

Разработка и 3D-печать функционального рычага сцепления для мопеда в среде Shapr3D

Ёлгин Роман Николаевич

*Приамурский государственный университет имени Шолом-Алейхема
Студент*

Аннотация

В работе рассматривается процесс разработки и изготовления функционального рычага сцепления для мопеда с использованием системы твердотельного 3D-моделирования Shapr3D и технологии послойного наплавления (FDM-печать). Приведён анализ исходной металлической детали, выполнены её обмеры и сформулированы требования к прочности, эргономике и совместимости с штатным механизмом управления. Описана поэтапная методика построения параметрической 3D-модели рычага в Shapr3D, подготовки модели к печати и выбора оптимальных параметров печати из пластика PLA. Проведено сравнение изготовленного образца с заводским рычагом, обсуждаются допуски посадочных мест, ориентация модели при печати и влияние конструктивных изменений на надёжность детали. Показано, что сочетание Shapr3D и настольного FDM-принтера позволяет в учебных и любительских условиях создавать работоспособные детали небольшой нагруженности и отрабатывать полный цикл цифрового проектирования.

Ключевые слова: 3D-моделирование, Shapr3D, 3D-печать, FDM, рычаг сцепления, мопед, функциональная деталь.

Development and 3D Printing of a functional clutch lever for a moped in Shapr3D

Yolgin Roman Nikolaevich

*Sholom-Aleichem Priamursky State University
Student*

Abstract

The article describes the development and fabrication of a functional clutch lever for a moped using the Shapr3D solid-modelling system and fused deposition modelling (FDM) 3D printing. The original metal lever is analysed, measured and used to define requirements for strength, ergonomics and compatibility with the stock control mechanism. A step-by-step workflow is presented for creating a parametric 3D model of the lever in Shapr3D, preparing the model for printing and selecting suitable PLA printing parameters. The printed part is compared with the factory lever, and the influence of dimensional tolerances, build orientation and design modifications on the reliability of the part is discussed. The study demonstrates that

the combination of Shapr3D and a desktop FDM printer enables the creation of functional, moderately loaded components in educational and hobby settings and allows students to practice the complete digital design-to-manufacturing pipeline.

Keywords: 3D modelling, Shapr3D, 3D printing, FDM, clutch lever, moped, functional part.

1. Введение

1.1 Актуальность исследования

Доступность настольных 3D-принтеров и развитие аддитивных технологий существенно упростили изготовление единичных деталей и прототипов. В отличие от традиционных методов механической обработки, 3D-печать не требует сложного оборудования и позволяет быстро получать изделия по цифровой модели. Это особенно важно для владельцев мототехники и малой механизации, где штатные рычаги и пластиковые элементы управления часто ломаются, а оригинальные запчасти могут быть дороже самого мопеда или просто недоступны.

Одновременно с этим появляются удобные системы твердотельного моделирования, ориентированные на начинающих инженеров и студентов. Пакет Shapr3D относится к таким системам: он поддерживает параметрическое моделирование, импорт и экспорт распространённых форматов и имеет интуитивный интерфейс, оптимизированный под планшеты и персональные компьютеры.

Прохождение полного цикла «измерение детали – 3D-моделирование – аддитивное изготовление – испытания» на примере относительно простой, но функционально ответственной детали (рычаг сцепления) представляет интерес как с практической, так и с учебной точки зрения.

1.2 Обзор исследований

Работа F. Valjak посвящена функционально-ориентированным принципам проектирования для аддитивного производства и показывает, что при создании изделий методом послойного наплавления необходимо исходить из требований к функции детали, а затем подбирать геометрию, ориентацию печати и структуру заполнения под эти требования. Такой подход особенно важен для ответственных элементов машин, к которым относится и рычаг управления [1]. Обзор A. S. L. Rodrigues систематизирует сведения о полимерных композиционных материалах, применяемых в экструзионных технологиях 3D-печати, и подчёркивает, что наполненные композиции позволяют существенно повысить жёсткость и тепловую стойкость напечатанных деталей по сравнению с обычными термопластами [2]. A. Debreceňi, Z. Buri и S. Bodzás в обзоре по аддитивному формованию полимеров и композитов детально анализируют взаимосвязь параметров процесса, микроструктуры и эксплуатационных свойств изделий. Авторы показывают, что изменение температуры экструдера, скорости печати, высоты слоя и схемы охлаждения напрямую влияет на плотность, пористость и прочность получаемых образцов, что необходимо учитывать при

проектировании нагруженных деталей [3]. Этой же проблеме посвящён обзор X. Sun, где рассматриваются стратегии снижения пористости и внутренних пустот в изделиях, напечатанных методом материальной экструзии, за счёт оптимизации траекторий, перекрытия дорожек и параметров заполнения [4]. Обзорная статья A. Maguire даёт целостное представление о технологиях аддитивного изготовления полимерных конструкций методом экструзии, включая архитектуру оборудования, основные режимы процесса и ограничения по точности и размерам изделий [5]. Похожие выводы делает и Y. Wang с соавт., рассматривая широкий спектр полимер-матриц и наполнителей и связывая выбор материала с областью применения изделия [6]. A. Patel и M. Taufik представляют комплексный обзор экструзионных технологий в аддитивном производстве, уделяя особое внимание вопросам проектирования под технологию (Design for AM), типичным дефектам и путям повышения прочности и долговечности напечатанных компонентов [7].

1.3 Цель исследования

Целью исследования является разработка и изготовление при помощи Shapr3D и настольного FDM-принтера работоспособного рычага сцепления для мопеда, совместимого со штатным механизмом управления.

2. Материалы и методы

Разработка и изготовление рычага сцепления выполнялись с использованием следующих средств и материалов:

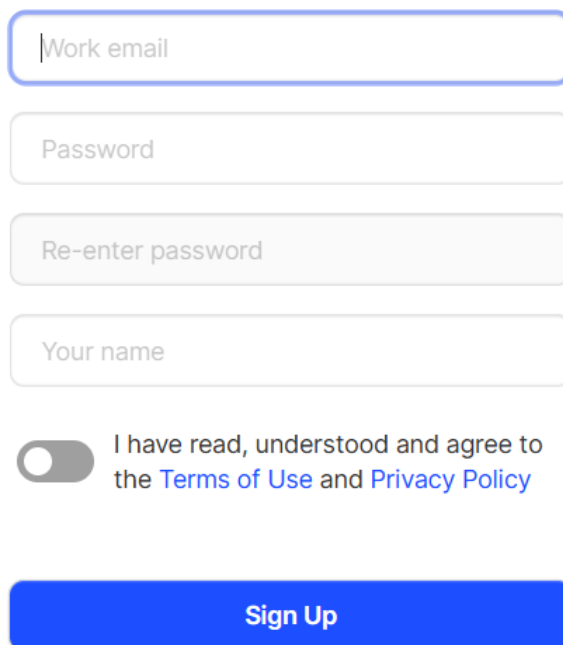
- Программное обеспечение для 3D моделирования Shapr3D;
- Штатный металлический рычаг сцепления выбранного мопеда в качестве образца;
- Штангенциркуль с ценой деления 0,01 мм для обмеров;
- Настольный FDM принтер с областью печати 220×220×250 мм;
- Пластиковая нить PLA диаметром 1,75 мм;
- Программное обеспечение для подготовки G кода (слайсер) Ultimaker Cura;
- Ручной инструмент для постобработки (надфили, наждачная бумага, сверла).

3. Результаты и обсуждение

Для разработки рычага сцепления была установлена программа Shapr3D для настольного компьютера, после чего выполнена регистрация и вход в систему. Интерфейс приложения предоставляет набор базовых инструментов 2D-эскизирования и трёхмерного моделирования, достаточный для создания простой механической детали (рис. 1).

Create an account

Already have an account? [Log In](#)



The registration form consists of several input fields and a toggle switch. At the top is a blue-bordered input field for 'Work email'. Below it is a light gray input field for 'Password', followed by another light gray input field for 'Re-enter password'. Below these is a light gray input field for 'Your name'. Under the 'Your name' field is a toggle switch (currently off) and the text 'I have read, understood and agree to the [Terms of Use](#) and [Privacy Policy](#)'. At the bottom is a solid blue button with the text 'Sign Up'.

Рисунок 1. Регистрация в Shapr3D

Затем с мопеда был демонтирован штатный рычаг сцепления. Деталь очищена от грязи и коррозии, после чего выполнены ориентировочные обмеры длины рычага, толщины сечения, диаметра отверстия под ось и размеров паза под тросик с помощью линейки и штангенциркуля. Полученные размеры послужили основой для геометрии новой детали.

В Shapr3D создан новый проект в миллиметровой системе единиц. Сначала на базовой плоскости построен эскиз контура рычага: проекция рукоятки, площадки под ось и переходной части. Элементы эскиза были размерены в соответствии с измерениями исходной детали и привязаны геометрическими связями (параллельность, перпендикулярность, касание). После этого контур был вытянут на заданную толщину, сформировав объёмное тело.

Далее созданы: цилиндрическая проушина под ось с последующим вырезом отверстия нужного диаметра, паз под трос сцепления и скругления на кромках для повышения удобства хвата и снижения концентрации напряжений. Полученная 3D-модель представлена на экране Shapr3D (рис. 2).

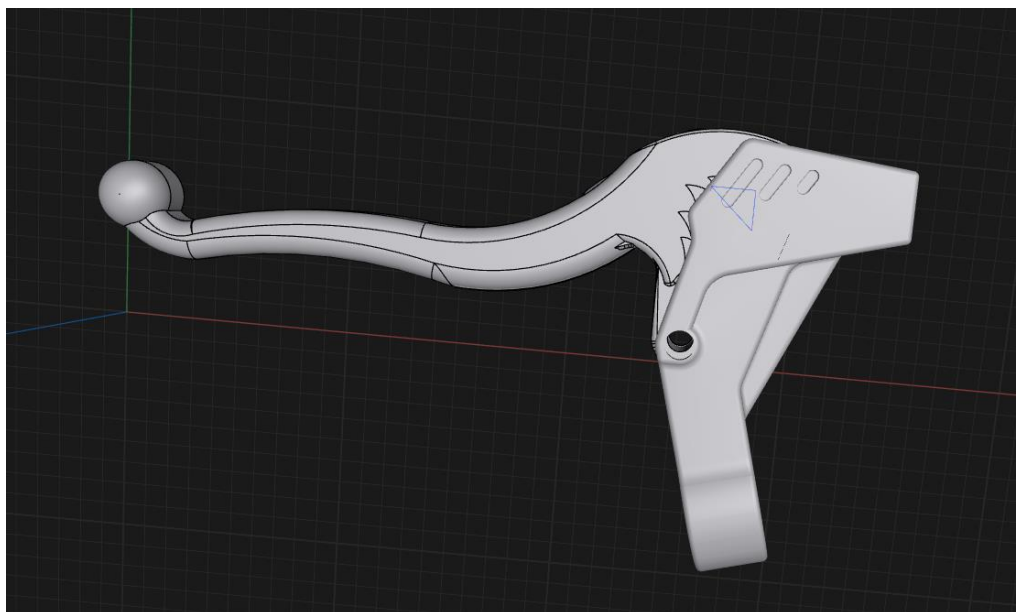


Рисунок 2. Смоделированный в Shapr3D рычаг сцепления

Готовая модель экспортирована из Shapr3D в формате STL и импортирована в программу - слайсер Ultimaker Cura. В слайсере выбрана ориентация детали на столе таким образом, чтобы основной изгибающий момент приходился вдоль слоёв. В качестве материала задан PLA-пластик, установлены следующие параметры печати: высота слоя 0,2 мм, три внешние стенки, заполнение 60 %, температура сопла 200 °С, температура стола 50 °С. Предпросмотр траекторий позволил убедиться в отсутствии критических нависаний и необходимости лишь минимальных поддержек (рис. 3).

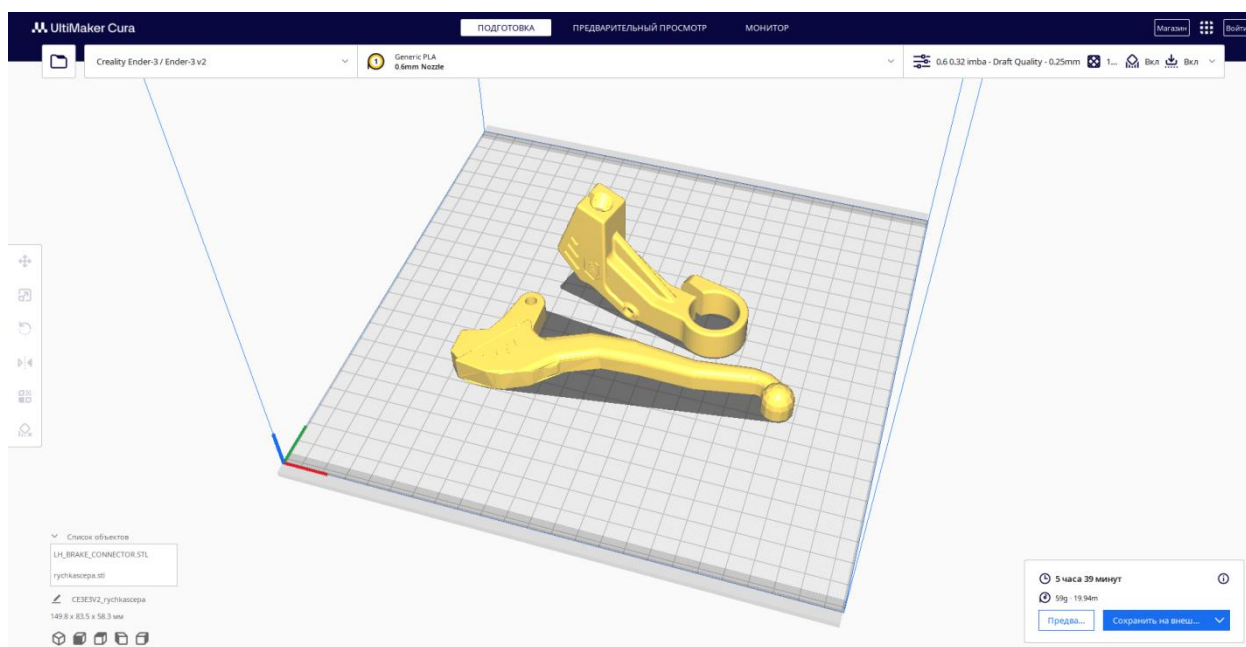


Рисунок 3. Подготовка модели рычага к печати в программе Cura

Сгенерированный G-код передан на настольный FDM-принтер. Печать рычага заняла несколько минут и прошла без сбоев: слои укладывались

равномерно, видимых дефектов экструзии не возникло. После охлаждения детали удалены поддерживающие структуры, края слегка обработаны наждачной бумагой для улучшения тактильных ощущений (рис. 4).



Рисунок 4. Напечатанный на 3д-принтере рычаг сцепления из PLA

Готовый рычаг установлен на место штатной детали с использованием стандартной оси и регулировочных элементов. Посадка в проушину и положение паза под трос оказались корректными, без необходимости дополнительной подгонки. Проведены испытания в реальных условиях: многократное выжимание сцепления на стоящем мопеде и последующая поездка на небольшой дистанции. В ходе тестов рычаг обеспечивал нормальную работу сцепления, заметных деформаций, трещин или ухудшения жёсткости не наблюдалось (рис. 5).



Рисунок 5. Установленный напечатанный рычаг сцепления на руле мопеда

Таким образом, выполненный цикл «моделирование в Shapr3D – подготовка в Cura – печать из PLA – установка и испытания» подтвердил возможность изготовления работоспособной детали управления мопедом с использованием доступных программных средств и настольного 3D-принтера.

4 Выводы

Проведённая работа показала, что с помощью среды трёхмерного моделирования Shapr3D и настольного FDM-принтера можно за одно-два занятия пройти полный цикл создания функциональной детали для мопеда: от демонтажа и обмера штатного рычага до моделирования, 3D-печати из PLA и последующих испытаний на реальном узле. Полученный рычаг корректно установился на место оригинальной детали, обеспечил нормальную работу сцепления и не проявил заметных деформаций или разрушений при обычной эксплуатации, что подтверждает практическую пригодность такого подхода для изготовления слабо- и средненагруженных элементов управления.

В то же время опыт показал важность точной настройки параметров печати и ориентации модели, а также аккуратного снятия размеров — от этих факторов зависят и посадка по месту, и прочность готового изделия. PLA-пластик обеспечивает достаточную жёсткость и качество поверхности, но уступает металлу по износостойкости и ударной прочности; для долговременной эксплуатации или более тяжёлых условий работы целесообразно рассматривать переход к инженерным термопластам (PETG, нейлон) и/или локальное армирование наиболее нагруженных зон.

Полученные результаты могут быть использованы в учебных курсах по 3D-моделированию и аддитивным технологиям как наглядный пример практико-ориентированного проекта: студент видит, как цифровая модель, созданная в Shapr3D на основе реальной детали, превращается в работоспособный элемент механизма, и одновременно осваивает базовые принципы конструирования «под 3D-печать».

Библиографический список

1. Valjak F. et al. Function-based design principles for additive manufacturing // Applied Sciences. 2022. Т. 12. №. 7. С. 3300.
2. Rodrigues A. S. L. et al. Polymeric composites in extrusion-based additive manufacturing: a systematic review //Polymer Composites. 2024. Т. 45. №. 8. С. 6741-6770.
3. Debreceni A., Buri Z., Bodzás S. Linking Process Parameters, Structure, and Properties in Material Extrusion Additive Manufacturing of Polymers and Composites: A Review //Journal of Manufacturing and Materials Processing. 2025. Т. 9. №. 9. С. 286.
4. Sun X., Mazur M., Cheng C. T. A review of void reduction strategies in material extrusion-based additive manufacturing //Additive Manufacturing. 2023. Т. 67. С. 103463.
5. Maguire A. et al. Additive manufacturing of polymer-based structures by extrusion technologies //Oxford Open Materials Science. – 2021. Т. 1. №. 1. С. itaa004.
6. Wang Y. et al. Innovative polymer-based composite materials in additive manufacturing: a review of methods, materials, and applications //Polymer Composites. 2024. Т. 45. №. 17. С. 15389-15420.
7. Patel A., Taufik M. Extrusion-based technology in additive manufacturing: a comprehensive review //Arabian Journal for Science and Engineering. 2024. Т. 49. №. 2. С. 1309-1342.