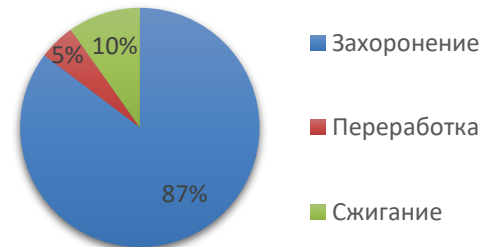


# АКТУАЛЬНОСТЬ И НОВИЗНА РАБОТЫ

## Актуальность

1. **Пластиковых отходов** каждый год образуется порядка **2.9 млн. т**, а **перерабатывается не более 12-15%** из них  
На 2021 год, по данным Росприроднадзора, в России образовалось 7 млрд. т отходов производства и потребления — на 10% меньше, чем годом ранее
2. Прогнозируется **кратный рост 3D-печати к 2030 году – до 13 раз.**



## Распространенность метода

Повторное использование пластика применяют порядка 5 компаний, производящих филамент\* для 3D-печати. Однако большую долю их производства составляет традиционный метод изготовления из первичных гранул

\* - Филамент это пластиковая нить, исходный материал для 3D-печати

# ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

## Цель

1. Снижение пагубного влияния на окружающую среду, переработка минимум 200 кг пластика в год в рамках пилотного проекта с перспективой переработки до 50% пластика
2. Внедрение элемента циркулярной экономики
3. Получение филамента с низкой стоимостью для изготовления изделий – снижение стоимости на 35%

## Задачи

1. Определение проблем переработки бутылок из ПЭТ (полиэтилентерефталата), отходов и разработка технологического процесса
2. Разработка стенда по переработке ПЭТ в филамент для 3D-печати
3. Проведение испытаний образцов, изготовленных методом 3D-печати
4. Разработка проекта установки получения филамента с полным циклом переработки



# АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ – 3D-ПЕЧАТЬ

**Аддитивные технологии (3D-печать)** – способ изготовления деталей, основанный на послойном добавлении материала.

## Ключевые преимущества:

1. Скорость изготовления деталей и прототипов: при 3D-печати нет длительного процесса подготовки производства
2. Значительно больший коэффициент использования материала
3. Отсутствие ограничений по сложности геометрии детали. Для 3D-печати меньше технологических ограничений в сравнении с литьём, механической обработкой и др. технологическими процессами

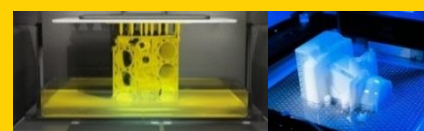


### 3D-печать пластиком

**FDM** - экструзия разогретой нити.  
Твердые и упругие пластики и композиты



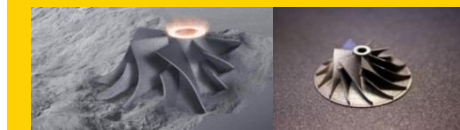
**SLS** – лазерное спекание  
Твердые и упругие полиамиды и композиты



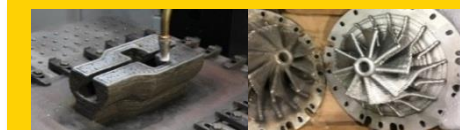
**SLA/DLP** - фотополимеризация смол.  
Твердые и упругие фотополимеры

### 3D-печать металлом

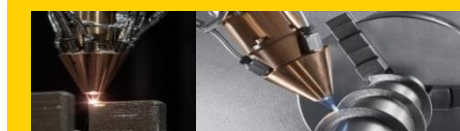
**SLM** – лазерное сплавление.  
Порошки титана, стали, алюминия  
Высокая точность и качество поверхности



**WAAM** – дуговая наплавка.  
Свариваемые металлы  
Низкая цена изделий  
Обязательна мех. обработка



**DED/DMD** – осаждение металлов.  
Свариваемые металлы (порошок)  
Низкая цена изделий  
Обязательна мех. обработка



# ПРОТОТИП УСТАНОВКИ



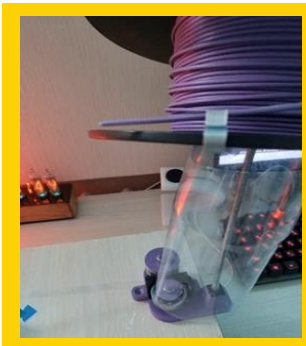
Один из вариантов установки по переработке бутылки

**Текущий статус:**

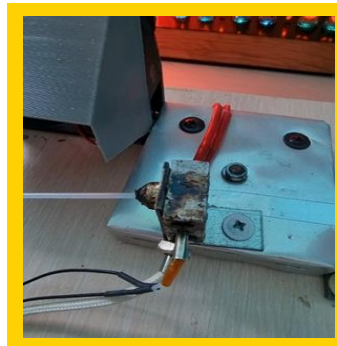
**Проработка прототипа.**

Технологический процесс, реализованный на прототипе:

1. Подготовка заготовки и нарезка заготовки на ленту
2. «Пуллструзия» – сворачивание ленты в нить для печати
3. Намотка нити на катушку



Блок нарезки  
бутылок на ленты  
заданной ширины



Блок пропуска ленты  
через сопло,  
нужного диаметра



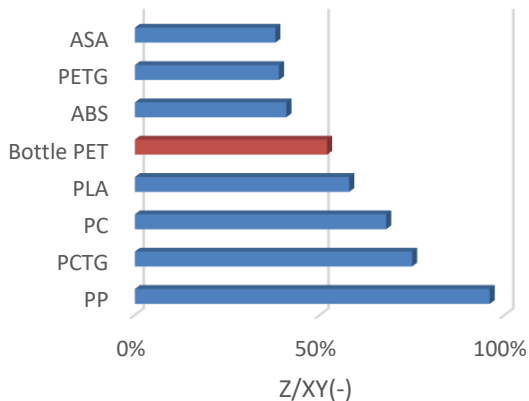
Блок намотки  
готового прутка  
на катушку

1. Определена рабочая температура протягивания - 200-220 градусов
2. Определена подача для получения качественного прутка 1 метр прутка в 7 минут.
3. Определен дефект прутка, полученный методом пуллструзии – полость при заворачивании ленты

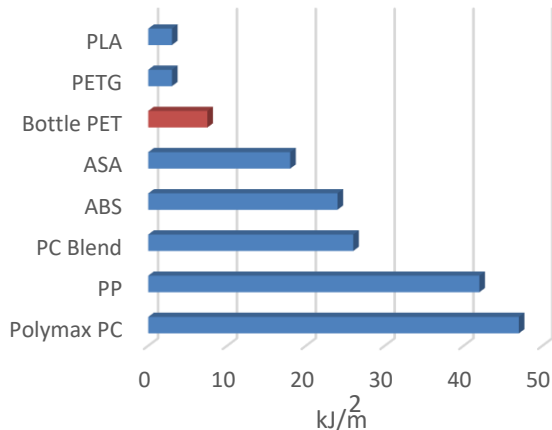
\*Пуллструзия – (от англ. Pullstruder) метод протягивания ленты в филамент для 3д печати

# ИСПЫТАНИЯ НА ПРОЧНОСТЬ

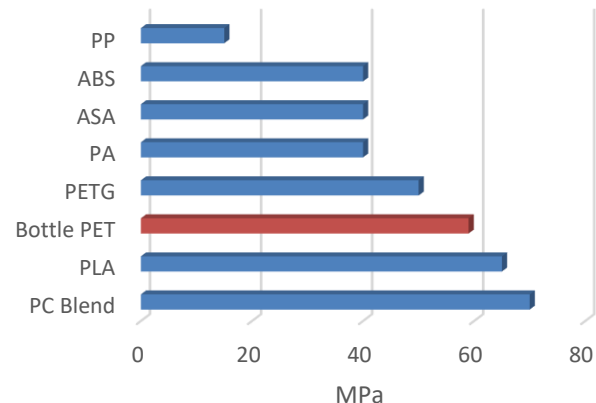
## Соотношение прочности слоев



## Ударная вязкость



## Предел прочности при растяжении



При 3D-печати образцов был введен коэффициент переэкструзии, позволяющий компенсировать дефект прутка, равный  $\approx 1,45$

### Вывод по испытаниям:

Вторичный ПЭТ (Bottle PET), полученный из бутылок, не уступает по прочности ПЭТГ (PETG), а также другим пластификаторам из первичных гранул для 3D-печати. Однако, модификация ПЭТГ (PETG) Гликолом может улучшить технологические параметры, но в то же время ухудшить его прочностные характеристики.

# ПРОБЛЕМА



Дефект в виде полости



Эталонный результат



## Решение проблемы:

Реализация полного цикла переработки со следующими этапами:

1. Мойка и обезжиривание отходов
2. Сортировка по типам пластика
3. Измельчение и смешивание
4. Переплавка и экструдирование\* в филамент

\*Экструзия – (от англ. Extrude) продавливание материала через матрицу заданного сечения

## Вывод:

1. **Переработанный пластик демонстрирует значительный потенциал для использования в 3D-печати и обладает рядом преимуществ – его использование улучшает экологию, а также понижает стоимость сырья**
2. **Использование аддитивных технологий в целом обладает потенциалом с точки зрения средства быстрого прототипирования и изготовления деталей. 3D-печать может являться полноценным звеном между переработкой отходов и производством новых изделий**