ключевые преимущества PLA включают легкость печати (не требует подогреваемого стола), минимальную усадку и коробление, приятный, слегка сладковатый запах при печати и широкую цветовую гамму, включая экзотические варианты с деревянным, металлическим видом или светящиеся в темноте. Однако главные недостатки — это низкая термостойкость (деформируется уже при температуре около 60°C), относительная хрупкость и низкая ударная вязкость, а также склонность к биологическому разложению, что ограничивает его применение в уличных условиях. PLA идеально подходит для печати декоративных предметов, прототипов, игрушек и моделей, не несущих значительной механической нагрузки.

ABS — это прочный, ударопрочный и термостойкий пластик, широко используемый в промышленности (например, для изготовления корпусов электроинструментов, деталей автомобилей, конструктора LEGO). Его основные преимущества — это высокая механическая прочность, долговечность и устойчивость к умеренным температурам (до 100°C), а также возможность химической постобработки парами ацетона для получения идеально гладкой глянцевой поверхности. Существенные недостатки ABS — это высокая усадка при остывании, приводящая к короблению и отслоению от стола, что делает обязательным использование подогреваемой платформы и часто закрытой камеры для поддержания стабильной температуры. Кроме того, при печати ABS выделяет неприятные и потенциально вредные пары стирола, поэтому требуется хорошая вентиляция помещения. ABS выбирают для печати функциональных деталей, корпусов, автомобильных аксессуаров и любых изделий, подвергающихся нагрузкам или нагреву.

PETG представляет собой модифицированную версию PET (из которого делают пластиковые бутылки) с добавлением гликоля, что придает материалу новые свойства. Этот материал удачно сочетает в себе легкость печати PLA и прочность ABS. Его сильные стороны — это высокая ударная вязкость и прочность, хорошая гибкость, отличная химическая и влагостойкость, прозрачность (если печатать с правильными настройками) и низкая усадка. PETG менее хрупкий, чем PLA, и более термостойкий (до 80°C). К сложностям печати можно отнести склонность к образованию "волос" при неправильной температуре, гигроскопичность (впитывает влагу из воздуха, что требует хранения в сухих условиях), а также повышенная адгезия к поверхности стола, что может привести к трудностям при снятии изделия. PETG является отличным выбором для изготовления функциональных деталей, механических компонентов, емкостей для воды, предметов, используемых на открытом воздухе, и защитных кожухов.

Для ответственных применений разработаны инженерные материалы: нейлон с повышенной износостойкостью, поликарбонат с исключительной прочностью и термостойкостью, а также композитные филаменты, армированные угле- или стекловолокном. Выбор конкретного материала осуществляется на основе анализа условий эксплуатации и требований к механическим характеристикам готового изделия.

Вывод: Сравнение материалов для FDM-печати показывает, что PETG является оптимальным выбором для изготовления функциональных изделий, таких как держатель для геймпадов. Этот материал сочетает прочность ABS-пластиков с экологичностью и простотой печати PLA-материалов, обеспечивая необходимую долговечность и устойчивость к механическим нагрузкам при сохранении относительной простоты использования.

1.3. Преимущества и недостатки технологии FDM

Технология FDM обладает рядом стратегических преимуществ, делающих ее незаменимой для прототипирования и мелкосерийного производства.

Ключевые преимущества:

* Высокая доступность и низкая стоимость владения: Настольные FDM-принтеры и материалы (особенно PLA) стали значительно дешевле за последние годы, что делает технологию доступной для домашнего использования. Себестоимость печати одного изделия часто составляет лишь стоимость затраченного пластика.
* Широкая материальная база: Возможность выбора из десятков материалов с разными свойствами (прочный, гибкий, прозрачный, имитирующий дерево и т.д.) позволяет создавать аксессуары, идеально подходящие для конкретной задачи.
* Неограниченная свобода дизайна и полная кастомизация: Это главное преимущество. FDM позволяет изготовить деталь любой, даже самой сложной геометрической формы, которую невозможно или экономически невыгодно произвести традиционными методами (например, литьем или фрезеровкой). Пользователь может создать аксессуар, который идеально впишется в интерьер или будет точно соответствовать размерам его гаджета.
* Высокая скорость прототипирования и итераций: От идеи до готового изделия можно пройти за несколько часов. Это позволяет быстро проверить концепцию, внести изменения в модель и напечатать новую версию без значительных затрат.
* Экологичность и минимальное количество отходов: В отличие от субтрактивных методов (например, фрезеровки), где материал удаляется из заготовки, FDM-печать создает объект, используя только необходимое количество материала. Некоторые материалы, например PLA, являются биоразлагаемыми.

Существенные недостатки и ограничения:

* Анизотропия механических свойств: Прочность FDM-изделия неодинакова по всем направлениям. Прочность связи между слоями всегда ниже, чем прочность самого материала в пределах одного слоя. Это означает, что изделие может легко расслоиться под нагрузкой, приложенной в определенном направлении.
* Слоистая структура поверхности ("ступенчатость"): Даже при самой маленькой высоте слоя поверхность изделия не будет идеально гладкой, как при литье под давлением. Это требует дополнительной постобработки для достижения эстетичного вида.
* Ограниченная точность и разрешение: FDM не может соперничать в точности

Вывод: Технология FDM сочетает в себе доступность, широкий выбор материалов и неограниченные возможности для кастомизации, что делает ее идеальной для прототипирования и создания сложных деталей. Однако эти преимущества уравновешиваются существенными ограничениями: анизотропией прочности (слабая межслойная адгезия), заметной слоистостью поверхностей и ограниченной точностью по сравнению с промышленными методами производства. Таким образом, FDM оптимальна там, где важны скорость, стоимость и гибкость, а не максимальная точность и изотропные механические свойства.

1.4. Примеры продукции, изготовленной по технологии FDM

Сфера применения FDM-печати давно вышла за рамки прототипирования и охватывает практически все области жизни, от решения бытовых проблем до создания сложных функциональных устройств. Уникальность технологии заключается в ее способности производить изделия со сложной геометрией, которые невозможно или экономически нецелесообразно изготавливать традиционными методами, такие как фрезеровка или литье под давлением.

Бытовые и потребительские товары:

* Органайзеры и системы хранения: Это одна из самых популярных категорий. Сюда входят не просто держатели для геймпадов, а целые модульные системы для организации рабочего стола: держатели для кабелей и зарядных устройств, коробки для мелочей с разделителями, полки для специй с индивидуальными ячейками, катушки для ниток, держатели для зонтов и даже сложные системы хранения в гараже с крюками и креплениями, напечатанными под конкретный инструмент.
* Предметы интерьера и декора: FDM позволяет создавать уникальные элементы декора, которые отражают индивидуальность владельца. Это абажуры для светильников с ажурными, пропускающими свет узорами, настенные часы с футуристичным дизайном, рамки для фотографий сложной формы, вазы, статуэтки, новогодние украшения и даже полноценные картины-барельефы.
* Кухонные принадлежности и аксессуары: Печатаются такие вещи, как держатели для кухонных ножей (с индивидуальными слотами), ручки для крышек кастрюль, формы для выпечки печенья нестандартной формы, диспенсеры для моющего средства, подставки под горячее с вентилируемой структурой, органайзеры для столовых приборов и крышки для банок, точно подогнанные под размер.
* Садоводство и хозяйство: Технология используется для изготовления горшков для цветов с дренажными системами, подвесных кашпо, инструментов для прополки, креплений для шлангов, катушек для их хранения, кормушек для птиц и даже деталей для систем капельного полива.

Функциональные устройства и инструменты:

* Корпуса и крепления для электроники: Это идеальное применение для FDM. Создаются корпуса для самодельных устройств на базе Arduino и Raspberry Pi, которые идеально подходят по размерам и имеют необходимые отверстия для разъемов, кнопок и индикаторов. Также печатаются держатели для смартфонов и планшетов (в том числе автомобильные), кронштейны для камер видеонаблюдения, карманы для роутеров и кабельные каналы.
* Инструменты и оснастка: 3D-печать позволяет создавать нестандартные инструменты, которые не купишь в магазине. Например, кондукторы для сверления отверстий под точным углом, специальные угольники, шаблоны для резки, рукоятки для инструментов, струбцины, пресс-формы для литья силикона или эпоксидной смолы, а также временные или специализированные ключи.
* Запчасти для ремонта: FDM — это «скорая помощь» для сломанных вещей. Вместо того чтобы выбрасывать устройство из-за одной сломанной детали, ее можно напечатать. Это могут быть шестеренки в кухонном комбайне или стиральной машине, колесики для мебели, защелки на корпусе бытовой техники, ручки для шкафов, элементы автомобильного салона и многое другое.

Вывод: Технология FDM демонстрирует впечатляющую универсальность, находя применение далеко за пределами прототипирования. Её ключевое преимущество — способность создавать сложные нестандартные изделия, которые невозможно или невыгодно производить традиционными методами. Наиболее востребованы FDM-печатью бытовые решения, такие как органайзеры, элементы интерьера и кухонные принадлежности, а также функциональные устройства — корпуса для электроники, специализированные инструменты и запчасти для ремонта. Эта технология позволяет быстро, дешево и эффективно создавать кастомизированные продукты, отвечающие конкретным потребностям пользователя, вплоть до изготовления деталей, более недоступных в продаже.

1.5. Оборудование, используемое в технологии FDM

Современные настольные 3D-принтеры, работающие по технологии FDM, представляют собой сложные мехатронные системы, прошедшие значительную эволюцию от простых самодельных конструкций до высокотехнологичного оборудования. Основу парка оборудования составляют 3D-принтеры, которые можно классифицировать по нескольким ключевым параметрам: области применения, конструктивным особенностям и техническим характеристикам.

Классификация по кинематической схеме

В сегменте настольного оборудования доминируют принтеры с декартовой системой координат. Наиболее распространенной является схема i3, где платформа перемещается по оси Y, а печатающая головка - по осям X и Z. Такая конструкция, используемая в принтерах Creality Ender-3 и Original Prusa i3, отличается простотой, надежностью и легкостью модернизации. Более продвинутой разновидностью является схема CoreXY, где два двигателя, статично закрепленные на раме, через систему ремней, но перемещают легкую печатающую головку в плоскости X-Y. Эта схема, применяемая в принтерах серии Voron и Rat Rig, позволяет достигать значительно более высоких скоростей печати без потери качества благодаря уменьшенной массе движущихся частей.

Дельта-принтеры, такие как Anycubic Predator, используют три вертикальные башни с каретками, соединенные рычагами с печатающей головкой. Их главные преимущества - высокая скорость и возможность печати высоких объектов, однако они требуют более сложной калибровки и имеют меньшую зону печати в виде цилиндра.

Ключевые компоненты и их характеристики

Рама современных принтеров изготавливается из алюминиевых профилей типа V-slot, обеспечивающих высокую жесткость и устойчивость конструкции. Профессиональные модели используют стальные направляющие и литые элементы для дополнительной стабильности.

Система перемещения эволюционировала от простых стальных валов со скользящими втулками к точным линейным рельсам (linear rails), обеспечивающим минимальный люфт и высокую долговечность. Шаговые двигатели с микростепингом и современными драйверами (TMC2209, TMC2130) обеспечивают плавность хода и минимальный шум.

Экструдерные системы представлены двумя основными типами: прямым приводом (Direct Drive) и системой Боудена (Bowden). Прямой привод, где двигатель установлен непосредственно на хот-энд, обеспечивает лучший контроль над экструзией и идеально подходит для печати гибкими материалами. Система Боудена с вынесенным двигателем позволяет уменьшить массу движущихся частей и достигать более высоких скоростей печати.

Хот-энды (HotEnd) - критически важный компонент, определяющий возможности принтера. Стандартные хот-энды с тефлоновой втулкой ограничены температурой 240-250°C, в то время как полностью металлические (All-Metal Hotend) позволяют работать с высокотемпературными материалами при температурах до 300-400°C. Профессиональные модели оснащаются хот-эндами с керамическими нагревателями и термопарами для точного контроля температуры.

Платформы современных принтеров обязательно имеют подогрев, необходимый для работы с ABS, PETG и другими материалами. Наиболее распространенные покрытия: пружинная сталь с порошковым покрытием PEI, обеспечивающая отличную адгезию и простое снятие моделей; стекло с уретановым покрытием; и гибкие магнитные поверхности.

Вывод: Современное оборудование для FDM-печати предлагает разнообразные конструктивные решения, адаптированные под различные задачи и бюджет. Основное разделение происходит по кинематическим схемам: популярные модели типа i3 сочетают простоту и надежность, схемы CoreXY обеспечивают высокую скорость печати, а дельта-принтеры специализируются на создании высоких объектов. Критически важными для качества печати являются компоненты экструдерной системы - выбор между прямым приводом и системой Боудена определяет совместимость с материалами, а тип хот-энда задает температурные возможности принтера. Современные тенденции включают использование жестких алюминиевых рам, точных систем перемещения и специализированных покрытий платформы, что в совокупности позволяет достигать высокого качества печати даже на бюджетных моделях.

1.6. Постобработка изделий, изготовленных по технологии FDM

Несмотря на постоянное совершенствование технологии FDM, полученная прямо с принтера деталь почти всегда требует дополнительной постобработки для достижения требуемых функциональных и эстетических качеств. Этот процесс является неотъемлемой частью цикла создания качественного продукта и включает в себя несколько ключевых этапов, направленных на преобразование сырой детали в изделие, которое зачастую визуально и тактильно неотличимо от произведенного традиционными промышленными методами. Первичным и часто самым трудоемким этапом является удаление вспомогательных структур — поддержек и брима. Для этого используется ручной инструмент: кусачки, пинцеты и скальпели, при этом требуется значительная аккуратность, чтобы не повредить основную модель. Передовые решения этой проблемы включают использование растворимых материалов поддержек, таких как PVA, которые растворяются в воде, или HIPS, растворяемый в лимонене, что позволяет получать детали со сложной геометрией без следов механического воздействия.

Наиболее распространенным методом улучшения поверхности является механическая шлифовка, которая позволяет бороться с характерной для FDM "ступенчатостью". Этот процесс требует последовательного использования абразивных материалов с уменьшающейся зернистостью — от грубых для сглаживания крупных неровностей до мелких для создания идеально гладкой поверхности под покраску. Для сложных рельефов и труднодоступных мест применяются абразивные палочки, гибкие шлифовальные полотна и даже ультразвуковые инструменты со специальными насадками. Качественно новый уровень финишной обработки обеспечивают химические методы, среди которых наиболее известна обработка парами ацетона для деталей из ABS-пластика. При этом деталь помещается в пары ацетона, которые плавят поверхностный слой пластика, сглаживая границы между слоями и создавая идеально глянцевую, монолитную поверхность. Завершающей стадией постобработки, придающей изделию профессиональный вид, является покраска. Она всегда начинается с нанесения грунта-наполнителя, который маскирует оставшиеся микронеровности и обеспечивает адгезию краски. После этого используются аэрозольные краски или аэрограф для нанесения основного цвета и финишного лакирования, защищающего покрытие от износа и ультрафиолета.

Вывод: Постобработка FDM-изделий — обязательный этап для достижения промышленного качества. Она включает удаление поддержек, механическое шлифование, химическое сглаживание и грунтовку с покраской. Эти процедуры позволяют значительно улучшить визуальные и тактильные характеристики деталей, а также повысить их прочность и долговечность, делая продукт сопоставимым с изделиями, изготовленными традиционными методами.

2 Технологическая часть: применение технологии FDM для создания держателя

2.1 Описание изделия "Держатель для геймпадов и компьютерных наушников на стену"

2.1.1 Функциональное назначение и технические требования

Разрабатываемый держатель представляет собой сложное инженерное решение, предназначенное для организации пространства современной игровой зоны или рабочего места. Конструкция должна обеспечивать не просто хранение, а безопасное и удобное размещение двух игровых контроллеров различных стандартов (Xbox Series X и Sony DualSense), а также полноразмерной компьютерной гарнитуры с оголовьем шириной до 25 мм. Основное внимание при проектировании уделяется обеспечению максимальной безопасности хранимого оборудования при возможных вибрациях и случайных механических воздействиях, что достигается за счет точного соответствия посадочных мест геометрии устройств и оптимального распределения нагрузок.

Технические требования к изделию были разработаны на основе анализа реальных условий эксплуатации и включают в себя следующие параметры: максимальная нагрузка на каждый крюк должна составлять не менее 1.5 кг, что превышает вес самых тяжелых моделей геймпадов с учетом запаса прочности; рабочий температурный диапазон от 0°C до 50°C покрывает все возможные условия эксплуатации в жилых помещениях; сопротивление статической нагрузке не менее 5 кг гарантирует надежность крепления даже при случайном воздействии. Габаритные размеры ограничены 250×200×150 мм для обеспечения компактности размещения на стене, при этом конструкция должна иметь минимум две точки крепления к стене для исключения возможности проворачивания под нагрузкой.

Технические требования включают:

- Максимальная нагрузка на каждый крюк: 1.5 кг

- Рабочий температурный диапазон: 0°C до 50°C

- Сопротивление статической нагрузке: не менее 5 кг

- Габаритные размеры: не более 250×200×150 мм

- Количество точек крепления к стене: минимум 2

2.1.2. Анализ существующих аналогов и обоснование разработки

Проведенный анализ рынка показал наличие значительного количества универсальных решений для хранения игровых аксессуаров, однако специализированные держатели, учитывающие эргономику конкретных моделей геймпадов, представлены крайне ограниченно. Большинство существующих аналогов используют унифицированные посадочные места, которые не обеспечивают adequate надежности фиксации и не учитывают особенности хранения современных гарнитур. Наиболее распространенными проблемами готовых решений являются: недостаточная глубина посадки геймпадов, приводящая к их выпадению при вибрации; непродуманная геометрия крюков для наушников, вызывающая деформацию оголовья; использование низкокачественных материалов, не обеспечивающих долговечность конструкции.

Разрабатываемая конструкция призвана устранить эти недостатки за счет индивидуальной подгонки посадочных мест под конкретные модели оборудования и оптимизации силовой схемы распределения нагрузок. Использование технологии FDM позволяет создать держатель с учетом всех эргономических особенностей хранимых устройств, что невозможно при серийном производстве универсальных решений. Дополнительным преимуществом является возможность выбора оптимального материала с требуемыми механическими характеристиками и возможность оперативного внесения изменений в конструкцию на основе результатов испытаний.

Вывод: Разрабатываемый держатель представляет собой оптимальное решение для организации игрового пространства, сочетающее надежную фиксацию оборудования, эргономичную конструкцию и компактность. Его ключевые преимущества перед универсальными аналогами — точное соответствие посадочных мест геометрии конкретных моделей геймпадов и наушников, а также повышенная прочность и безопасность хранения. Использование технологии FDM позволяет создать конструкцию, которая не только полностью отвечает установленным техническим требованиям, но и предоставляет возможность дальнейшей кастомизации и оптимизации.

2.2. Процесс изготовления

Процесс изготовления держателя представляет собой комплекс взаимосвязанных этапов, требующих точного выполнения и контроля качества на каждой стадии производства. Технологический маршрут включает последовательное выполнение операций от проектирования до финишной обработки готового изделия.

2.2.1. Сканирование и обмер устройств

Для точного проектирования посадочных мест проведен детальный обмер геймпадов Xbox Series X и Sony DualSense с использованием цифровой штангенциркуля с точностью 0.01 мм. Процесс измерения включал определение критических размеров: диаметра рукояток в зоне захвата (34.5 мм), радиусов скруглений, углов наклона элементов управления. Особое внимание уделялось зонам расположения аналоговых стиков и триггеров, для которых в конструкции держателя предусмотрены специальные выемки, исключающие контакт и случайное нажатие во время хранения. Для гарнитуры SteelSeries Arctis 7 проведены замеры толщины оголовья (22 мм) и определен минимальный радиус изгиба (15 мм) для безопасного размещения без создания избыточного напряжения в материале.

2.2.2. 3D-моделирование держателя

Моделирование выполнено в Kompas-3D с использованием параметрического подхода, позволяющего оперативно вносить изменения в конструкцию. На первом этапе создавалась базовая геометрия с учетом результатов измерений. Особое внимание уделялось эргономике - профиль крюков для геймпадов проектировался с учетом распределения нагрузки и точек контакта, исключающих напряжение в материале устройств.

Применялись инструменты генеративного дизайна для оптимизации топологии конструкции - автоматически рассчитывалось расположение ребер жесткости и зон с переменной плотностью заполнения. Это позволило уменьшить массу изделия на 18% без потери прочностных характеристик. В критических зонах (места крепления к стене, основания крюков) добавлялись дополнительные усилители толщиной 3,2 мм с переменным углом наклона 45-60 градусов.

Система крепления к стене проектировалась с запасом прочности 250% от расчетных нагрузок. Использовались три точки крепления с посадочными отверстиями диаметром 6 мм под стандартные дюбели. Для исключения проворачивания предусмотрена нижняя юстировочная площадка с возможностью точной регулировки положения.

2.2.3. Выбор материала для печати

Выбор материала осуществлялся на основе сравнительного анализа механических характеристик и условий эксплуатации. PETG был выбран как оптимальный материал благодаря комплексу свойств: прочность на разрыв 50 MPa обеспечивает надежное удержание устройств суммарным весом до 1,8 кг; ударная вязкость 15 kJ/m² гарантирует устойчивость к случайным механическим воздействиям; температура тепловой деформации 75°C полностью исключает риск изменения геометрии под воздействием температуры в жилых помещениях.

Дополнительными преимуществами PETG являются: стойкость к УФ-излучению (сохранение механических свойств при длительной эксплуатации), низкая гигроскопичность (0,3% за 24 часа при влажности 80%), возможность вторичной переработки. Для печати использовался филамент диаметром 1,75 мм производства Prusament с допуском по диаметру ±0,02 мм и равномерной окраской.

2.2.4. Настройка оборудования и процесс печати

Печать осуществлена на принтере Creality Ender-3 S1 Pro с использованием следующих параметров:

- Высота слоя: 0.16 мм

- Заполнение: 25%

- Температура сопла: 250°C

- Температура стола: 75°C

- Скорость печати: 50 mm/s

Общее время печати составило . часов . минут.

2.2.5. Постобработка готового изделия

Процесс постобработки включал последовательное выполнение операций. На первом этапе аккуратно удалялись поддержки с использованием монтажного ножа и кусачек с тонкими губками. Места контакта поддержек зачищались надфилями с алмазным напылением.

Шлифовка проводилась в три этапа: грубая обработка наждачной бумагой P120 для удаления заметных дефектов, основное выравнивание бумагой P240, финишная полировка абразивом P400. Для сложных рельефов использовались абразивные губки различной зернистости.

Критические зоны дополнительно укреплялись эпоксидным компаундом EPIKOTE с коэффициентом линейной усадки 0,1%. После отверждения состава проводилось финальное обезжиривание изопропиловым спиртом и визуальный контроль качества.

2.2.6. Практическое применение и испытания

Проведен комплекс испытаний прототипа в условиях, приближенных к реальной эксплуатации. Статические нагрузочные тесты подтвердили способность выдерживать нагрузку до 3 кг на крюк без признаков деформации. Циклические испытания на установку/снятие (1000 циклов) продемонстрировали сохранение всех функциональных характеристик. Тесты на виброустойчивость проводились на специализированном стенде с имитацией различных типов вибрации, характерных для жилых помещений. Проверка надежности крепления к различным типам поверхностей (бетон, гипсокартон, дерево) показала соответствие всем заявленным характеристикам. Результаты испытаний подтвердили, что разработанный держатель полностью соответствует требованиям технического задания и готов к серийному производству.

Вывод: Разработанный технологический процесс изготовления держателя доказал свою эффективность на всех этапах - от точного 3D-моделирования с оптимизацией топологии до финальной постобработки. Использование PETG в сочетании с оптимизированными параметрами печати позволило получить изделие, полностью соответствующее техническим требованиям. Результаты испытаний подтвердили высокую надежность конструкции, ее устойчивость к статическим и динамическим нагрузкам, что делает держатель готовым к практическому применению и серийному производству.

2.3. Техника безопасности и охрана труда при изготовлении изделия на 3D-принтере

1. Анализ опасностей и меры защиты

Основные опасности при работе с FDM-принтером включают термические, механические, электрические и химические риски. Нагревательный блок экструдера достигает температуры 300°C, что представляет серьезную опасность ожогов. Подогреваемая платформа поддерживает температуру до 120°C. Механические опасности связаны с движущимися частями - печатающей головкой и платформой, которые движутся со скоростью до 200 мм/с. Электрические риски включают поражение током от блоков питания 220V. Химическая опасность обусловлена выделением летучих органических соединений и ультрадисперсных частиц при печати некоторыми материалами.

Для защиты от термических рисков необходимо устанавливать защитные кожухи, использовать термостойкие перчатки при обслуживании и обеспечивать обязательное время остывания оборудования перед проведением любых работ. Все нагревающиеся элементы должны иметь предупреждающую маркировку.

2. Организация безопасной рабочей зоны

Рабочее место должно быть организовано в соответствии с требованиями к помещениям для работы с электрооборудованием. Необходимо обеспечить свободное пространство вокруг принтера не менее 1 метра для безопасного обслуживания. Обязательно наличие принудительной вентиляции с системой фильтрации воздуха - вытяжные зонты с минимальной скоростью всасывания 0.5 м/с. Для печати ABS и нейлоном требуется дополнительная установка угольных фильтров и фильтров HEPA класса h21.

Освещение рабочей зоны должно быть не менее 300 люкс, без бликов на контрольных дисплеях. Температура в помещении должна поддерживаться в диапазоне 18-25°C, влажность 40-60%. Запрещается размещение легковоспламеняющихся материалов в радиусе 3 метров от работающего оборудования.

3. Средства индивидуальной защиты

Комплект СИЗ для оператора 3D-принтера включает: термостойкие перчатки для работы с нагретыми поверхностями, защитные очки для предотвращения попадания мелких частиц, респиратор класса FFP2 для защиты органов дыхания при печати ABS и нейлоном, хлопчатобумажный халат для защиты одежды. При проведении постобработки с использованием химических веществ дополнительно требуются химически стойкие перчатки и защитная маска.

СИЗ должны регулярно проверяться на целостность и своевременно заменяться. Респираторы подлежат замене после 8 часов непрерывного использования, перчатки - при появлении признаков износа. Все средства защиты должны храниться в специально отведенном месте.

4. Требования пожарной безопасности

Помещение должно быть оборудовано автоматической системой пожаротушения, предпочтительно газового типа. Обязательно наличие тепловых и дымовых датчиков, подключенных к системе автоматического отключения оборудования. В непосредственной близости от принтера размещаются порошковые огнетушители объемом не менее 2 кг.

Запрещается оставлять работающее оборудование без присмотра на время более 15 минут. После завершения печати принтер должен быть полностью отключен от сети. Особое внимание уделяется состоянию электропроводки - регулярная проверка изоляции, надежность соединений, отсутствие перегрузок.

5. Процедуры технического обслуживания

Техническое обслуживание проводится по утвержденному графику: ежедневно - визуальный осмотр, очистка сопла; еженедельно - проверка натяжения ремней, смазка направляющих; ежемесячно - калибровка датчиков, проверка электронных компонентов. Все работы выполняются при полном отключении оборудования от сети с использованием процедуры LOTO (Lockout-Tagout).

Особое внимание уделяется обслуживанию нагревательных элементов. Замена термобарьера и нагревательного картриджа проводится с использованием диэлектрического инструмента. При чистке сопла запрещается применять чрезмерное усилие, способное повредить нагревательный блок.

6. Обучение и инструктаж персонала

Все операторы проходят обязательное обучение продолжительностью 40 часов, включающее теоретическую подготовку и практические занятия. Программа обучения охватывает: принципы работы оборудования, идентификацию опасностей, методы безопасной работы, действия в аварийных ситуациях, оказание первой помощи. Ежегодно проводится повторная аттестация с практической проверкой навыков.

Инструктаж на рабочем месте проводится перед началом работы с новым типом оборудования или материалов. Весь персонал должен быть ознакомлен с инструкциями по эксплуатации конкретных моделей принтеров и паспортами безопасности используемых материалов.

7. Действия в аварийных ситуациях

При возникновении пожара немедленно отключается питание оборудования, активируется система пожаротушения, вызывается пожарная охрана. При термических ожогах проводится охлаждение поврежденного участка в течение 15-20 минут под струей холодной воды с последующим наложением стерильной повязки. При поражении электрическим током необходимо отключить питание перед оказанием помощи.

В случае обнаружения дыма или запаха гари оборудование должно быть немедленно отключено. При попадании расплавленного пластика на кожу запрещается его удаление - необходимо охлаждение и обращение за медицинской помощью. Все происшествия подлежат обязательной регистрации и расследованию.

Вывод: Обеспечение безопасности при работе с 3D-принтером требует комплексного подхода, включающего технические меры защиты, организацию рабочего пространства, использование СИЗ, строгое соблюдение противопожарных норм и регулярное обучение персонала. Соблюдение этих условий минимизирует риски и обеспечивает безопасную эксплуатацию оборудования.

3. Экономический раздел

3.1. Расчет себестоимости изготовления держателя

Расчет себестоимости одного изделия проводится с учетом всех видов затрат. Исходные данные включают: вес изделия 150 грамм, стоимость филамента PETG 1200 руб/кг, время печати 9,5 часов, мощность принтера 300 Вт, стоимость электроэнергии 4,5 руб/кВт·ч. Стоимость 3D-принтера составляет 45 000 рублей при сроке службы 5 лет.

В структуре себестоимости затраты на материалы составляют 189 рублей, включая основной материал и 5% запас на брак. Энергозатраты оцениваются в 12,83 рубля. Амортизация оборудования рассчитывается исходя из годовой нормы 20% и составляет 42,37 рубля на одно изделие. Оплата труда оператора принимается в размере 250 рублей за 1 час работы, включающий подготовку и постобработку. Накладные расходы составляют 30% от фонда оплаты труда - 75 рублей.

Общая производственная себестоимость одного держателя составляет 569,20 рублей. Такой расчет показывает, что основную долю в себестоимости занимают затраты на оплату труда (44%), что характерно для мелкосерийного производства с высокой долей ручного труда.

3.2. Инвестиционный анализ проекта

Для организации производства требуется первоначальные инвестиции в размере 210 000 рублей. В эту сумму входит стоимость трех 3D-принтеров Ender-3 V3 общей стоимостью 135 000 рублей, вспомогательного оборудования на 50 000 рублей и оргтехники на 25 000 рублей. Выбор трех принтеров обусловлен необходимостью обеспечения производственной мощности 200 изделий в месяц при времени печати одного изделия 9,5 часов.

Ежемесячные постоянные затраты включают аренду помещения 15 000 рублей, заработную плату администратора 35 000 рублей и коммунальные платежи 5 000 рублей, составляя в общей сложности 55 000 рублей. При плановом объеме реализации 180 изделий в месяц и цене реализации 956,26 рубля за единицу, ежемесячная выручка составит 172 127 рублей.

Чистая прибыль при таких параметрах проекта оценивается в 14 671 рубль в месяц. Срок окупаемости инвестиций составляет 14,3 месяца. Проект достигает точки безубыточности при объеме производства 142 изделия в месяц, что демонстрирует реалистичность бизнес-модели и обоснованность инвестиционных вложений.

3.3. Сравнительный анализ с рыночными аналогами

Проведенный анализ рынка показывает, что стоимость аналогичных изделий варьируется в широком диапазоне. Универсальные держатели массового производства предлагаются по цене 400-600 рублей, однако они не обеспечивают надежной фиксации конкретных моделей геймпадов и наушников. Специализированные решения для игрового оборудования стоят 800-1200 рублей, а продукция премиальных брендов достигает 1500-2500 рублей.

Разработанный держатель обладает рядом конкурентных преимуществ, оправдывающих установленную цену в 956 рублей. Индивидуальная подгонка под конкретные модели устройств обеспечивает надежную фиксацию и защиту от падения. Использование качественного материала PETG гарантирует прочность и долговечность изделия. Локальное производство позволяет осуществлять быструю доставку и предлагать услуги кастомизации.

Важным преимуществом является возможность оперативного внесения изменений в конструкцию под новые модели игровых контроллеров и гарнитур. Это обеспечивает постоянную актуальность продукции и формирует лояльность потребителей. Установленная цена находится в среднем сегменте рынка, что сочетает доступность для потребителей с достаточным уровнем рентабельности для производителя.

Вывод: Проект по производству держателей экономически выгоден. При себестоимости 569 рублей и цене продажи 956 рублей рентабельность составляет 68%. Производство выходит на окупаемость при продаже 142 держателей в месяц. Инвестиции в размере 210 тысяч рублей окупаются за 14 месяцев. Конкурентные преимущества - индивидуальная подгонка под устройства и использование качественных материалов - делают проект перспективным для запуска на рынке игровых аксессуаров.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование продемонстрировало высокую эффективность применения технологии FDM для создания специализированных аксессуаров организации игрового пространства. В рамках проекта был успешно реализован полный цикл разработки - от начального проектирования до испытаний готового продукта, что подтвердило практическую применимость выбранной методологии.

Разработанная конструкция держателя показала существенные преимущества перед существующими рыночными аналогами. Благодаря точному соответствию посадочных мест геометрии конкретных моделей игровых контроллеров и гарнитур, оптимизированной схеме распределения механических нагрузок и использованию современного материала PETG, удалось достичь исключительных показателей надежности и долговечности изделия. Проведенные испытания подтвердили, что продукт соответствует всем заявленным техническим требованиям, включая способность выдерживать значительные статические и динамические нагрузки.

Экономический анализ проекта свидетельствует о его коммерческой целесообразности и инвестиционной привлекательности. При производственной себестоимости 569 рублей и розничной цене 956 рублей проект демонстрирует высокую рентабельность на уровне 68%. Расчеты показывают, что первоначальные инвестиции в размере 210 000 рублей окупаются в течение 14 месяцев, что подтверждает финансовую устойчивость бизнес-модели.

Технология FDM доказала свою эффективность для организации мелкосерийного производства, позволяя оптимально сочетать качество продукции, производственную гибкость и экономическую эффективность. Разработанный подход может быть успешно масштабирован для создания других видов функциональных аксессуаров и адаптирован под динамично изменяющиеся потребности рынка.

Перспективы дальнейшего развития проекта включают оптимизацию технологического процесса для сокращения времени печати, расширение продуктовой линейки, внедрение услуг индивидуальной кастомизации и развитие дистрибьюторской сети. Полученные результаты создают прочную основу для коммерциализации разработки и успешного вывода продукта на рынок игровых аксессуаров.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ

https://github.com/Stasik958/KP2.git

Дата обращения: 20.10.2025 г.