

Применение 3D-печати для модернизации и восстановления технических устройств

Богаткин Максим Антонович

Приамурский государственный университет им. Шолом-Алейхема

Студент

Аннотация

3D-печать – предоставляет широкий спектр возможностей по восстановлению или усовершенствованию пластиковых деталей, шестерни, корпуса и многое другое. В рамках данной статьи описан процесс изготовления и нового корпуса для Bluetooth-ресивера. Описан процесс создания 3D-модели (в программе Fusion 360) и замены аккумуляторной батареи. Проведено сравнение с альтернативными вариантами ремонта. В результате проведенного исследования технология FDM 3D-печати показала наибольшую эффективность, как по экономическим, так и по временным затратам. В результате был изготовлен корпус устройства и произведена замена на аккумулятор на аккумулятор с большей емкостью.

Ключевые слова: FDM, моделирование, 3D-печать, компьютерные технологии, PLA.

Application of 3D printing for modernization and restoration of technical devices.

Bogatkin Maxim Antonovich

Sholom-Aleichem Priamursky State University

Student

Abstract

3D printing – provides a wide range of possibilities for the restoration or improvement of plastic parts, gears, housings and much more. This article describes the manufacturing process and a new case for a Bluetooth receiver. The process of creating a 3D model (in the Fusion 360 program) and replacing the battery is described. A comparison was made with alternative repair options (replacement of the battery with a suitable size, purchase of a new device). As a result of the conducted research, the FDM 3D printing technology has shown the greatest efficiency, both in terms of economic and time costs. As a result, the case of the device was manufactured and replaced with a battery with a battery with a larger capacity.

Key words: FDM, modeling, 3D printing, computer technology, PLA.

1. Введение

1.1 Актуальность исследования

В связи с ростом доступности технологии 3D-печати, встает вопрос её применения в быту. Например, даже не обладая навыками 3D-моделирования возможно печатать готовые изделия, которые в большом количестве представлены на различных форумах и сайтах. Однако, если эту технологию совместить с 3D-моделированием, даже на базовом уровне, открывается большой спектр возможностей по ремонту, восстановлению, и модернизации различного рода устройств: детские игрушки (включая возможность их изготовления), техника, корпуса, ручки, шестерни, ролики, элементы крепления и декора. А применение «эластомеров» (гибких пластиков, которые по своей структуре больше походят на резну) позволяет изготавливать чехлы, мягкие пластиковые модели, трубки, шланги и многое другое, где не подойдет стандартный жесткий пластик. Практически все изделия пластмассовой промышленности – возможно воссоздать при помощи FDM 3D-печати. Так же эта технология широко используется в сфере услуг, когда новая деталь для какого-либо устройства отсутствует в продаже, достаточно обратиться к технологии 3D-печати и получить прочную, качественную деталь в достаточно короткие сроки. В рамках данного исследования, использование этой технологии помогло сохранить работоспособность устройства и повысить его технические характеристики.

1.2 Обзор исследований

В статье А. А. Качурина дана классификация наиболее распространенных и перспективных технологий 3D печати, таких как: ламинирование; гранулирование; экструдирование; фотополимеризация. По каждой из технологий дается анализ областей применимости и обзор применяемых материалов. В рамках каждого класса выделена наиболее распространенная технология 3D печати и дано ее подробное описание [1]. Р.С. Мартынов рассматривает 3D-моделирование и 3D-печать, автор рассказывает об общие принципах 3D-моделирования и его применение в 3D-печати. В работе описан общие принципы и особенности технологии FDM 3D-печати [2]. А.А. Шкуро пишет о современном состоянии отрасли трехмерной печати, ее перспективах и направлениях развития. Описаны основные существующие технологии и методы трехмерной печати, пригодные для этих методов материалы. Представлено необходимое программное обеспечение процесса 3D-печати [3]. Т. Р. Mrofu и С. Mawere рассматривают рост популярности 3D-печати в производстве, авторы так же приводят примеры её применения в различных сферах промышленности [4].

1.3 Цель исследования

Целью исследования является восстановление работоспособности Bluetooth-ресивера Wireless Sport-OTE. Оценка экономической эффективности применения FDM 3D-печати для модернизации или ремонта технических устройств.

2. Методы исследования

Были применены эмпирические методы исследования, такие как: геометрические измерения объекта, метод расчёта расхода электроэнергии. Так же реверс-инжиниринг.

3. Результат

Bluetooth-ресивер Wireless Sport-OTE (Рисунок 1). Основной дефект – не заряжается, причиной дефекта является вышедший из строя аккумулятор.



Рисунок 1 – Bluetooth-ресивер Wireless Sport-OTE

Такой вывод можно сделать в результате измерения напряжения (Рисунок 2). Попытка «раскачать» Li-ion путем кратковременной подачи на него 5В постоянного тока результата не дало. Так же аккумулятор вздут, следовательно – подлежит замене (Рисунок 3). Однако, на аккумулятор отсутствуют его характеристики, и подобрать аккумулятор подходящего размера – не представляется возможным. Следовательно, единственный доступный вариант – это замена на аналогичный.

Был выбран аккумулятор из «одноразового» генерирующего высокодисперсный аэрозоль устройства, формата 17350, на 850 mAh и напряжение 3,7 V. Поскольку данный тип устройств, приобрёл широкую популярность, и, как правило, такие устройства не утилизируются должным образом, а попросту выбрасываются вместе с твердыми бытовыми отходами – выбор пал именно на него. Как «вторая жизнь» Li-ion аккумулятора.



Рисунок 2 – Значение напряжения на аккумуляторе



Рисунок 3 – Внешний дефект аккумулятора

Аккумулятор выбранного формата значительно выступает за пределы стандартного корпуса и необходимо спроектировать и воспроизвести на 3D-принтере модельного корпуса, который будет предусматривать установку аккумулятора.

Процесс создания 3D-модели состоит из несколько этапов:

1. Создание 3D-модели платы электроники.
2. Создание корпуса, создание крышки корпуса.

3. Экспорт файла в формате STL, для последующей подготовки его к печати.

На рисунке 4 представлена модель печатной платы с электронными компонентами, она послужит опорой для создания корпуса устройства и расположения в нем аккумуляторной батареи.

Замеры производились при помощи штангенциркуля.

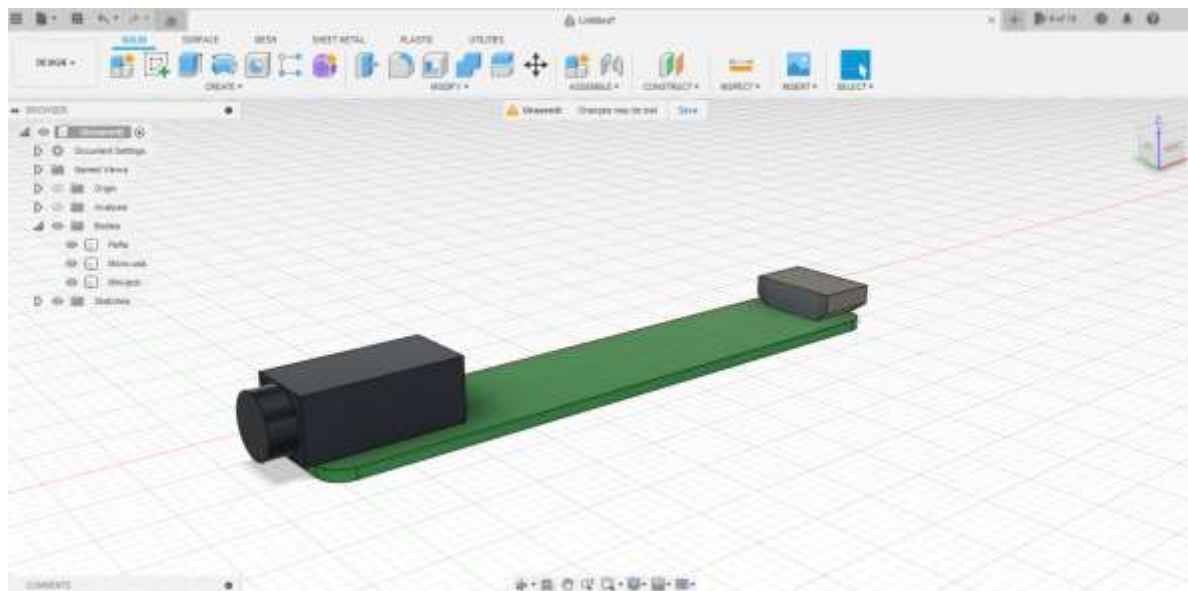


Рисунок 4 – Модель платы с учетом массивных компонентов

Далее необходимо создать сам корпус устройства. Он будет состоять из двух частей, который будут фиксироваться друг с другом винтами.

Данное соединение хорошо подходит для крепления пластиковых деталей не испытывающих нагрузок. Винт сам нарезает резьбу в пластике и надежно там фиксируется. Установка дополнительного крепежа не требуется.

На рисунке 5 – представлен прототип одной из частей корпуса (2), плата электроники (3) и аккумулятор (1).

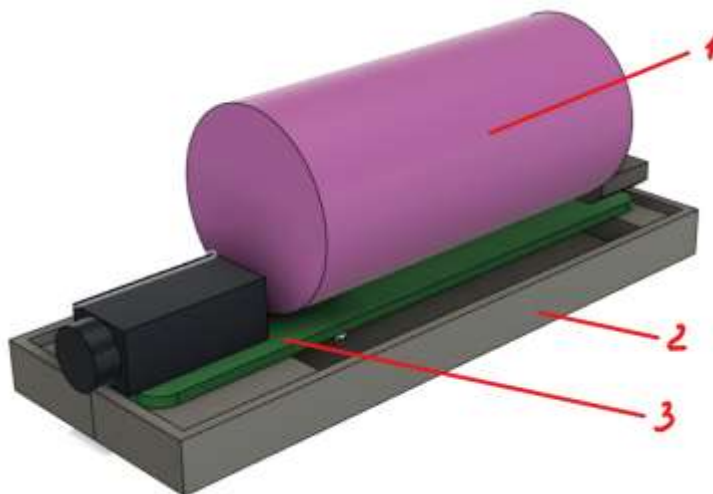


Рисунок 5 – Расположение внутренних элементов

На рисунке 6 представлено расположение компонентов внутри готового корпуса. Предусмотрены зазоры 0,2-0,5 мм, учитывающие усадку пластика и погрешности измерений. Рисунок 7 – общий вид, двух элементов корпуса, так же элементы будут располагаться на столе 3D-принтера.

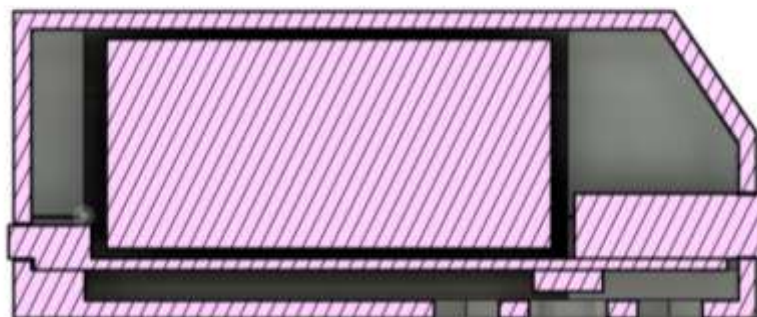


Рисунок 6 – Расположение внутренних компонентов устройства



Рисунок 7 – Общий вид деталей корпуса

Подбор параметров в программе слайсере (PrusaSlicer версии 2.5.2) основывается на габаритах модели и требуемом качестве. Оптимальными параметрами скорости в данном случае будут значения 30-50 мм/с. Коэффициент LinearAdvance был откалиброван для выбранного пластика (PLA) на значение 0,05 (Рисунок 8), параметр задан командой M900.

Стоит отметить, что все большее число производителей PLA пластика прибегают к использованию, в качестве сырья, отходы сельского хозяйства, а именно – кукурузу. Что положительно сказывается на экологичности материала.

Параметры скорости печати представлены на рисунке 9.



Рисунок 8 – Стартовый G-код

Скорость перемещения при печати

● Периметры:			40	мм/с
● Маленькие периметры:			30	мм/с или %
● Внешние периметры:		•	60%	мм/с или %
● Заполнение:		•	50	мм/с
● Сплошное заполнение:		•	40	мм/с или %
● Верхний сплошной слой:		•	25	мм/с или %
● Поддержка:		•	35	мм/с
● Связующий слой поддержки:		•	100%	мм/с или %
● Мосты:		•	10	мм/с
● Заполнение пробелов:		•	20	мм/с
● Разглаживание:		•	15	мм/с

Скорость перемещения без печати

● Скорость перемещение по XY:		•	130	мм/с
● Скорость перемещений по Z:		•	0	мм/с

Рисунок 9 – Параметры скорости печати

Так как модель имеет округлые грани, а также некоторые нависающие элементы, следует прибегнуть к использованию «поддержек» для сохранения геометрии.

Заполнение объемных участков, с целью повышения прочности и ввиду малых размеров детали: 100%.

Обработанная слайсером модель представлена на рисунке 10.

Рассчитанное программой время печати каждого элемента модели – рисунок 11.

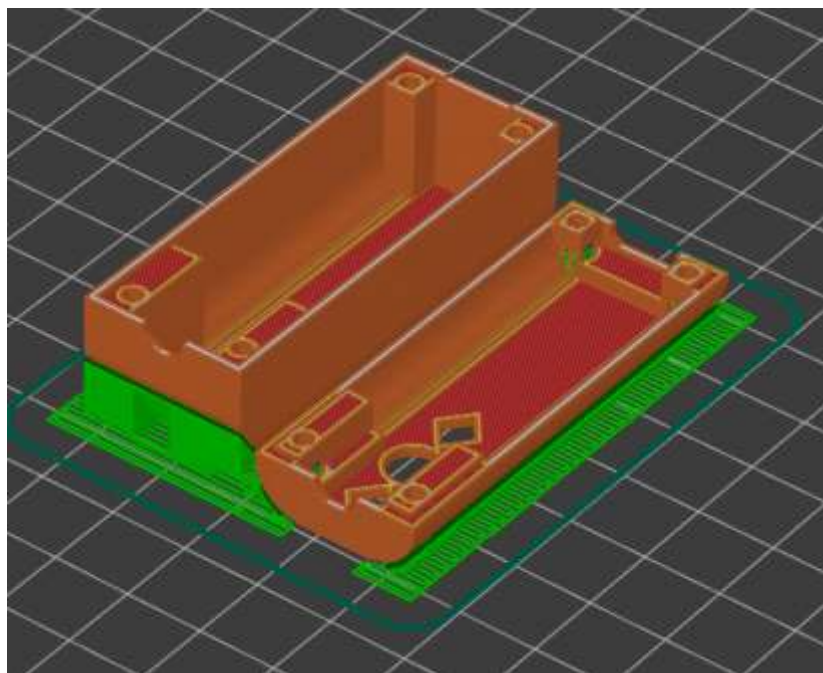


Рисунок 10 – «Нарезанная» на слои 3D-модель

Типы линий	Время	Процент	Использовано прутка		
Внутренний периметр	12m	12,6%	0,61 m	0,00 g	
Внешний периметр	26m	28,6%	1,08 m	0,00 g	
Нависающий периметр	1m	1,6%	0,04 m	0,00 g	
Заполнение	42s	0,8%	0,04 m	0,00 g	
Сплошное заполнение	24m	25,7%	1,27 m	0,00 g	
Верхний сплошной слой	4m	4,3%	0,17 m	0,00 g	
Мосты	3m	2,8%	0,08 m	0,00 g	
Заполнение пробелов	11m	11,8%	0,35 m	0,00 g	
Юбка/Кайма	23s	0,4%	0,02 m	0,00 g	
Поддержка	5m	5,6%	0,23 m	0,00 g	
Связующий слой поддержки	5m	5,2%	0,14 m	0,00 g	
Расчётное время печати [Нормальный режим]:					
Первый слой: 5m					
Общее: 1h33m					
Показать в тихом режиме					

Рисунок 11 – Расчетное время печати

Существуют так же альтернативные варианты: замена устройства на аналогичное; замен аккумулятора.

Стоимость ремонтируемого устройства на момент покупки составила 799.9 рублей. Устройство включает в себя декодер протокола SBC. Это базовый кодек передачи звука по беспроводному соединению Bluetooth. Качество звучания, как правило, зависит именно от механической части (динамиков/наушников), следовательно, все устройства данной конфигурации – похожи.

Стоимость процесса изготовления изделий с применением технологии 3D-печати складывается из двух факторов: стоимость затрат на электричество

и стоимость используемого пластика. Формула расчёта стоимости печати рассматриваемой детали будет выглядеть следующим образом:

$$a = P * t * \lambda + \rho * m =$$

$$= 0,105 \text{ kW} * 4,57 \text{ P/(kW * h)} * 1,993 \text{ h} + 1259 \text{ P/kg} * 0.012 \text{ kg} = 15.998 \text{ P},$$

где

a – конечная стоимость детали;

t – время печати, представленное в виде десятичного значения (рисунок 12);

P – потребляемая 3D-принтером мощность в процессе печати (рисунок 13).

λ – стоимость электричества в городе Биробиджан на момент написания данного исследования [7].

ρ – стоимость катушки пластика весом 1 кг.

m – масса готового изделия с учетом поддержек (рисунок 14).

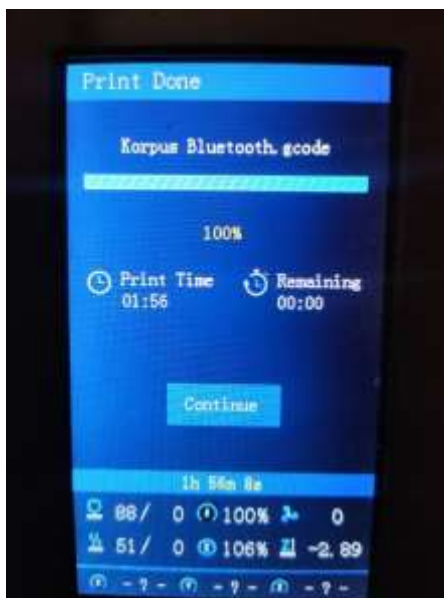


Рисунок 12 – Затраченное на процесс печати время (встроенный таймер 3D-принтера, параметр «Print Time»)



Рисунок 13 – Показания приборов учёта потребления электроэнергии во время процесса печати



Рисунок 14 – Масса готового изделия (с учетом поддержек)

В таблице 1 представлены результаты сравнения стоимости различных вариантов ремонта рассматриваемого устройства.

Таблица 1. Сравнение стоимости.

Приобретение аналогичного устройства (среднее значение)	Замена аккумулятора на оригинальный	FDM 3D-печать
1684.56 Р (выборка из 5 устройств на торговой площадке OZON)	Отсутствует в продаже	15,998 Р (Без учета стоимости оборудования)
Итог: Наиболее выгодный метод – 3D печать		

Готовое изделие представлено на рисунке 15, на рисунке 14 показан процесс сборки и расположение компонентов в корпусе.



Рисунок 14 – Собранное изделие



Рисунок 15 – Расположение элементов внутри корпуса

4. Выводы

Было выполнено восстановление работоспособности устройства, спроектирован и распечатан новый корпус для Bluetooth-ресивера. Проведено сравнение нескольких методов восстановления устройства. Также продемонстрирована экономическая целесообразность использования 3D-печати. Метод показал себя как достаточно быстрый доступный и экономичный. С помощью данной технологии можно не только восстанавливать технику и другие изделия, но проектировать различные устройства. В сочетании с ростом популярности и доступности технологии FDM 3D-печати метод показывает себя как эффективный.

Библиографический список

1. Лысыч М. Н., Шабанов М. Л., Качурин А. А. Обзор современных технологий 3d печати // Современные наукоемкие технологии. 2015. №.6. С. 26-30.
2. Мартынов Р. С., Головнина Н. В. 3D моделирование и 3D печать. Методы, технологии, инновации // Сборник научных статей V международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященной. №54. 2015. С. 190-193.
3. Шкуро, А. Е. Технологии и материалы 3D-печати: учеб. пособие. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2017. 100 с.
4. Mrofu T. P., Mawere C., Mukosera M. The impact and application of 3D printing technology // International Journal of Science and Research (IJSR). 2014. № 3. С. 5.
5. Д. Соркин Всё о 3D-печати // K3D URL: <https://k3d.tech/calibrations/la/> (дата обращения: 20.05.2023).

6. Levinskas L. Research of dimensional accuracy and surface quality dependency on printing speed of FDM 3D printed parts // Kauno technologijos universitetas. № 22. 2019. С. 53.
7. ДЭК Энергосбыт ЕАО Тарифы для населения: 2022-2023 г. (Еврейская АО) // DVEC URL: https://www.dvec.ru/eaosbyt/private_clients/tariffs/ (дата обращения: 11.06.2023)