

Управление образования, культуры и спорта рабочего поселка Кольцово

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение  
«Кольцовская школа № 5 с углубленным изучением английского языка»

Направление «Инженерно-технический проект»

ПРОЕКТ по теме:  
«Изготовление филамента для 3D принтера  
путем переработки пластика»

Автор проекта:

учащийся класса 9И

Чеканников Алексей Романович

Руководитель проекта:

Антонова Алиса Александровна,

учитель технологии

Кольцово, 2023

Тенденция развития промышленности и активное использование в повседневной жизни полимерных изделий порождает с каждым разом больше отходов. При этом большая часть отходов просто накапливаются и захоранивается, что ведет к отчуждению свободных территорий, ограничивает возможности для строительства жилых зданий, торговых и складских помещений и т. д. Полимеры практически не подвержены коррозии и гниению, предполагаемый срок их разложения составляет тысячи лет.

Объект исследования – системы обращения с бытовыми пластиковыми отходами.

Предмет исследования – эколого-экономические показатели эффективности утилизации бытовых пластиковых отходов при реализации оптимальных схем их переработки.

Научная новизна – разработка эколого-экономической оценки эффективности при переработке ПЭТ-пластика.

В качестве методов исследования использовался анализ и обобщение данных из специальной литературы, публикаций в периодических изданиях, учебных пособиях, а также проанализирован рынок вторичного сырья, методы переработки пластиков, государственная политика в области обращения с отходами.

Также использовались методы экономического анализа – сравнение, методы оценки экономической эффективности проектов, методы оценки экологической эффективности.

**Целью** данной работы является создание прототипа экструдера для изготовления филамента для 3D печати посредством применения современных цифровых технологий производства.

Для решения поставленной цели были сформулированы следующие **задачи**:

1. Проанализировать динамику накопления отходов в Российской Федерации.
2. Произвести оценку спроса и предложения на вторичные полимерные ресурсы на мировом и российском рынке.

3. Совместить и проанализировать основные принципы переработки твердых бытовых пластиковых отходов.
4. Проанализировать сложившуюся ситуацию с обращением пластиковых отходов на уровне региона.
5. Разработка собственной концепции экструдера, определение требуемых характеристик.
6. Обзор рынка и анализ существующих моделей.
7. Подбор и сборка необходимых электронных компонентов.
8. Разработка оригинальной и простой модели изделия.
9. Изготовление продукта.

Основой данного проекта является создание комплекса по переработке ПЭТ-тары с целью их утилизации, и снижение влияния отходов на окружающую среду.

**Ожидаемые результаты проекта:**

- Снижение уровня ущерба, наносимого окружающей среде выбросом отходов.
- Получение коммерческой выгоды.
- Снижение объемов необработанных твердых коммунальных отходов.
- Улучшение социальной среды путем создания рабочих мест.
- Извлечение прибыли от переработки ТКО.
- Изготовление полимеров, готовых к использованию для других предприятий.

Таким образом, проектируемое изделие должно удовлетворять следующим характеристикам:

1. Безопасность эксплуатации.
2. Габаритные размеры не более 300x300x300 мм.
3. Оснащение нагревательным элементом 24 V.
4. Наличие кнопки выключения.
5. Съёмная бобина для пластика.
6. Arduino управляющая плата.
7. Терморезистор
8. Привлекательный оригинальный дизайн.

Таблица 1. Примерный расчет полных затрат

Наименование материалов, инструментов и оборудования	Ед. измерения	Кол-во	Цена за ед. измерения, руб.	Цена, руб.	Условия использования
3D принтер	шт.	1	45 000	-	В наличии
Двигатель - Nema17	шт.	1	400	-	В наличии
Контроллер Arduino	шт.	1	2000	-	В наличии
Драйвер - A4899	шт.	1	500	500	Покупка
Дисплей - LCD 1602 (HD44780)	шт.	1	1000	-	В наличии
Пластик PLA	кг.	0,25	2 100	-	В наличии
Подшипники 625ZZ	шт.	2	150	300	Покупка
Термистор - 100K от 3D принтера	шт.	1	100	-	В наличии
Нагреватель - 12V*40BT от 3D принтера	шт.	1	300	-	В наличии
Блок нагревателя - E3D от 3D принтера	шт.	1	500	-	В наличии

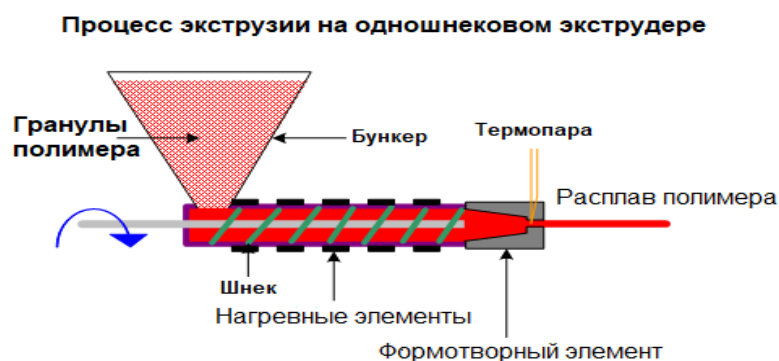
Сегодня большая часть российских городов, не отвечают эталонам чистоты, принятым в экономически развитых странах. Люди не приучены выбрасывать мусор в специально отведенные для этого места, оборудование мест сбора мусора не менялись многие десятилетия, нет культуры вторичной переработки бытовых отходов, технологии утилизации не соответствуют экологическим нормам. Все это вместе приучает граждан к неряшливости и расточительству. Люди, которые впервые начинают заниматься разделением отходов, сталкиваться с определенными неудобствами. Поэтому должна быть создана удобная инфраструктура и усиление социальной ответственности.

Вывод: у пластиковой бутылки должна быть вторая жизнь! Изготовление такого продукта посредством цифровых технологий позволяет перерабатывать пластик и использовать его повторно. Станок по протяжке ПЭТ-ленты, выполненный аддитивными технологиями, экологичен, безопасен и прослужит немало лет. При этом себестоимость изделия позволяет занять бюджетный сектор экономики, что означает отсутствия проблем с привлечением клиентов.

### Перспективы развития продукта проекта:

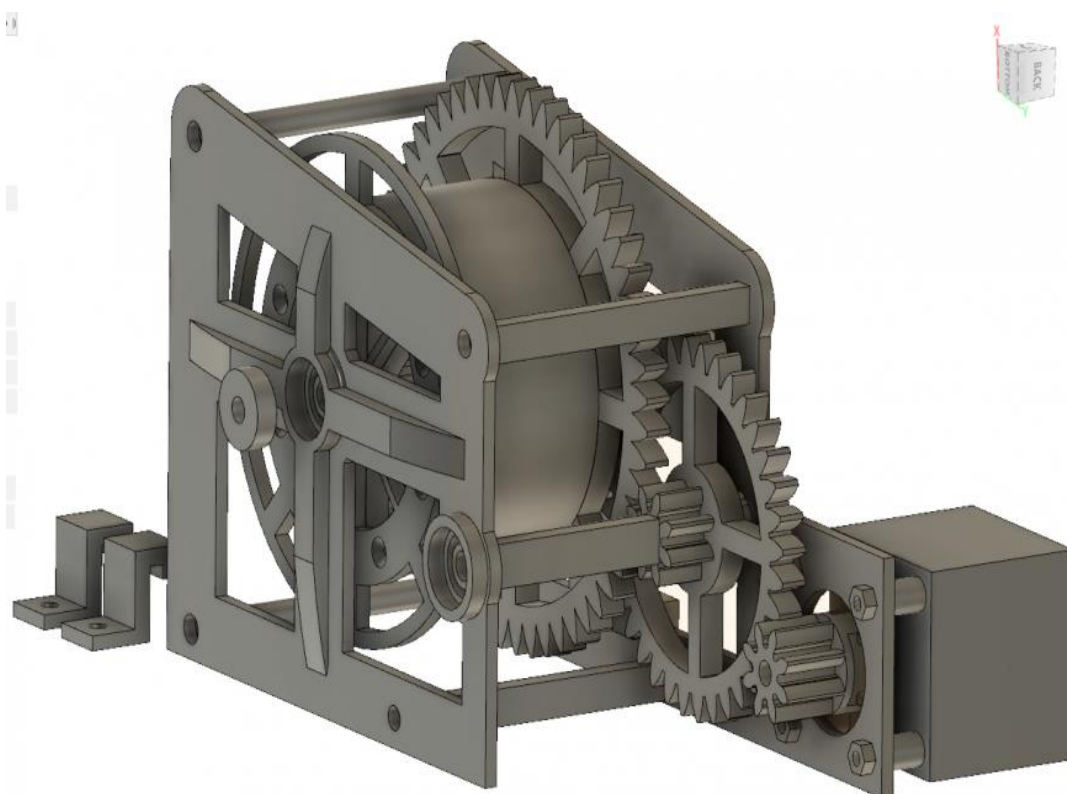
- Расширение линейки по переработке полимеров (ПП, ПЭВД, ПВХ.)
- Производство готовых изделий из полимеров (ПЭТ филомент, для печати на 3D принтере и т.д)

На данный момент проведены испытания и получен 1 прототип филамента также идет разработка другого концепта станка для производства филамента не путём протяжки ПЭТ-ленты через экструдер, а путем шнековой подачи пластиковой крошки. Даная крошка будет получена путем пропускания пластикового сырья через шредер. И подача данной крошки через шнек.



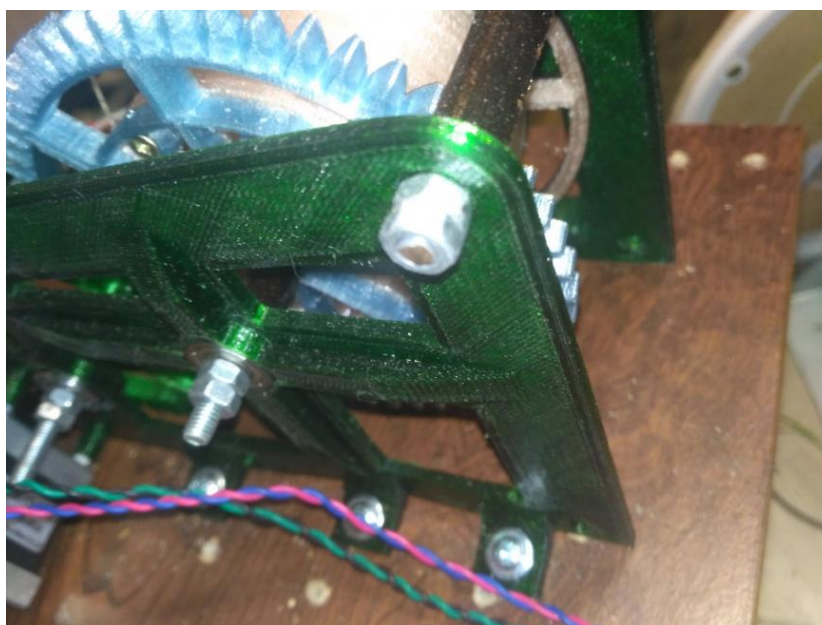
Уже получены гранулы полимера для переработки в новом экструдере.



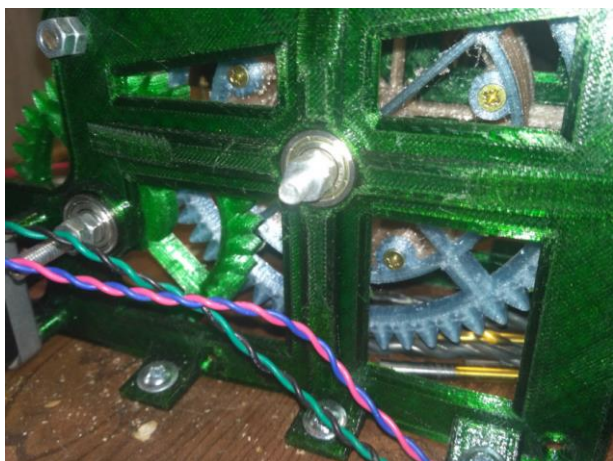


3D модель, подготовленная во Fusion 360 для печати

Для сборки станка понадобится длинная шпилька с резьбой из строительного магазина диаметром 5 мм. Её отрезками скрепляются две половинки станка, с установленными между ними шестернями.



Стенки станка распечатываются любым видом пластика. Шестерни из PET более подходят для работы нежели из ABS. Валы шестерен крепятся к корпусу через подшипники 625ZZ.



За сто рублей в Китае можно купить 10 штук. Если подшипников нет в наличии - можно временно распечатать из пластика втулки. Они включены в проект. Изготовленные из бутылочного PET - они работают достаточно хорошо и особенного износа (даже работая по резьбе шпилек) у них я не заметил.

### **Сопло экструдера**

В моем случае было использовано сопло, изготовленное из болта с диаметром резьбовой части – 5 мм.



Он был обрезан до общей длины ~ 10 мм. Затем в центре было просверлено отверстие диаметром 2мм. Такой диаметр слишком большой для производства филамента, поэтому для его уменьшения был использован шарик от шарикоподшипника. Несколько ударов молотка по шарикю, установленному на выходном отверстии экструдера - и его диаметр сужается до необходимых 1,7мм.

У меня также был опыт использования в качестве экструдера штатные сопла, устанавливаемые в принтер Anet A6. Но после нескольких неудачных попыток протяжки филамента - я отложил их до лучших времен.

### **Нагреватель**

Изготавливается путем высверливания конического отверстия в блоке Volcano с помощью перьевого сверла по кафелю, диаметром 8мм.



Высверливание продолжается до тех пор, пока кончик сверла не коснется латунной поверхности сопла. Контроль ведется визуально.

Для крепления блока нагревателя к рабочему столу станка - используется обычный металлический строительный уголок. В нем просверливаются пару отверстий под штатные винты, зажимающие керамический ТЭН.

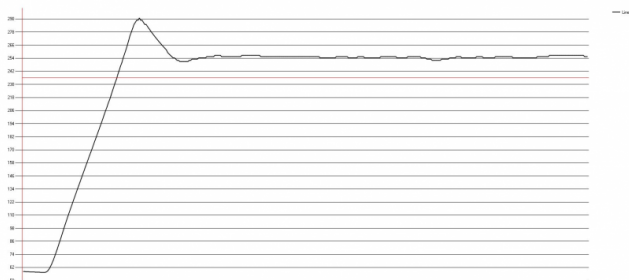




Никакой теплоизоляции не используется. PID регулятор контроллера держит температуру в заданных пределах очень точно, компенсируя теплотери. Ниже посекундный график, показывающий дрейф температуры в пределах нескольких разрядов АЦП на протяжении часа реальной работы станка.



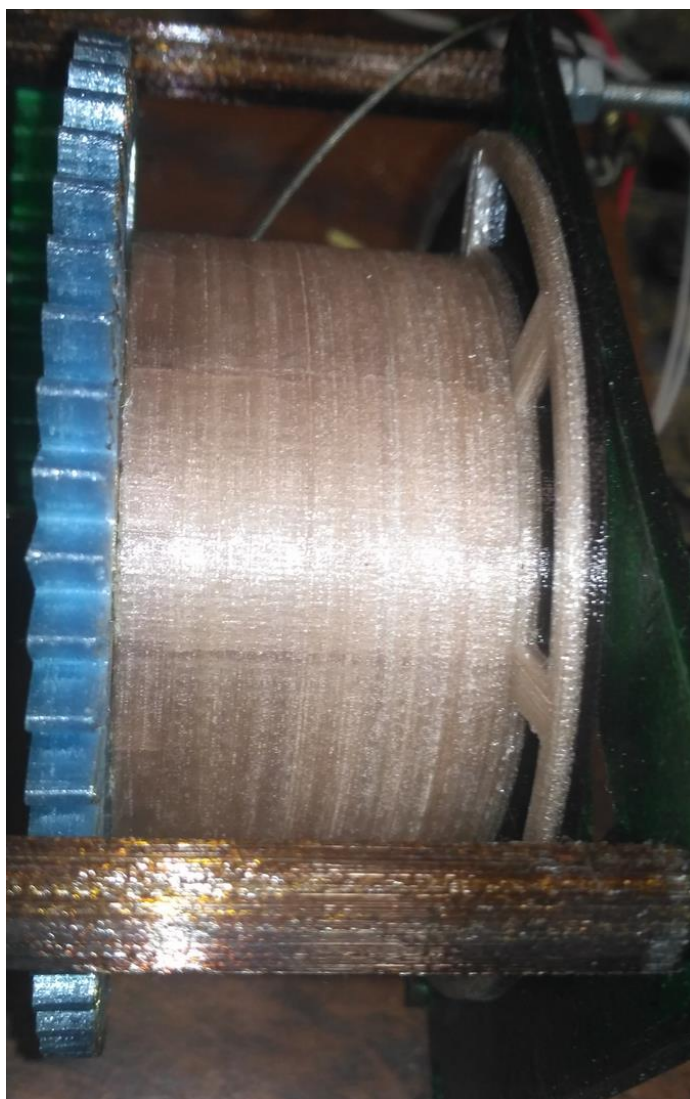
А вот так выглядит общая работа ПИД регулятора.



## Температура

Вопреки оригинальному видео Виталия - я выяснил что температура 250-260С избыточна для производства филамента. В помещении начинает нещадно вонять, как на промзоне Парнас в Питере. При 160 градусах протяжка проходит ровно точно так же, но пластик почти ничем не пахнет. Работоспособность станка сохраняется и при снижении температуры до 140С, но диаметр прутка начинает плавать. Видимо это не совсем подходящий режим волочения.

## Бобина для намотки филамента



Эта деталь состоит из трех составных частей.

Шестерня - передает крутящий момент на тело бобины. Ее зубья испытывают максимальные усилия при протяжке прутка. Ее желательно изготавливать из износостойкого пластика типа PET, PETG или нейлона. В результате протяжки сотни метров прутка одна плоскость зубьев шестерни из ABS примялась, но можно с уверенностью сказать, что полкилометра - километр она протянула бы. Шестерня из PET при том же пробеге не имеет видимых деформаций.

Тело бобины - деталь на которую наматывается прутки. Общая нагрузка - средняя. Можно печатать из любого типа пластика.

Крышка бобины - деталь, испытывающая нагрузки только когда к ней, подходит навиваемый прутки. Очередной виток пытается втиснуться между предыдущим и крышкой бобины. Тем самым пытается оторвать крышку от тела бобины.

Этому должны помешать восемь маленьких саморезов которыми крепится крышка к телу бобины. В первом прототипе было всего два самореза и их вырвало без особого труда. С восемью саморезами проблем не возникало. Печатать крышку можно любым типом пластика.

## Контроллер скорости протяжки и температуры

Изготовлен на основе платы Arduino. Схема простейшая, не имеет дефицитных деталей, простая для повторения.

Макетная плата выложена в репозитории. Хотя и полностью функциональная - пока не совсем готова для корпусирования.

Установки температуры и скорости протяжки запоминаются. Планируется дописать подсчет произведенных метров филамента. Оптимизировать режимы протяжки.

Работа контроллера очень стабильна. При сборке я специально не использовал фильтрующие конденсаторы по питанию. Несмотря на это плата управления ни разу не сбила. Если даже в таком режиме ничего не идет в разнос, то после установки емкостей по питанию - все будет совсем железобетонно.

В рабочем режиме звука двигателя почти не слышно.

Рассматриваются варианты рассылки готовых силовых плат, после доводки до финального состояния.

Для изготовления продукта был выбран 3D принтер с технологией печати FDM. При работе с данной технологией необходимо обращать особое внимание на точность, расслаивание и усадку, минимальную толщину стенки и длительность времени печати. Деломинация слоев и шероховатость поверхности изделия зависят не только от выбираемого материала, но и правильной настройки режима печати.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Для создания изделия применялось следующее программное обеспечение:

1. Пакет для создания трехмерных моделей Blender.
2. Система автоматизированного проектирования Autodesk Fusion 360.
3. Настройка печати проводилась в специализированном слайсере CuraEngine.

В ходе работы над станком потребовались следующие инструменты и оборудование:

1. Компьютер с установленным программным обеспечением.
2. 3D принтер закрытого типа с технологией FDM.

Были использованы следующие расходные материалы:

1. Двигатель - Nema 17
2. Контроллер - Arduino Nano V3
3. Драйвер - A4899
4. Дисплей - LCD 1602 (HD44780)
5. Термистор - 100К от 3D принтера
6. Нагреватель - 12V\*40BT от 3D принтера
7. Блок нагревателя - E3D от 3D принтера
8. Подшипники - 625ZZ

Сопло - 0,8мм диаметром для принтера  
Металлический уголок из строительного магазина

## Характеристики:

1. Энергопотребление - менее 40Вт\*ч
2. Скорость производства филамента ~ 10-20 см/мин
3. Диаметр прутка - 1,7мм<sup>2</sup>
4. Заполнение прутка ~ 60-80%
5. Рабочая температура ~ 160С

## ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

При производстве первичных ПЭТ-бутылок весом 1 кг в атмосферу выделяются следующие загрязняющие вещества, представленные в таблице Таблица 8 – Выбросы газов при первичном производстве ПЭТ-бутылок.

Загрязняющие вещества	Количество г/кг
CO <sub>2</sub>	2330
CO	18
SO <sub>x</sub>	25
NO <sub>x</sub>	20,2
HCs	40

При использовании и транспортировке готовых ПЭТ-бутылок, прошедших правильный технологический цикл производства, не происходит выбросов газа в процессе эксплуатации.