



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт химии и инженерной экологии

---

Кафедра «Рациональное природопользование и ресурсосбережение»

УТВЕРЖДАЮ  
Завкафедрой «РПиР»  
\_\_\_\_\_  
(подпись) М.В. Кравцова  
(И.О. Фамилия)  
«26» января 2017г.

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение бакалаврской работы**

Студент: Продан Анастасия Викторовна

1. Тема: Разработка технологических решений переработки и вторичного использования ПЭТФ отходов
2. Срок сдачи студентом законченной бакалаврской работы 14.06.2017г.
3. Исходные данные к бакалаврской работе:
  - 3.1 Технология переработки ПЭТФ бутылок.
4. Содержание бакалаврской работы:
  - 4.1. Теоретический анализ проблемы образования ПЭТФ отходов и их воздействия на окружающую среду.
  - 4.2. Сравнительный анализ существующих методов, способов и технологий переработки ПЭТФ отходов.
  - 4.3. Разработка технологического модуля по переработке ПЭТФ отходов.
  - 4.4. Экологоэкономический расчёт эффективности модуля по переработки ПЭТФ отходов.
5. Дата выдачи задания «26» января 2017г.

Руководитель бакалаврской работы

\_\_\_\_\_  
(подпись)

В. В Заболотских

\_\_\_\_\_  
(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

\_\_\_\_\_  
(подпись)

А. В. Продан

\_\_\_\_\_  
(И.О. Фамилия)

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт химии и инженерной экологии

Кафедра «Рациональное природопользование и ресурсосбережение»

УТВЕРЖДАЮ  
Завкафедрой «РПиР»  
\_\_\_\_\_  
(подпись) М.В. Кравцова  
(И.О. Фамилия)  
«26» января 2017г.

**КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН  
выполнения бакалаврской работы**

Студента: Продан Анастасия Викторовна  
по теме: Разработка технологических решений переработки и вторичного  
использования ПЭТФ отходов

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Заключение	Подпись руководителя
Введение	15.05.2017	13.05.2017	выполнено	
Теоретический анализ проблемы образования ПЭТФ отходов и их воздействия на окружающую среду.	17.05.2017	15.05.2017	выполнено	
Сравнительный анализ существующих методов, способов и технологий переработки ПЭТФ отходов.	20.05.2017	18.05.2017	выполнено	
Разработка технологического модуля по переработке ПЭТФ отходов.	24.05.2017	22.05.2017	выполнено	
Экологоэкономический расчёт эффективности модуля по переработки ПЭТФ отходов.	02.06.2017	01.06.2017	выполнено	

Заключение.	04.06.2017	02.06.2017	выполнено	
-------------	------------	------------	-----------	--

Руководитель бакалаврской  
работы

В.В. Заболотских

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

А.В. Продан

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(И.О. Фамилия)

## АННОТАЦИЯ

**Бакалаврскую работу выполнила:** Продан А.В.

**Тема бакалаврской работы:** Разработка технологических решений переработки и вторичного использования ПЭТФ отходов.

**Научный руководитель:** Заболотских В.В.

**Цель работы:** снижение антропогенного воздействия ПЭТФ отходов на окружающую среду на основе разработки мобильного технологического модуля их переработки.

Тема представленной бакалаврской работы «Разработка технологических решений переработки и вторичного использования ПЭТФ отходов». Общий объём работы 61 страниц. В работе представлено 20 рисунка и 7 таблицы. Использовано 62 библиографических источников.

Основная задача бакалаврской работы разработка технологического модуля вторичной переработки ПЭТФ отходов, предназначенного для размещения в небольших населённых пунктах.

Выпускная бакалаврская работа состоит из трёх глав.

Первая часть «Теоретический анализ образования ПЭТФ отходов и их воздействие на окружающую среду», в которой содержится информация о статистике образования пластикового мусора и обзор основных методов его утилизации.

В второй части «Разработка технологических решений вторичной переработки ПЭТФ бутылок на примере предприятия ООО «ПОВТОР»» представлена разработка технологической схемы повторной переработки пластиковых емкостей, на основе полученных данных.

В третьей части «Разработка технологического модуля по вторичной переработке ПЭТФ отходов приведены сведения о разработанной установке, подробное описание оборудования и экономические расчёты.

## ABSTRACT

The title of the graduation work is «Technological Solutions Plastic Waste Reuse and Recycling»

The work consists of introduction, 3 sections, conclusion, a list of 62 references, including 7 tables, 20 figures.

The object of the study is OOO «POVTOR».

The aim of the work is to give some information about reduction of environmental pollution plastic waste based on the technology reuse and recycling on plastic bottles.

We discuss the existing problems and methods waste recovery. We examine experimental studies of the production different countries. Finally, we have developed a mobile ore processing plant specialized in processing plastic containers carried out equipment selection. We have made the calculations to determine the efficiency of production

The obtained in the production flex can be used as raw material for fiber, granules, bottles or films

The results suggest that developed automated system for the processing of plastic bottles can solve the problem of recycling of quickly accumulating plastic containers in small areas, leisure zones and waste treatment company, as a module, increasing the capacity of production of secondary materials. This will reduce the negative impact of not biodegradable PETF waste on the environment.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	9
1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОБРАЗОВАНИЯ ПЭТФ ОТХОДОВ И ИХ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ.....	11
1.1 Получение полиэтилентерефталата как сырья для производства ПЭТФ бутылок .....	12
1.2 Сравнительный анализ методов утилизации ПЭТФ отходов .....	14
1.2.1 Пиролиз, как способ утилизации ПЭТФ отходов .....	14
1.2.2 Вторичная переработка, как способ утилизации ПЭТФ отходов.....	16
1.2.3 Химическая рециркуляция, как способ утилизации ПЭТФ отходов..	18
1.3 Сжигание ПЭТФ отходов.....	19
1.4 Захоронение ПЭТФ отходов.....	19
1.5 Кустарное производство .....	20
2. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ВТОРИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ПЭТФ ОТХОДОВ НА ПРИМЕРЕ ПРЕДПРИЯТИЯ ООО «ПОВТОР» .....	22
2.1 Особенности существующей технологии вторичной переработки ПЭТФ бутылок на предприятии ООО «Повтор».....	22
2.2 Патентный поиск технологий по переработке ПЭТФ отходов .....	24
2.3 Разработка технологической схемы переработки и вторичного использования ПЭТФ отходов .....	32
2.3.1. Устройство грануляционной линии.....	32
2.3.2 Устройство аппарата для сушки.....	37
2.4 Проектирование технологической схемы производства.....	38
3. РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ПЭТФ ОТХОДОВ.....	42
3.1 Производительная мощность оборудования .....	42
3.2 Расчёт и подбор вспомогательного оборудования .....	44
3.2.1 Сушилка DRYPLAST DP400.....	45

3.2.2 Вибросито KDS6002.....	46
3.2.3 Промывной аппарат AGRO.....	47
3.2.4 Гидроциклон Henghong FX100.....	49
3.3 Энергозатраты .....	49
3.4 Экономические расчёты .....	50
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	55
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	56



## ВВЕДЕНИЕ

Отходы ПЭТФ бутылок из полиэтилентерефталата (ПЭТ, ПЭТФ) являются в настоящее время серьёзной экологической проблемой цивилизованного человечества. С каждым годом число предприятий, использующих в качестве тары под свою продукцию ПЭТФ бутылки увеличивается. Вместе с этим увеличивается и уровень загрязнения окружающей среды. По подсчетам экспертов даже в малонаселенных городах (7000010000 человек) в отходы поступает около 30 тонн ПЭТ тары в месяц. Время распада пластиковой бутылки занимает 200 лет, поэтому в Европе и в России большое внимание уделяется переработке пластика [20].

По данным ученых от загрязнения окружающей среды пластиковыми отходами в мире гибнет порядка одного миллиона морских птиц и более чем ста тысяч морских и пресноводных млекопитающих в год, причем по статистике на каждый квадратный километр мирового океана приходится двадцать пять элементов пластикового хлама [23].

Для решения этой проблемы необходимы новые подходы к их эффективной переработке. В настоящее время существуют несколько способов утилизации ПЭТФ отходов. Самым экологически безопасным и экономически выгодным является вторичная переработка ПЭТФ отходов. В этой связи актуальным является поиск новых технологических решений переработки ПЭТФ отходов.

Особенно такие технологии необходимы для совершенствования процесса переработки ПЭТФ отходов на существующих мусороперерабатывающих предприятиях. Такие предприятия используют для переработки загрязнённые смешанным сбором ПЭТФ отходы, что требует дополнительных энергетических и экономических затрат на их переработку и предварительную промывку. Поиск более оптимальных и экономичных способов переработки ПЭТФ отходов на мусороперерабатывающем предприятии может привести к очень выгодным и

экологичным для предприятия и окружающей среды решениям. Этому и посвящена данная бакалаврская работа.

**Цель работы:** снижение антропогенного воздействия ПЭТФ отходов на окружающую среду на основе разработки мобильного технологического модуля их переработки.

**Задачи:**

1. Провести теоретический анализ проблемы образования ПЭТФ отходов и их воздействие на окружающую среду.
2. Провести сравнительный анализ существующих методов и способов переработки ПЭТФ отходов.
3. Разработать технологические решения по вторичной переработке ПЭТФ отходов на примере ООО «ПОВТОР».
4. Разработать мобильный технологический комплекс по переработке ПЭТФ отходов для малых населённых пунктов и увеличения мощности мусороперерабатывающих предприятий и рассчитать его экономическую эффективность.

## **1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОБРАЗОВАНИЯ ПЭТФ ОТХОДОВ И ИХ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

Число предприятий, использующих в качестве тары под свою продукцию ПЭТФ бутылки, с каждым годом увеличивается и как следствие этого возрастает уровень загрязнения окружающей среды токсичными отходами. Вместе с другими антропогенными факторами это ведет к масштабной экологической катастрофе. Если не принять определённые меры, человечество вскоре столкнётся с проблемой массовой гибели представителей водной фауны [33].

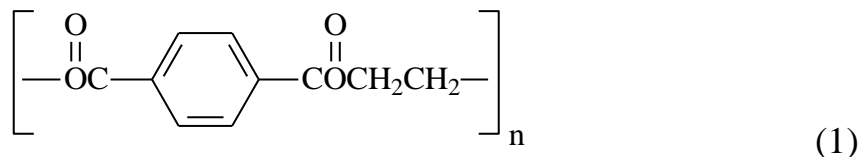
Разработано немало программ по борьбе с загрязнением окружающей среды и практически в каждой из них одним из первых пунктов является требование о сокращении уровня использования пластиковой продукции. Для этого нужно уменьшить использование пластика в виде тары, пластиковой посуды и упаковок, и запретить вывоз отходов на прибрежные участки планеты, которые зачастую используются в качестве свалки [1].

По подсчётам экологов, в Австралии с начала 2000х годов масса пластиковых отходов составила около четырнадцати с половиной миллионов тонн. Данная территория полностью окружена океаном, можно предположить, что большая часть этих выбросов отказалась в водной среде. Причем хочется отметить, что сама Австралия потребляет (производит для внутреннего рынка) порядка полутора миллионов тонн пластика в год, но при этом эта цифра не является корректной, так как в данные цифры не включен пластик, который импортируется и завозится туристами. И из этого полутора миллионного пластикового хлама лишь тридцать пять процентов идет на переработку как вторичное сырье для повторного использования [17].

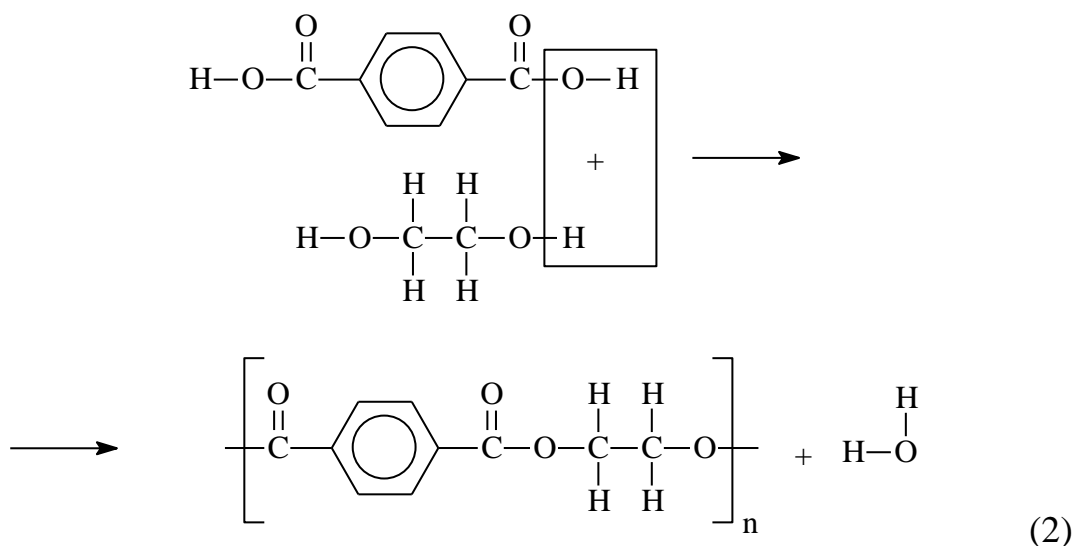
Ученые утверждают, что вред от токсичных выделений пластиковых отходов по своим масштабам сравним с такими экологическими проблемами, как аварии на нефтяных скважинах в океане и захоронениями радиоактивных отходов.

## 1.1 Получение полиэтилентерефталата как сырья для производства ПЭТФ бутылок

Основным сырьем для производства ПЭТФбутылок служит полиэтилентерефталат (ПЭТ, ПЭТФ). Его химическая формула (1):



Полиэтилентерефталат (полиэтиленгликольтерефталат, ПЭТФ, ПЭТ, лавсан, майлар)— термопластик, наиболее распространённый представитель класса полиэфиров, известен под разными фирменными названиями. Твёрдое, бесцветное, прозрачное вещество в аморфном состоянии и белое, непрозрачное в кристаллическом состоянии. Переходит в прозрачное состояние при нагреве до температуры стеклования и остаётся в нём при резком охлаждении. Полиэтилентерефталат образуется при поликонденсации этиленгликоля с терефталевой кислотой (или её диметилowym эфиром) (2):



Впервые его получили в 1941 году работниками компании "British Calico Printers". До середины 60х годов это вещество использовалось только для производства текстиля. Первая ПЭТбутылка была произведена специалистами "DuPont" в начале 70х годов (их целью было создать тару для

хранения напитков, которая могла бы конкурировать со стеклянной продукцией). В скором времени пластиковые бутылки обрели немалую популярность на мировом рынке [38].

Физические свойства:

плотность — 1,38—1,4 г/см<sup>3</sup>;

температура размягчения (t разм.) — 245 °С;

температура плавления (t пл.) — 260 °С;

температура стеклования (t ст.) — 70 °;

температура разложения — 350 °С [21].

Физические свойства ПЭТФ делают его идеальным материалом для использования при изготовлении упаковки (бутылок), пленок, волокон конструкционных элементов.

Не растворим в воде и органических растворителях. Неустойчив к кетонам, сильным кислотам и щелочам.

Важным параметром ПЭТФ является присущая вязкость, которая определяется длиной молекулы полимера. С увеличением параметра присущей вязкости скорость кристаллизации снижается. Полиэтилентерефталат обладает такими качествами как: прочность, износостойкость. ПЭТФ является хорошим диэлектриком [29].

Итак, какие качества позволили ПЭТ сместить стеклянный аналог? Наиболее существенным преимуществом, на мой взгляд, является небольшой вес пластиковой тары по сравнению со стеклянной емкостью. Если мы сравним массы таких бутылок объемом в поллитра получим разницу примерно в 322 грамма. Поверхность ПЭТФ гладкая и прозрачная, поддается окрашиванию, что делает основной продукт более привлекательным для покупателя. Говоря о достоинствах нельзя не упомянуть об исключении возможности битья бутылок при транспортировке. Как и стеклянная продукция, пластиковые бутылки поддаются вторичной переработке [39].

К недостаткам относятся низкие барьерные свойства. Поверхность бутылки легко пропускает ультрафиолетовые лучи и кислород, а наружу

углекислоту. Это связано с тем, что небольшие молекулы газа легко проходят через высокомолекулярную структуру полиэтилентерефталата. Срок хранения газированных напитков в ПЭТФ таре разный, чаще всего он зависит вида продукции и в каком регионе был произведен розлив [22].

Пластиковая тара относится к категории промышленных товаров т. е. применяется в производстве других (промышленных) товаров. Основная часть ее применения приходится на пищевую отрасль (слабоалкогольные напитки, молочная продукция, подсолнечное масло и др.) и бытовую химию (чистящие средства, машинное масло и др.). Также пластиковые бутылки используются в косметической промышленности (шампунь, жидкое мыло, пена для ванны и прочее), и медицине. Промышленные товары зависят от рынка конечной продукции. Производство ПЭТФ бутылок возрастает в летний период, т.е. имеет сезонный характер [28].

## **1.2 Сравнительный анализ методов утилизации ПЭТФ отходов**

Согласно постановлению Правительства РФ от 12.11.2016 № 1156 «Об обращении с твердыми коммунальными отходами и внесении изменения в постановление Правительства РФ от 25 августа 2008 № 641», при выборе технологий обработки, утилизации, обезвреживания твердых коммунальных отходов приоритетными являются технологии, обеспечивающие получение конечного продукта, доступного для применения в других технологических процессах в качестве исходного сырья или добавки к основному сырью [63].

На основе этого постановления можно выделить несколько приоритетных способов переработки ПЭТФ отходов.

### **1.2.1 Пиролиз, как способ утилизации ПЭТФ отходов**

Пиролиз процесс термического разложения материалов при температурах 500-900 градусов Цельсия при отсутствии кислорода. Основным продуктом пиролиза ПЭТФ отходов является уголь. Карбонизированный продукт подвергается обработке водяным паром при высоких температурах,

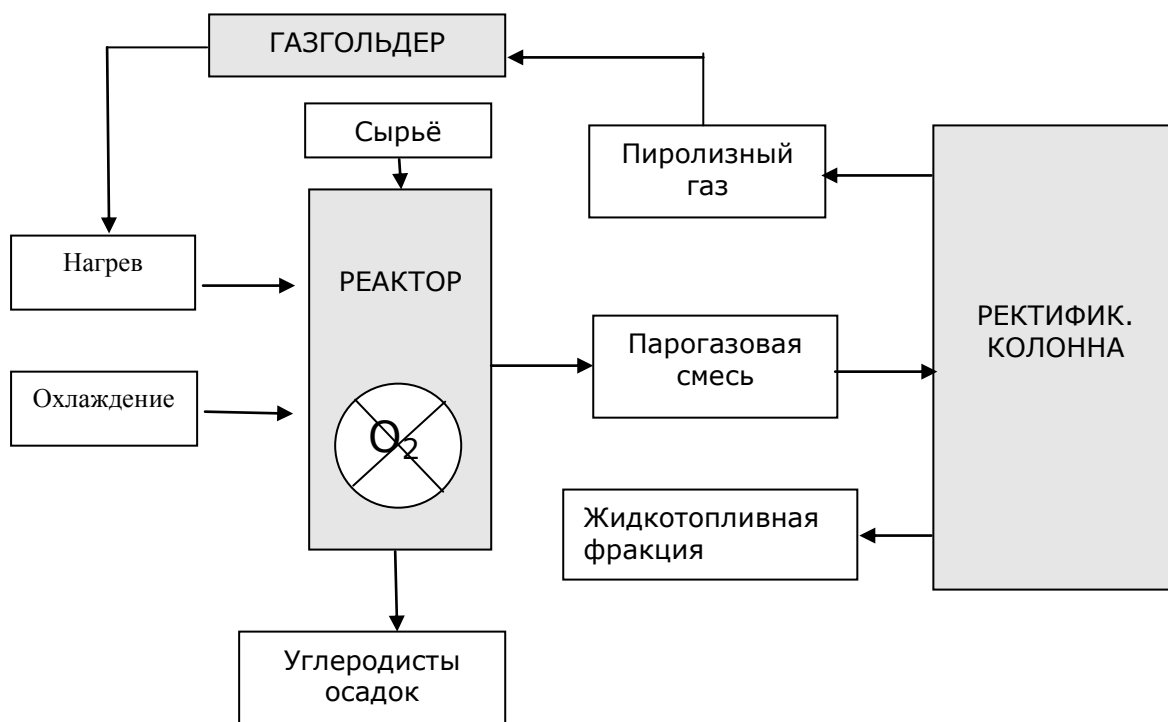
становится пористым и может использоваться в качестве адсорбента. В Великобритании пиролиз ПЭТФ производят при температуре в 550°, а полученный продукт применяют в качестве топлива [31].

Основные составляющие установки пиролиза (рис. 1):

реактор;

ректификационная колонна;

газгольдер.



**Рисунок 1** Круговорот полимера в камере пиролиза [26]

Сырьё загружают в реактор и подвергают нагреву. Происходит разрыв молекулярных связей с выделением газа. Выделавшийся газ отходит к ректификационной колонне и переходит в жидкое состояние. Пары, для конденсации которых требуются более высокие температуры, по отводным трубкам переходят в резервуар водяного затвора [30].

Продуктом является синтетическая нефть, которая используются как топливо или сырьё в нефтехимической промышленности.

### **1.2.2 Вторичная переработка, как способ утилизации ПЭТФ ОТХОДОВ**

Вторичная переработка это способ промышленной переработки, сущность которого заключается в получении из пластиковой тары ПЭТФ хлопьев, химических волокон или гранул. Это достаточно трудоемкий и энергозатратный процесс, включающий в себя такие обязательные стадии как сортировка, очищение, промывка, термическую обработку, гранулирование и сушку. Ещё к минусам можно отнести объёмность сырья. Из вторично переработанного ПЭТФ производят черепицу, ковровое покрытие для салонов автомобилей, тротуарную плитку, волокна для текстильной промышленности [9].

В России перерабатывающая отрасль только начинает свое развитие, и на сегодняшний день перерабатывается только 68% пластиковой тары.

Самым оптимальным вариантом утилизации пластиковой тары является её вторичная переработка. При использовании этого метода решается ряд экологических и экономических проблем. К сожалению, в нашей стране эта отрасль менее развита по сравнению со странами Европы, в которых перерабатывается около 80 % пластиковой тары.

Одним из главных отличий является то, что за рубежом большая часть переработанного ПЭТФ идет на создание синтетических волокон, а в России на сознание бутылок, пленок и флекса.

При вторичной переработке ПЭТФ тара не подвергается пластификации. Сырье отсортировывается, измельчается, очищается, а дальше проходит на агломерацию и гранулировку. Конечным важнейшим этапом является сушка. Сушка при повышенных температурах может существенно изменить молекулярную массу полимера. Недостаточная сушка снижает качество вторичного материала. Для повторного производства исходной продукции подходит только ПЭТФ одобренный по всем технологическим требованиям.

Ещё одна проблема заключается в возможном присутствии в сырье полихлорвинила. При нагревании ПВХ разлагается с выделением соляной кислоты, которая вызывает деструкцию полимера. По этой причине



необходимо максимально снизить содержание полихлорвинила в составе ПЭТФ [19].

Вторичный ПЭТ подходит для изготовления емкостей, используемых в бытовой химии, применяется при производстве трехслойной аморфной пленки и трехслойных бутылок. Немаловажной областью применения повторно переработанных пластиковых ёмкостей является производство синтетических волокон. Чаще всего такие волокна используют в качестве уплотнителя для верхней одежды или плисовой фактуры. Второволокно перерабатывается в текстиль, окрашивается и применяется в производстве одежды или ковровых покрытий. ПЭТ волокно обладает физическими свойствами, подходящими для изготовления ряда продуктов (синтепон, шумоизолирующие материалы, фильтрующие и абсорбирующие элементы, обшивочные материалы и т. Д.) [24].

В последнее время переработанный ПЭТ все чаще используют для изготовления щетины (волокно большой толщины). Продукция идет на изготовление щёток хозяйственного и промышленного назначения. Даная ветвь перерабатывающей промышленности имеет большой экономический потенциал [8].

Набирает популярность производство тротуарной плитки из флекса. Данный строительный материал отличается устойчивостью к перепадам температур, прочностью сравнимой с бетонной плиткой, влагостойкостью и сравнительно невысокой стоимостью. В его состав входят 80% песка, 1% красителей и 1920% ПЭТФ хлопьев, механические свойства которого позволяют изготавливать плиты различного цвета, размера и орнамента (рис. 2).



**Рисунок 2 Тротуарная плитка из флекса [54]**

При изготовлении такого материала пластик не требует сортировки и предварительной очистки. Его технология производства проста: пластиковую тару измельчают в экструдере, далее нагретую смесь помещают в плавильный аппарат, добавляют красители и песок. Получившуюся вязкую массу заливают в формы и помещают под пресс [25].

### **1.2.3 Химическая рециркуляция, как способ утилизации ПЭТФ отходов**

Химическая рециркуляция один из наиболее экологически безопасных способов переработки полиэтилентерефталата. Он основан на процессе деполимеризации пластиковых отходов до этиленгликоля и терефтановой кислоты, а эти продукты снова поступают на синтез ПЭТФ. К этому же способу можно отнести метод получения насыщенной полиэфирной смолы. Для этого ПЭТ сырье проходит процесс гликолиза и поликонденсации с добавлением насыщенных многоосновных кислот. Продукты деполимеризации нашли широкое применение в химической промышленности [4].

Рециркуляция требует дорогостоящего оборудования, больших затрат на электроэнергию и тепловую энергию необходимой для обеспечения цикла горячей промывки.

### **1.3 Сжигание ПЭТФ отходов**

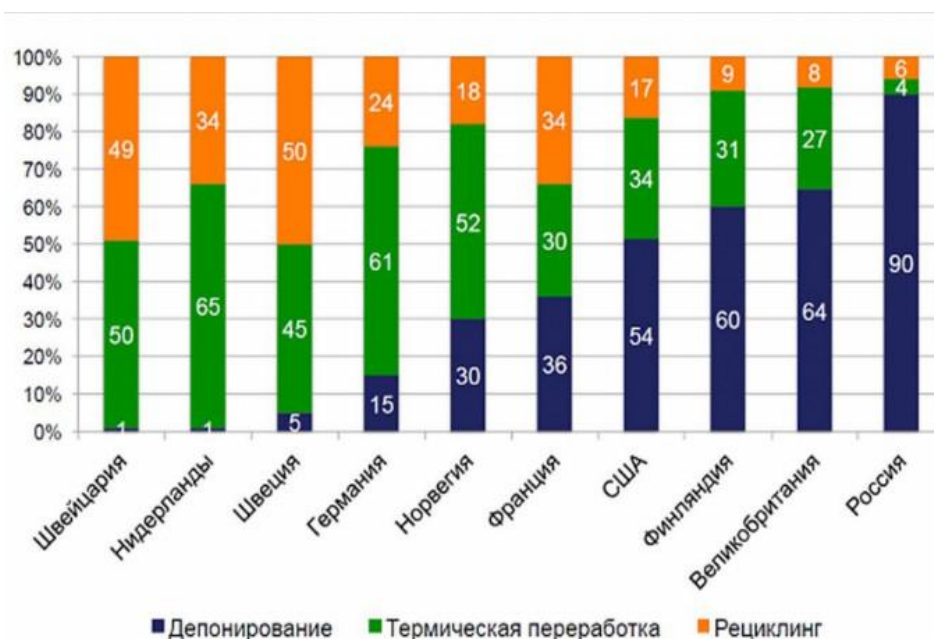
Сжигание этот метод является экономически не выгодным, обычно его используют, лишь для того, чтобы сократить объем отходов. Теплотворная способность ПЭТФ очень велика. Очень часто бытовые отходы используют в качестве источника тепловой энергии. В некоторых странах функционируют небольшие тепловые энергетические станции, работающие на принципе сжигания коммунальных отходов, 60% из которых составляют отходы из пластика. Печи таких ТЭЦ снабжены специальными фильтрами, которые улавливают вредные выбросы. Подобные фильтры сложны в производстве и имеют очень высокую стоимость [5].

Сжигание пластмасс всегда сопровождается обильным выделением в атмосферу диоксинов и фуранов. Основными «производителями» диоксинов являются мусоросжигательные заводы и предприятия чёрной металлургии. Диоксины это вещества, которые негативно влияют на здоровье людей, подавляют иммунитет и способствуют развитию онкологических заболеваний. Их разрушение возможно, если процесс сжигания мусора проводится при температуре выше 1200 градусов. На данный момент в нашей стране функционируют семь мусоросжигательных предприятий, и утилизация отходов на них проходит при температуре до 850 градусов Цельсия [10].

### **1.4 Захоронение ПЭТФ отходов**

Захоронения и депонирование производят на специальных полигонах. Вначале мусор складывают, а когда набирается достаточное количество, его закапывают. Территории, предназначенные для захоронения, располагаются далеко от населенных пунктов, поэтому риск заражения людей токсинами сведен к минимуму. В России этот метод утилизации самый распространенный. 9092% ТБО подвергаются захоронению на полигонах и свалках (рис. 3). Время распада пластиковой бутылки занимает от 500 до 1000 лет, а стеклянной 1 миллион лет. Поэтому их захоронение является

большой экологической проблемой окружающей среды. Токсичные вещества и тяжёлые металлы засоряют почву [27].



**Рисунок 3** Диаграмма депонирования отходов [11]

### 1.5 Кустарное производство

Кустарное производство или вторичное использование пластиковой тары в быту. Здесь фантазия людей неограниченна. Создание самодельных изделий для дома очень увлекательный процесс [41].

Ярким примером может служить использование солнечного водонагревателя. Бутылки последовательно соединяются друг с другом, а затем конструкцию выкладывают в определённом порядке, закрепляя ее на каркас. Чтобы увеличить скорость нагрева воды, бутылки окрашивают в темный цвет и обматывают полиэтиленом.

На просторах интернета можно найти немало идей по созданию предметов декора (рис. 4), использование бутылок как строительный материал (рис. 5), и т.д.



**Рисунок 4** Изделия декора как вторичное использование ПЭТФ



**Рисунок 5** Использование ПЭТФ как строительный материал

## **2. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ВТОРИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ПЭТФ БУТЫЛОК НА ПРИМЕРЕ ПРЕДПРИЯТИЯ ООО «ПОВТОР»**

### **2.1 Особенности существующей технологии вторичной переработки ПЭТФ бутылок на предприятии ООО «Повтор»**

Преддипломная практика была пройдена на предприятии ООО «Повтор». ООО «ПОВТОР» входит в группу компаний «ЭкоВоз», которая занимается вывозом и утилизацией отходов в Тольятти, Жигулёвске и других городах. Компания занимается переработкой пластиковых бутылок, полиэтиленовой пленки и резиновых покрышек.

Сырье ПЭТФ отходов проходит 7 стадий: сортировка, прессование, дробление, мойка, флотация, сушка, фасовка.

Вначале сырье подается на три сортировочные линии, где вручную обтираются ПЭТФ отходы, пригодные для дальнейшей переработки. Одновременно с этим происходит сортировка по цвету. Для переработки подходят только прозрачные, голубые, зеленые и коричневые емкости (рис. б). Ярко окрашенные бутылки не подходят из-за избыточного содержания красителя. Также не перерабатываются белые бутылки из-под молочной продукции, моющих средств и подсолнечного масла. Флекс из прозрачного ПЭТФ сырья имеет более высокую цену и спрос из-за широкого круга применения. Пробка вместе с небольшой частью бутылки удаляется на автомате [40].

Следующий этап дробление, в результате которого получают частицы 46 см. По шнековому механизму частицы попадают на горизонтальную мойку, где с флекса удаляются загрязнители (пыль, песок). Пройдя первую стадию очистки, флекс поступает в двухшнековую мойку, где происходит удаление клея и этикетки. Они всплывают на поверхность и удаляются работниками вручную.

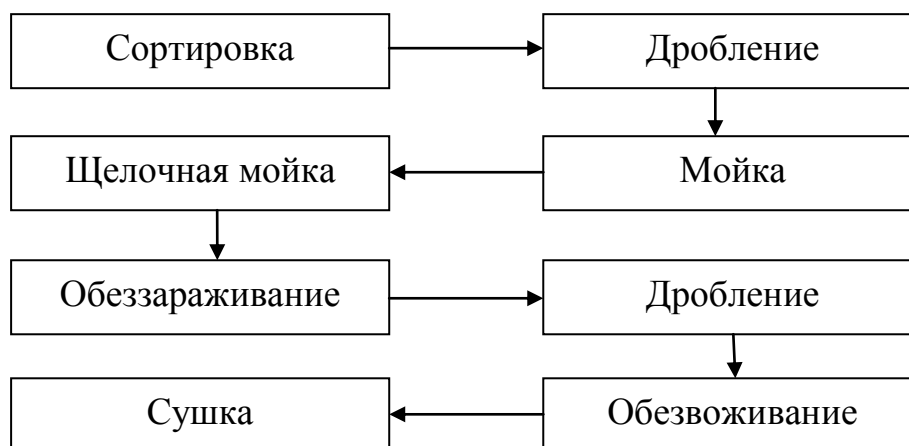


**Рисунок 6 Продукт вторичной переработки ПЭТФ отходов**

Перемещаясь по шнековому механизму, ПЭТ хлопья перемещаются в горячую ванну с едким натром, который способствует обеззараживанию и отделению частиц клея. После обеззараживания необходимо отмыть перерабатываемый ПЭТ от едкого натра и пластиковые частицы направляются на последние этапы мойки: 1 горизонтальную мойку и 3 флотационные ванны.

Очищенный флекс поступает в дробилку, для измельчения на более мелкие частицы (0.4 – 1.4 см), и в центрифугу для удаления воды. Максимальное содержание воды в переработанном ПЭТФ не более 4%.

Последний этап это сушка в сушильном бункере при помощи горячего воздуха (рис.7). Готовую продукцию упаковывают в Биг Бэги, которые находятся под бункером сушилки [32].



**Рисунок 7 Блок схема переработки ПЭТФ отходов на предприятии ООО «ПОВТОР»**

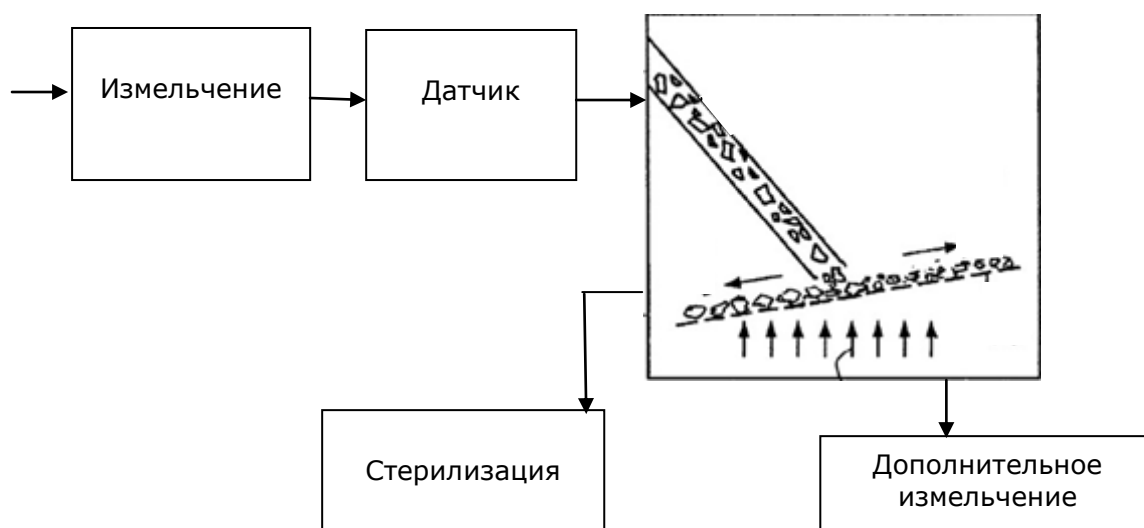


## 2.2 Патентный поиск технологий по переработке ПЭТФ отходов

Для разработки новой установки по переработки пластиковых отходов был проведен патентный поиск среди российских и иностранных технологий.

Переработка пластиковых бутылок в полимерную крошку стремительно набирает обороты в России. Основной причиной добавления вторичного ПЭТФ в изделия являются снижение себестоимости материала. Рассмотрим несколько способов переработки пластиковой тары.

Патент РФ № 2349451 «Способ и устройство для переработки использованных ПЭТФ бутылок». Данная технология переработки заключается в том, что вначале ПЭТФ емкости измельчают, а далее сортируют по толщине частиц как минимум на 2 фракции (рис.8). Фракции с большими размерами хлопьев подвергаются вторичному измельчению [44].



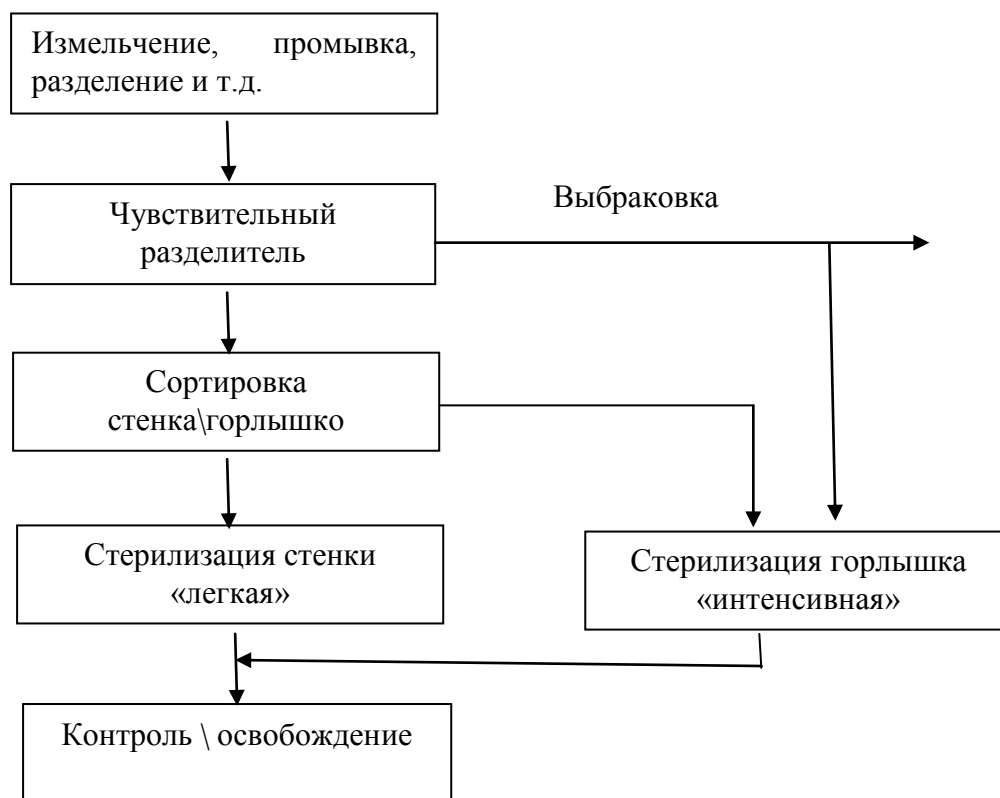
**Рисунок 8 Блок схема стадии дробления ПЭТФ бутылок [44]**

Технологическая схема патента состоит из устройства для дробления бутылок на хлопья, устройства сортировки флекса и устройства для стерилизации полимерных хлопьев, установки для повторного измельчения части хлопьев (рис.9)



Эта технология позволяет отделить флекс,которой трудно очистить (с резьбовой части пластиковой ёмкости) от хлопьев, полученных со стенок бутылок и подвергнуть эти фракции дальнейшей обработки.

Аналогичный по назначению способ переработки предлагают авторы патента РФ № 2384592 «Способ переработки отходов полиэтилентерефталата в порошкообразный продукт» [45].



**Рисунок 9** Блоксхема вторичной переработки ПЭТФ отходов [44]

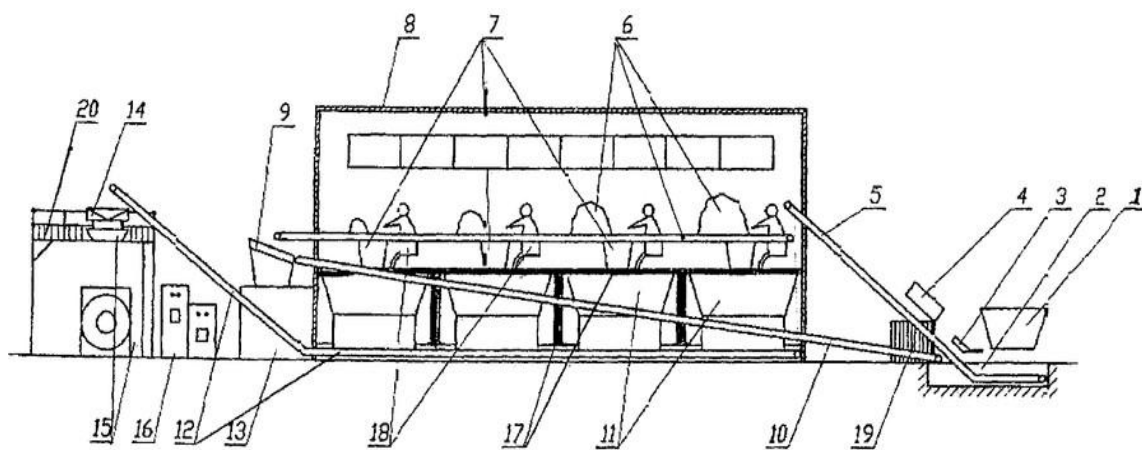
Изобретение относится к области вторичной переработки полимерных отходов в порошкообразный продукт и является экологически безопасным способом утилизации ПЭТФ отходов. Целевой продукт обладает повышенной растворимостью в неконденсированном водном щелочном растворе. Эта характеристика приобретает в результате обработки исходных реагентов в замкнутом герметизированном объёме. В качестве среды выступает паровой компонент, который выделяется из полиэтилентерефталата при термообработке, и атмосферный воздух. Термообработку осуществляет при постоянной температуре 160200 градусов

Цельсия и избыточном давлении 1,5 4,5 кг/см<sup>2</sup>. Продолжительность процесса 2040 часов [3].

Комплексное решение в области переработки твердых отходов производства и потребления предлагают другие исследователи патента РФ № 2324554 «Комплекс переработки твердых отходов производства и потребления». Комплекс по вторичной переработке состоит из приёмнозагрузочного бункера, конвейера, аппарата регулирования слоя загрузки. Система регулирования расположена под полотном конвейера и представляет собой систему отсекателей по высоте. Подача сырья на приёмнозагрузочный конвейер контролируется в рабочей кабине, оснащенной рабочими метами для операторов. Также в технологическую схему включён сепаратор черных металлов. С его помощью осуществляется автоматический отбор металлов, попавших вместе с сырьём на конвейерную линию. Приёмные короба расположены в 2 ряда по обе стороны то конвейера [46].

Необработанная часть отходов отправляется в бункеры для повторной сортировки. Накопительные бункеры оборудованы автоматическим устройством разгрузки, датчиками заполнения и устройством загрузки. Накопительноразгрузочный конвейер предназначен для подачи флекса на прессование и упаковку. Комплекс включает несущую эстакаду и централизованную систему автоматического управления.

В состав комплекса входят (рис.10):



**Рисунок 10** Схема вторичной переработки ПЭТФ отходов [46]

1. Приемнозагрузочный бункер для поступающей ПЭТФ тары;
2. Приемнозагрузочный конвейер;
3. Устройство регулирования слоя загрузки;
4. Сепаратор черных металлов;
5. Подъемнозагрузочный конвейер с ребордами (предпочтительная высота ребордов 1015 сантиметров);
6. Сортировочный конвейер;
7. Приемные короба для сортированной ПЭТФ тары (в два ряда, по обеим сторонам от конвейера);
8. Рабочая кабина с устройством вентиляции, кондиционирования и антибактерицидными источниками;
9. Приемник неделовой части отходов;
10. Возвратное устройство необработанной ПЭТФ тары для повторной сортировки;
11. Накопительные бункеры с автоматическими разгрузочными / загрузочными устройствами и датчиками автозаполнения;
12. Накопительноподъемный конвейер для подачи ПЭТФ тары на прессование и пакетирование;
13. Пресс компактор для неделовой части отходов;
14. Перфораторы ПЭТФ тары;
15. Брикетированный пресс для прессования и пакетирования перфорированной ПЭТФ тары, оснащён гидравлическим приводом от собственной гидростанции и системой обвязки кип низкоуглеродистой проволокой.
16. Централизованная система автоматического управления комплексом и электрическая система управления прессом, связанная с центральной системой управления комплексом электрических блокировок;
17. Несущая эстакада (Предпочтительная высота 5 метров, ширина 1,5 метра, длина до 12 метров);
18. Рабочие места операторов сортировщиков;

19. Бункернакопитель чёрных металлов;

20. Площадка обслуживания прессы.

Основные задачи проекта упрощение процесса переработки ПЭТФ отходов, обеспечение экологической безопасности окружающей среды, повышение производительности и рентабельности при обработке.

Вторичная переработка пластиковых бутылок до сих пор является актуальной задачей, в том числе, среди зарубежных исследователей.

Авторы патента патент CN 202702439 U «Waste plastic bottle recycling and loading device» предлагают комплекс для вторичной переработки пластиковых ёмкостей. В основе системы заложена рама, по которой движется конвейер для транспортировки бутылок, поступивших на переработку. Конвейерная лента оснащена остановочными пластинами с рельефными отверстиями, которые препятствуют скольжению ПЭТФ при транспортировке. Аппарат загрузки подает сырье в начало конвейерной ленты между остановочными барьерами. Предполагаемая конструкция возможность регулировки количества подаваемого материала [47].

Авторы следующего изобретения CN 102424221 A «Intelligent plastic bottle recycling device» предлагают интеллектуальное устройство для переработки пластиковых бутылок. Система полностью автоматизирована. Она включает в себя сенсорный экран, систему подачи бутылок, систему распознавания, процессор ARM, ИМС (интегральная схема), считыватель карт, IC карту, и беспроводную сетевую карту. Устройство считывания карт и беспроводная сетевая карта соединены процессором ARM. С помощью сенсорного экрана оператор подает команду процессору. Микропроцессорная карта соединена с устройством считывания информации с IC карты и базой данных в процессоре. Беспроводная сетевая карта используется для связи с сервером и механизмом процессора ARM. Описанное устройство помогает упростить процесс переработки [48].

В процессе переработки вторичных отходов важную роль играет стадия очистки и отмывки вторичного материала. Этому процессу посвятили

исследования авторы следующего изобретения US5236603 A «Method for plastics recycling» Изобретение обеспечивает усовершенствование систему переработки изделий из пластмасс. В первом варианте описан способ рециркуляции бутылок изпод молока (устраняется запах, вызванный бактериями, при помощи холодной воды). Во втором варианте описана методика переработки бутылок, которые использовались в качестве тары под напитки. На стадии разделения используют трёх камерный отстойник для разделения с использованием воды в качестве среды и двух последующих этапов с использованием более тяжёлых сред для отделения облицовочных покрытий и алюминия из ПЭТФ [49].

Данный способ переработки пластиковых контейнеров включает в себя следующие стадии:

1. Измельчение пластиковой тары на частицы 3 8 дюйма или менее;
2. Удаление легких материалов из указанных пластиковых изделий;
3. Введение указанных пластмассовых изделий в промывочный резервуар, содержащий турбулентную воду при температуре 180-200 градусов по Фаренгейту и моющим средством для горячей воды;
4. Обезвоживание флекса;
5. Отделение указанных пластиковых изделий от других остатков гидроциклоном
6. Сушка флекса.

Следующему устройству для переработки отходов из пластмасс оптимизированному для перерабатывающих машин посвящено следующее исследование US7591222 B2 «Compressing device for plastic bottles optimized for recycling machines». Изобретение решает проблему плохого и неполного разделения этикетки на существующем оборудовании. Устройство разделения состоит из основы, опоры, механизма питания, режущего механизма и механизма передачи. Механизм питания влияет на скорость двигателя редуктора, режущий механизм содержит режущий двигатель и резак, соединенный с валом двигателя. Механизм передачи включает в себя

центральные шестерни передачи и шестерню передачи кромки, которые соединены с редуктором скорости двигателя. Центральный вал шестерни прочно закреплён с зажимным механизмом вокруг поворотного рычага. Кромка шестерни закреплена с механизмом выброса через ремни. Устройство разделение этикетки от пластмассовой тары удобно в эксплуатации, его главная функция осуществление разделения и отбор [50].

Сжимающему устройству для пластиковых бутылок, которое оптимизированно для перерабатывающих машин, посвящено следующее исследование US7591222 B2 «Compressing device for plastic bottles optimized for recycling machines». Сжимающее устройство для линии вторичной переработки обеспечивает сжатие емкости для ее дальнейшей рециркуляции. Помимо уплощения бутылки, изобретение помогает выровнять нижнюю часть так, что штрихкод остается видимым. Есть два варианта осуществления, которые имеют в качестве компонента подставку и язычок, в то время как другой вариант осуществления без подставки и имеет шарнирно подвижный хвост. Кроме того, язык и хвост сконфигурированы и сформированы так, чтобы принимать различные конфигурации днища бутылки и также используются для точного выравнивания дна бутылки для улучшения способа сжатия бутылки [51].

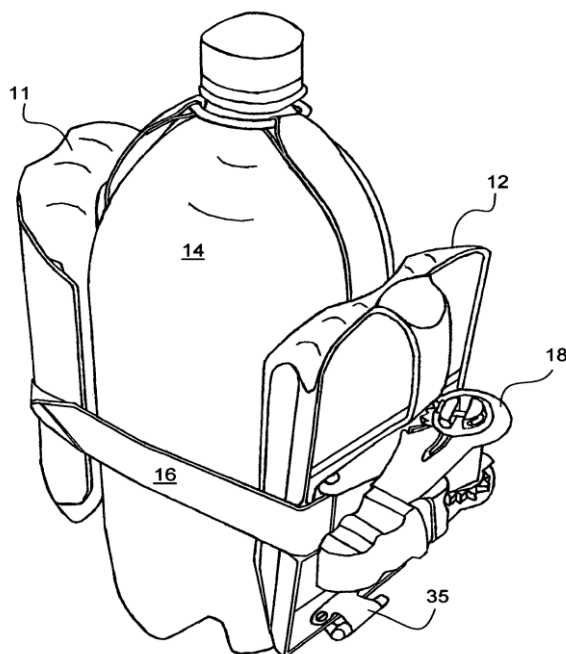
Сжимающее устройство (рис. 11) имеет две сжимающие пластины, расположенные по обеим сторонам от бутылки, и ленту, которая предназначена для сжимающего механизма первой и второй пластины.

Альтернативным способом переработки пластиковых отходов является их разложение до низкомолекулярных веществ.

Этому направлению также посвящено много работ. Рассмотрим один из примеров.

Систему и способ переработки пла предлагают авторы следующего патента US7892500 B2 «Method and system for recycling plastics». Система предлагает способ восстановления таких веществ, как углеводородные газы, жидкие водородные дистилляты, различные полимеры

или мономеры, которые используются для получения исходных пластмасс [52].



**Рисунок 11 Сжимающее устройство для линии вторичной переработки [51]**

Способ предлагает использовать один или несколько реакционных аппаратов для переработки пластика, который будет использоваться для создания одного или нескольких газообразных компонентов или жидких дистиллятных компонентов из пластмассы, подлежащей рециркуляции. Эти компоненты производят примерно одну единицу полезной выходной энергии, извлекаемой из переработанного пластика.

Система переработки пластмасс включает в себя реактор для приема пластиковой тары. ПЭТФ хранится в реакционной жидкости, куда предварительно добавляют суспендированный катализатор для образования небольшого вакуума замкнутой системы внутри реакционных средств. Суспензию нагревают до определенной температуры в течении определённого времени. Таким образом, пластик разрушается на множество

компонентов, включая газообразные и жидкостные дистиллятные компоненты, в зависимости от предварительно использованного катализатора и оригинальные химические вещества, используемые для создания принятых пластиковых материалов [53].

В состав комплекса входит скруббер с оксидом металла для удаления серы из одного или нескольких компонентов жидкого дистиллята с оксидом металла, включающим оксид меди.

Средство сбора газа предназначено для еще одного газообразного компонента, получаемого в реакторе. Устройство включает в себя множество компонентов для сбора газа, каждый из которых предназначен для сбора и хранения определенного типа газа на основе его химических и физических свойств; а также средство для сбора одного или нескольких жидких дистиллятных компонентов.

## **2.3 Разработка технологической схемы переработки и вторичного использования ПЭТФ отходов**

В зависимости от выбранной или спроектированной технологической схемы, производство можно оснастить теми или иными аппаратами.

В настоящее время, так как отрасль по переработке вторичного полимерного материала получила широкое распространение, то на рынке оборудования представлено большое количество аппаратов и готовых производственных линий. Рассмотрим основные аппараты для переработки пластика.

### **2.3.1 Устройство грануляционных линий**

Гранулятор один из самых важнейших аппаратов вторичного производства. Это устройство предназначено для измельчения различных типов изделий: плёнки, упаковок, бутылок и т.д. полученные в результате дробления гранулы используют как вторичное сырье для различных



производств. Еще одной функцией аппарата гранулировки является нагрев сырья до нужной температуры в зависимости от степени расплавления [42].

В конструкцию гранулятора входят экструдер, стренговые головы, механизм для охлаждения и нарезки гранул, емкость для сбора готового продукта.

Аппарат работает как с дробленным материалом, так и с агломератом (продуктом переработки пленочных отходов). По мере необходимости, в него устанавливается универсальный шнек, который позволяет перерабатывать пластмассы разного типа. На выходе получают продукт с высокой насыпной плотностью, прочностью и сыпучестью. Для увеличения насыпной плотности используют грануляторы разных видов.

Гранулятор всегда оснащен хотя бы одной зоной хотя бы одной зоной дегазации, для получения монолитных гранул без пузырьков воздуха. Эти устройства классифицируются на стренговые и бесстренговые. Бесстренговые разделяются на аппараты горячей и холодной резки [43].

На рынке представлены в основном готовые грануляционные линии, являющимися универсальными аппаратами для производства гранул из различных типов сырья. Так, например, грануляционная линия, предлагаемая к продаже группой компаний «АвангардПЛАСТ» (рис. 13), может перерабатывать следующие полимеры: полиэтилен, полипропилен, поликарбонат, АБС пластики, полистирол, полиэтилентерефталат [16].

Основным аппаратом грануляционных линий как правило, является дробилка. В дробилке тем или иным способом осуществляется дробление материала, то есть механическое воздействие на твердые материалы с целью их разрушения.

Дробилки для полимерных материалов оснащены ножами из высококачественной стали (рис. 12).



Обычный нож

Фрезерный нож



Образный нож

### **Рисунок 12 Устройство ножей дробилок для полимерных материалов**

Дробилка представляет собой составной аппарат, в котором к основному бункеру для дробления присоединено устройство подачи материала и приёмное отделения для сбора готовой крошки, либо вместо последнего может быть предусмотрено присоединение устройство пневмоподачи крошки на дальнейшую обработку.



**Рисунок 13 Грануляционная линия**

Внешний вид дробилки представлен на (рис. 14) [13]. Аппарат дробления как правило оборудован подвижными и стационарными ножами из высококачественной, износоустойчивой стали. Пространстве между ножами регулируется. При необходимости лезвия затачивают, чтобы обеспечить качественную продукцию и продлить скор их эксплуатации.

Кожух дробилки служит для обеспечения шумоизоляции. В корпусе устройства расположен съёмный бункер и сеткаэкран для обеспечения доступа к составным компонентам аппарата.

Электродвигатель оснащён системой блокировки и защитой от перегрузки. Необходимой функцией является защита персонала от поломок двигателя.

Дробилки могут быть оснащены виброопорами, которые обеспечивают снижение шума при работе аппарата.



**Рисунок 14 Внешний вид дробилки**

### 2.3.2 Устройство аппаратов для сушки

Технологические линии по вторичной переработке пластика чаще всего оснащены бункерными сушилками. Процесс высушивания является важной стадией переработки, так как при удалении избыточной влаги уменьшается вероятность загрязнения сырья. Объем емкости бункера определяется необходимым временем сушки при заданной температуре.

Внешний вид и частичное внутреннее устройство бункерасушилки показано на (рис. 15).

Бункерные сушилки SHD обладают высокой тепловой эффективностью, позволяют осуществлять контроль постоянства температуры сушки, дают возможность увеличивать скорость впрыска.



**Рисунок 15 Бункер сушилка SHD производства фирмы Shini**

Технологический процесс сушки в сушильном аппарате начинается с того, что в трубу, установленную на дне бункера, вентилятором подается воздух. В трубе при помощи нагревательного элемента воздух нагревается до

определённой температуры. Нагретый воздух равномерно распределяется по всему объёму бункера снизувверх, испаряя влагу с флекса, а после возвращается обратно в вентилятор.

#### **2.4 Проектирование технологической схемы производства**

При проектировании технологической схемы участка или цеха по переработке пластиковых бутылок были поставлены следующие требования.

1. Невысокая стоимость.
2. Средняя мобильность. Возможность переноса оборудования на другую производственную площадку.
3. Универсальность, простота в обслуживании.
4. Автоматизация управления.
5. Компактность оборудования для возможности размещения на ограниченной производственной площадке [12].

Исходя из данных требований и на основании проведенного обзора патентной и технической информации, были приняты следующие технологические решения.

За прототип принимаем стадии, описанные в патенте US5236603 А «Method for plastics»

А) измельчение указанных материалов в пластиковые кусочки размером примерно 3/8 дюйма или менее в максимальном размере;

Е) введение указанных пластмассовых изделий в промывочный резервуар, содержащий турбулентную воду, при температуре между 180 и 210 градусами по Фаренгейту и моющим средством для горячей воды;

Ф) обезвоживание указанных пластмассовых изделий;

Г) отделение указанных пластмассовых изделий от других остатков гидроциклоном;

Н) сушка разделенных пластиковых деталей;

С тем отличием, что после стадии измельчения сортируют полимерные хлопья по их толщине (по фракционному составу), по меньшей мере, на два

количества. Это решение заимствовано у авторов данного патента РФ № 2349451 «Способ и устройство для переработки использованных ПЭТ бутылок».

Дополнительным отличием предлагаемого решения является максимальная автоматизация всего процесса с помощью решения, которое предлагают авторами изобретения CN 102424221 A «Intelligent plastic bottle recycling device», а именно применение интеллектуальных устройств для переработки пластика. Таким образом, составим блоксхему процесса (рис. 18).

Далее укажем стадии процесса:

- 1) Загрузка вторичного материала
- 2) Измельчение пластиковых материалов в пластиковые кусочки различного размера, предпочтительно 1 мм.
- 3) Сортировка согласно размеру (фазовому составу)
- 4) Введение указанных пластмассовых изделий в промывочный резервуар, содержащий турбулентную воду, при температуре между 180 и 210 градусами по Фаренгейту и моющим средством для горячей воды;
- 5) обезвоживание указанных пластмассовых изделий;
- 6) отделение указанных пластмассовых изделий от других остатков гидроциклоном;
- 7) сушка разделенных пластиковых деталей.

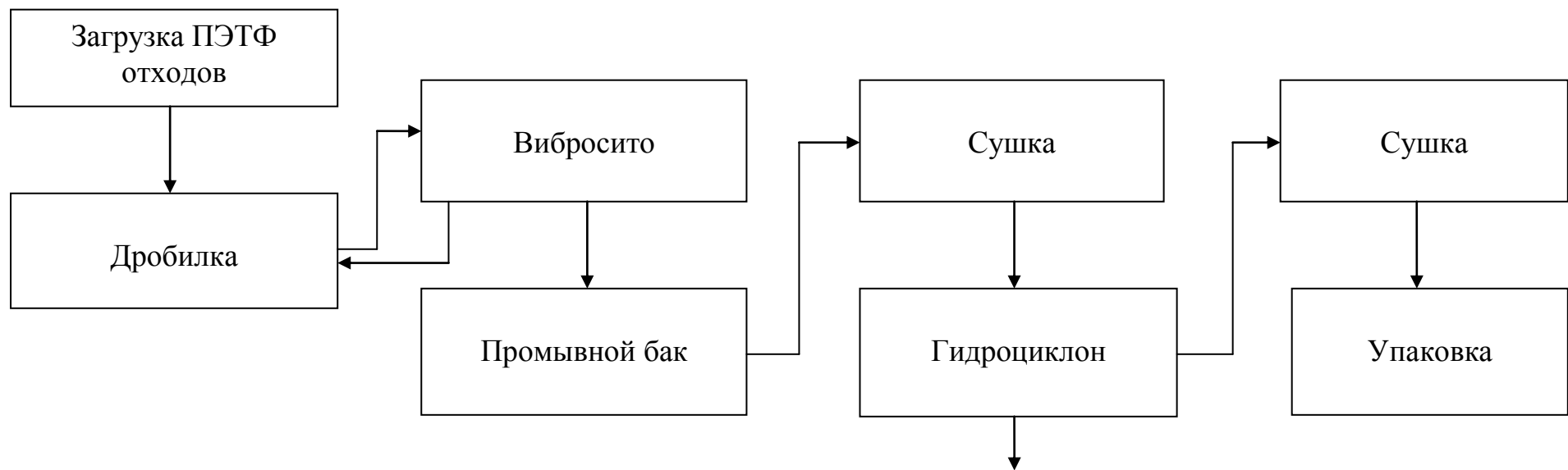
Опишем подробно технологический процесс (рис.16). Сырьё, после предварительной сортировки, поступает в дробилку 1, где подвергается измельчению на фракции различного размера, после чего поступает на вибросито 2. На вибросите измельченный полимерный материал разделяется на фракции, где основной фракцией являются частицы с размером 1 мм и менее. Материал, не прошедший по размеру, возвращается обратно в дробилку. Это позволяет получать в итоге полимерную крошку с усредненными характеристиками [6].

После вибросита 2 материал поступает в промывочный резервуар, содержащий турбулентную воду, при температуре между 80 и 99 градусами по Цельсию и моющим средством для горячей воды. На этой стадии удаляются жидкие и твёрдые не полимерные включения, бумага и иные загрязнения. Отработанная оборотная вода с содержащимися в ней загрязнениями должна быть подвергнута утилизации на очистных сооружениях.

После стадии отмывки полимерный материал отправляется в сушильную камеру 4 предварительной сушки. Сушка осуществляется теплым воздухом при температуре 150° С. Далее осуществляется подача материала в гидроциклон 5 для отделения указанных пластмассовых изделий от других остатков, которые могли остаться после предыдущих стадий.

После чего материал подвергается финальной сушке в сушилке 6 и отправляется на упаковку или грануляцию (опционально). Сушка при повышенных температурах может существенно изменить молекулярную массу полимера. Недостаточная сушка снижает качество вторичного материала. Исходя из этих факторов, в разработанной установке используются две сушильные установки.





**Рисунок 16** Разработанная блокхема по вторичной переработке ПЭТФ отходов

### 3. РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ПЭТФ ОТХОДОВ

#### 3.1 Производительная мощность оборудования

Производительность оборудования переработки пластика зависит от возможностей отдельных аппаратов и подбирается под потребности предприятия, его использующего. В данной работе одной из основных задач являлось проектирование компактного производства для размещения небольших городах, соответственно производительность установки должна быть не больших масштабов [3].

При поиске компактных установок для рассмотрения были выбраны две дробилки для измельчения ПЭТФ и других полимеров, толщина стенок которых не превышает 4 миллиметра.

1. Дробилка AMD600D. Стоимость: 122130 рублей.
2. Дробилка AMD600DU Стоимость: 138414 рублей.

Дробилка AMD600D применяется для дробления пластиковых изделий (толщина стенок емкости не должна превышать 4 мм).

**Таблица 1 Характеристика дробилки AMD600D [56]**

Характеристика	Значение
Диаметр ротора (мм)	500
Характеристики электродвигателя	7,5 кВт 16А 380В 11 кВт 16А 380В
Габариты (мм)	550 × 550 × 1500
Масса дробилки (кг)	200
Загрузочное отверстие (мм)	350 × 220
Толщина измельчаемого материала (мм)	4
Производительность (кг/час)	80120

Аппарат дробления AMD600DU предназначен для измельчения поролона, синтепона, ПЭТФ тары, бумаги и других материалов. Флекс

выходит из установки под действием центробежных сил. Электродвигатель у данной модели находится на платформе, что позволяет уменьшить нагрузку за счет ременной передачи.

**Таблица 2 Характеристика дробилки AMD600DU [57]**

<b>Характеристика</b>	<b>Значение</b>
Диаметр ротора (мм)	500
Характеристики Электродвигателя	7,5 кВт 16А 380В
Габариты (мм)	650 × 1400 × 1500
Масса дробилки (кг)	200
Загрузочное отверстие (мм)	350 × 220
Толщина измельчаемого материала (мм)	4
Производительность (кг/час)	80120

Как видно из представленных характеристик, данные дробилки отличаются конструкцией и характеристикой электродвигателя и обе могут быть применены к проектируемой технологической схеме.

Для дальнейших расчетов прием максимальную производительность дробилки 120 кг/ч.

Рассчитаем производственную мощность для двух вариантов нагрузки на аппарат. Первый 8 часовая смена, периодический режим работы (8 часов в сутки, остальное время аппарат не работает). Второй 12 часовая смена и непрерывный режим работы (аппарат останавливается только на капитальный ремонт и обслуживание).

Вариант №1.

В сутки:

$$P = P_{\max}(кг / ч) \cdot t(ч), \quad (1)$$

где  $P$  производительная мощность нагрузки на аппарат, (кг/ сутки);

$P_{\max}$  максимальная производительность дробилки, (кг/ч);

$t$  периодический режим работы (ч).

$$P = 120 \cdot 8 = 960 \text{ (кг/сутки)}$$

В год с учетом выходных и праздничных дней [58]:

$$P = P_{\max}(\text{кг/сутки}) \cdot n(\text{дней}), \quad (2)$$

где  $P$  производительная мощность нагрузки на аппарат в год, (т/год);

$P_{\max}$  максимальная производительность аппарата в сутки, (кг/сутки);

$n$  количество рабочих дней.

$$P = 960 \cdot 247 = 237120 \text{ (кг/год)} \approx 237 \text{ (т/год)}$$

Вариант №2.

В сутки:

$$P = P_{\max}(\text{кг/ч}) \cdot t(\text{ч}), \quad (1)$$

$$P = 120 \cdot 24 = 2880 \text{ (кг/сутки)}$$

В год с учетом 1 месяца на плановый капитальный ремонт и с учетом непредвиденных остановок эффективное рабочее время оборудования при непрерывном режиме составляет 8000 часов.

$$P = P_{\max}(\text{кг/ч}) \cdot t(\text{ч/год}) \quad (3)$$

где  $P$  производительность производства, (т/год);

$P_{\max}$  максимальная производительность аппарата в сутки, (кг/сутки);

$t$  рабочее время оборудования в непрерывном режиме, (ч/год).

$$P = 120 \cdot 8000 = 960000 \text{ кг/год} = 960 \text{ т/год}$$

Таким образом, в зависимости от выбранного режима работы производительность производства может варьироваться от 237 до 960 тонн в год.

### 3.2 Расчёт и подбор вспомогательного оборудования

Для подбора остального оборудования условно принимаем длительность технологической операции составляет 1 час. Например, после дробилки, которая производит 120 кг материала, весь флекс поступает на отмывку и т.д. В таком случае рабочий объем оборудования обуславливается часовой производительностью, т.е. 120 кг. Условная насыпная плотность полимерной крошки равна 400 кг/м [59].

Тогда полезный объем оборудования на каждой стадии составит:

$$V = m / \rho, \quad (4)$$

где  $V$  рабочий объем оборудования, (л);

$m$  масса материала, (кг);

$\rho$  насыпная плотность полимерной крошки, (кг/ м).

$$V = 120 / 400 = 300 \text{ (л)}$$

Соответственно под данный объем подбирается всё остальное оборудование: промывочный резервуар, вибросито, сушилки, циклон и сепаратор.

### 3.2.1 Сушилка DRYPLAST DP400

Был проведён анализ существующих сушильных аппаратов по итогам которого была выбрана сушилка серии DRYPLAST DP400 с объёмом до 400литров и мощностью 0,75 кВт (рис.17). Её технологические характеристики представлены в таблице в таблице 3.

**Таблица 3 Технологические характеристики сушилки DRYPLAST DP400 [60]**

Характеристика	Значение
Поток воздуха (м/час)	70150
Максимальная температура воздуха (С°)	150
Мощность вентилятора или воздуходувки (кВт)	0,75
Габаритные размеры (мм)	400×390×590
Мощность нагрева (Вт)	3,750
Вес (кг)	35
Диаметр воздушных шлангов (мм)	50
Возможный объем бункера (л)	200400

Бункер сушилки изготовлен из нержавеющей стали, внутренняя часть которого покрыта алюминием. Снижение шума обеспечивает минеральная вата, расположенная между внутренней и внешней частью корпуса.



**Рисунок 17 Сушилка DRYPLAST DP400**

### **3.2.2 Вибросито KDS6002**

Вибросито (рис. 18) это аппарат необходимый для разделения флекса на фракции. Под действием вибрации гранулы крупного размера поднимаются вверх, а после подвергаются повторному дроблению.

Из промышленных образцов под разрабатываемое производство подходят вибросита для разделения на 2 фракции (целевая фракция с размерами частиц около 2 мм и возвратная). Одним из таких представителей является аппарат серии KDS6002 стоимостью около 165000 руб.

Все детали представленной модели, контактирующие с полимером, состоят из нержавеющей стали. Вибросито устанавливается на виброопоры. Толщина стенок рабочей камеры 1,45 мм, толщина стенок загрузочной горловины 1,8 мм.

**Таблица 4 Технологические характеристики вибросита [61]**

<b>Характеристика</b>	<b>Значение</b>
Мощность мотора (кВт)	0,75
Производительность (т/ч)	1
Количество секций (шт)	2
Количество сеток (шт)	1
Размер ячеей штатной сетки (мм)	1,8
Размеры рабочей камеры (мм)	600 × 670 × 620



**Рисунок 18 Внешний вид вибросита KDS6002**

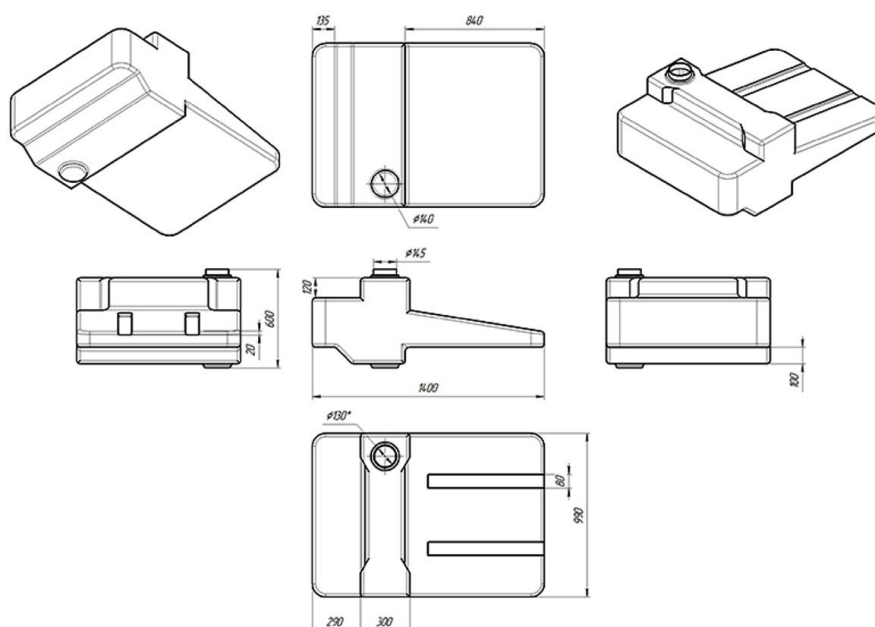
Аппарат имеет простую конструкцию и дает возможность при необходимости заменять сетку.

### **3.2.3 Промывной аппарат AGRO**

Стоимость и характеристики промывных емкостей для полимеров являются труднодоступной информацией, так как большинство таких аппаратов идет в сборке с готовыми линиями по переработке, либо изготавливается индивидуально и под конкретное производство. Для расчетов возьмем бак промывной AGRO. Стоимость аппарата 10000 рублей. Внешний вид и габаритные размеры представлены на (рис. 19). [14].

**Таблица 5 Технологические характеристики промывного бака AGRO [55]**

<b>Характеристика</b>	<b>Значение</b>
Объём (л)	300
Габаритные размеры (мм)	600×990×1400
Диаметр горловины (мм)	130
Температурный режим эксплуатации (°С)	30°С +60°С



**Рисунок 19 Внешний вид промывного бака AGRO [14]**

### **3.2.4 Гидроциклон Henghong FX100**

Гидроциклон в разработанной установке предназначен отделения крупной фракции из полимерной массы. Из промышленных образцов гидроциклонов под разрабатываемое производство подходит достаточно много образцов. Для проекта выберем гидроциклон Henghong FX100. Стоимость этой модели 100000 рублей.



**Таблица 6 Технологические характеристики гидроциклона Henghong FX100 [62]**

Характеристика	Значение
Мощность мотора (кВт)	1
Производительность (м <sup>3</sup> /ч)	512
Максимально подаваемый размер частиц (мм)	1
Размеры (мм)	240×230×800

### 3.3 Энергозатраты

Рассчитаем затраты мощности на работу всего оборудования по периодическому и непрерывному вариантам работы [15].

Физическая величина «киловаттчас» равна количеству энергии, потребляемой устройством мощностью один киловатт в течение одного часа [36].

Вариант №1

$$W = P \cdot t, \tag{5}$$

Где  $W$  работа оборудования, (кВт/ ч);

$P$  величина энергопотребления, (кВт);

$t$  время работы оборудования.

Время работы оборудования

$$\tau = 8ч / сутки \cdot 247суток = 1976ч$$

$$W(\text{Дробилка}) = 7,4кВт \cdot 1976ч = 14622,4кВт / ч$$

Для аппаратов с неизвестной величиной энергопотребления примем мощность 1кВт

$$W(\text{Промывка}) = 1кВт \cdot 1976ч = 1976кВт / ч$$

$$W(\text{Выбросило}) = 0,75кВт \cdot 1976ч = 1482кВт / ч$$

$$W(\text{Сушилка}) = 0,75кВт \cdot 1976ч = 1482кВт / ч$$

$$W(\text{Дробилка}) = 7,4кВт \cdot 1976ч = 14622,4кВт / ч$$

$$W(\text{Сушилка}) = 0,75кВт \cdot 1976ч = 1482кВт / ч$$

$$W(\text{Гидроциклон}) = 1\text{кВт} \cdot 1976\text{ч} = 1976\text{кВт} / \text{ч}$$

Итого

$$\Sigma W = 23020,4\text{кВт} / \text{ч}$$

Вариант №2

Время работы оборудования

$$\tau = 8000\text{ч}$$

$$W = P \cdot t, \quad (5)$$

$$W(\text{Дробилка}) = 7,4\text{кВт} \cdot 8000\text{ч} = 59200\text{кВт} / \text{ч}$$

$$W(\text{Промывка}) = 1\text{кВт} \cdot 8000\text{ч} = 8000\text{кВт} / \text{ч}$$

$$W(\text{Гидроциклон}) = 1\text{кВт} \cdot 8000\text{ч} = 8000\text{кВт} / \text{ч}$$

$$W(\text{Вибросито}) = 0,75\text{кВт} \cdot 8000\text{ч} = 6000\text{кВт} / \text{ч}$$

$$W(\text{Сушилка}) = 0,75\text{кВт} \cdot 8000\text{ч} = 6000\text{кВт} / \text{ч}$$

$$W(\text{Сушилка}) = 0,75\text{кВт} \cdot 8000\text{ч} = 6000\text{кВт} / \text{ч}$$

Итого

$$\Sigma W = 93200\text{кВт} / \text{ч}$$

Таким образом, годовое энергопотребление составит от 23020,4 до 93200 кВт/ч.

### 3.4 Экономические расчёты

Рассчитаем затраты на приобретение оборудования:

$$C(\text{оборудование}) = C(\text{дробилка}) + C(\text{Промывка}) + C(\text{Сушилка}) + \\ + C(\text{Вибросито}) + C(\text{Гидроциклон}) + C(\text{Сушилка}), \quad (6)$$

Где С (оборудование) затраты на приобретение оборудования, (р);

С (Дробилка) и др. стоимость подобранных моделей, (р).

$$C(\text{оборудование}) = 138000 + 70000 + 170000 + 165000 + 100000 + 170000 = \\ 753000 \text{ рублей}$$

Рассчитаем затраты на установку и монтаж оборудования (20% от стоимости)

$$C(\text{монтаж}) = 0,2 \cdot \sum C, \quad (7)$$

Где  $C(\text{монтаж})$  стоимость монтажа оборудования, (р);

$\sum C$  стоимость оборудования, (р).

$$C(\text{монтаж}) = 0,2 \cdot 753000 = 150600 \text{ рублей.}$$

Заложим затраты на амортизацию за первый год эксплуатации оборудования (5%) [34]

$$C(\text{амортиз}) = 0,05 \cdot \sum C, \quad (8)$$

Где  $C(\text{амортиз})$  стоимость амортизации оборудования, (р);

$\sum C$  стоимость оборудования, (р).

$$C(\text{амортизации}) = 0,05 \cdot 753000 = 37650 \text{ рублей.}$$

Итого сумма затрат на оборудование составит

$$\sum C = C(\text{оборудование}) + C(\text{монтаж}) + C(\text{амортизация}), \quad (9)$$

Где  $\sum C$  полная стоимость оборудования, (р);

$C(\text{оборудование})$  затраты на оборудование, (р);

$C(\text{монтаж})$  стоимость монтажа оборудования, (р);

$C(\text{амортизация})$  затраты на амортизацию оборудования, (р).

$$\sum C = 753000 + 150600 + 37650 = 941250 \text{ рублей}$$

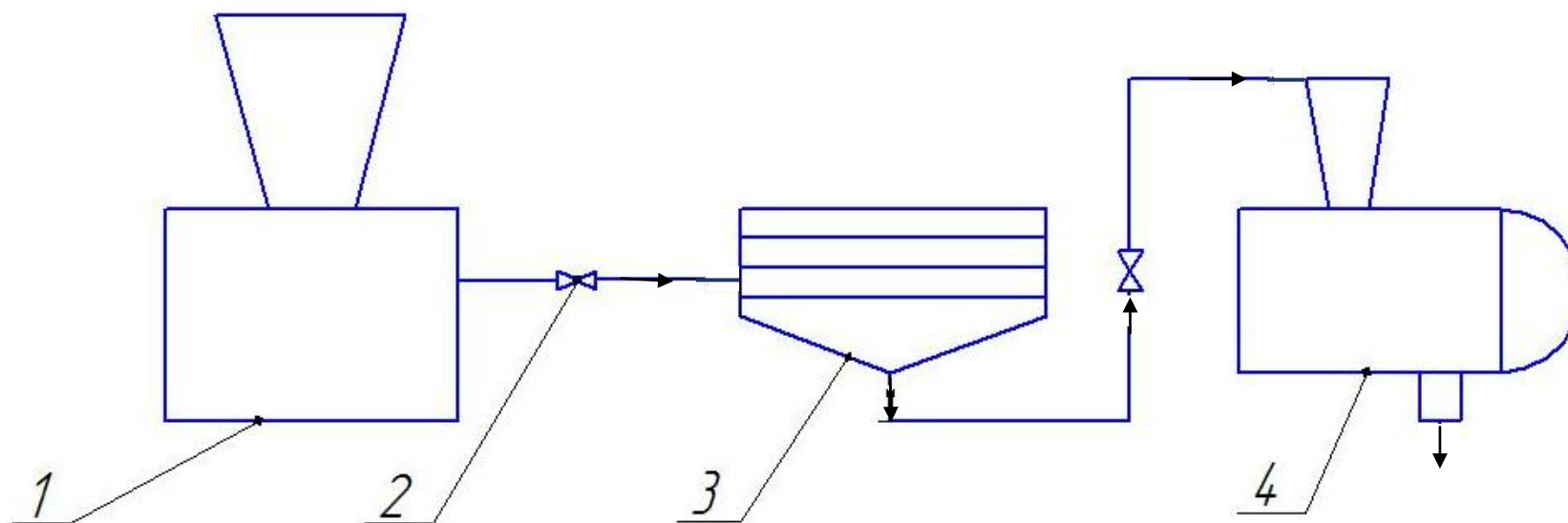
Таким образом, расчёты энергопотребления и производительности предполагаемого комплекса показали, что переработка ПЭТФ отходов на предприятие зависит от выбранного режима работы.

Преимущества предлагаемой установки:

1. Качество производимой продукции.
2. Низкое энергопотребление.
3. Простота использования.
4. Автоматизация.
5. Мобильность.

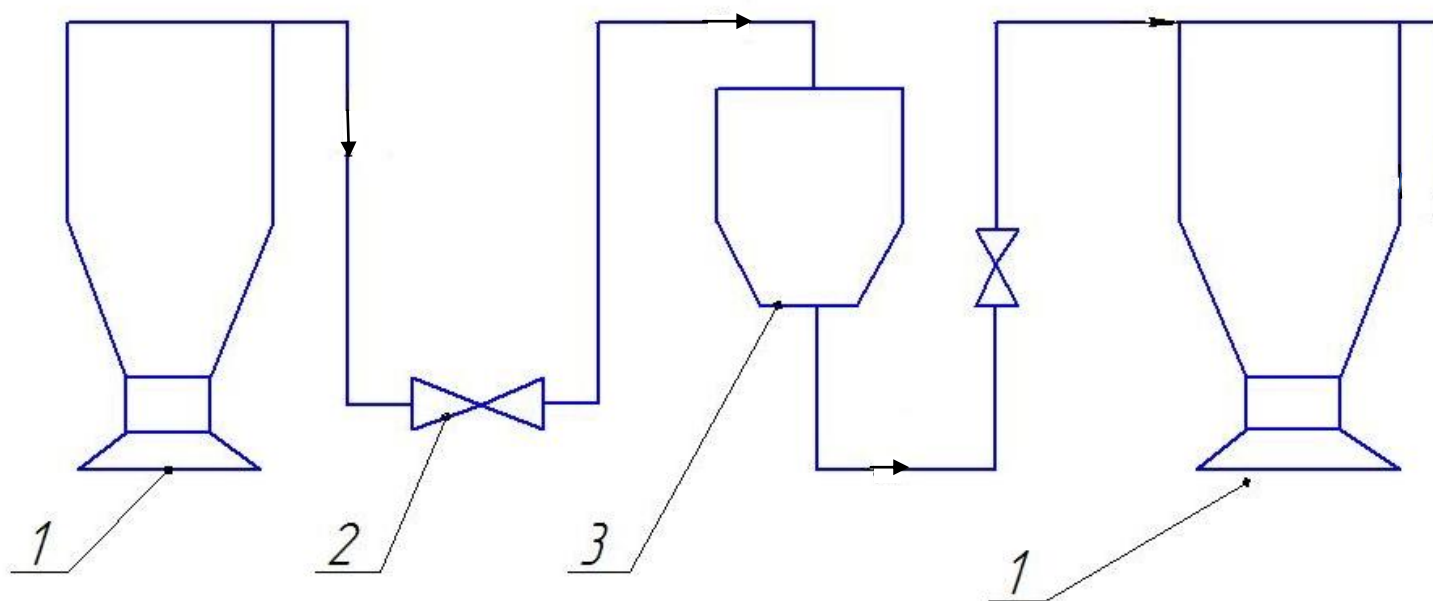
6. Установка может быть включена в масштабное производство или использоваться как самостоятельное предприятие по переработке ПЭТФ.

Разработанный модуль по переработке пластиковых отходов позволяет утилизировать отдельно собранные ПЭТФ бутылки с минимальными затратами, получая продукцию высокого качества (рис.19), (рис. 20). Расчеты показали, что спроектированная установка обладает низкими энергозатратами по сравнению с существующими. Это достигается за счёт комбинирования в технологической схеме аппаратов с низким энергопотреблением.



№	Значение
1	Дробилка ADM600DU
2	Пневмонасос
3	Вибросито KDS6002
4	Промывной бак AGRO

**Рисунок 19** Технологическая схема переработки ПЭТФ отходов (начало схемы)



№	Значение
1	Сушилка X43 – 45
2	Пневмонасос
3	Гидроциклон FX100

**Рисунок 20** Технологическая схема переработки ПЭТФ отходов (продолжение схемы)

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения бакалаврской работы на тему «Разработка технологических решений переработки и вторичного использования ПЭТФ отходов» была выявлена актуальная проблема накопления ПЭТФ отходов и необходимость разработки доступных технологий их утилизации.

Анализ литературных источников и патентный поиск показал, что среди технологий переработки ПЭТФ отходов есть доступные и воспроизводимые решения на базе небольших мобильных комплексов. Такой комплекс позволит решить проблему переработки ПЭТФ отходов в небольших населённых пунктах, рекреационных зонах, туристических центрах, а также повысить мощность переработки предприятий.

На основе анализа оборудования были выбраны и предложены модели установок для комплектации мобильного перерабатывающего комплекса.

В результате выполнения дипломной работы был разработан автоматизированный мини комплекс по переработке ПЭТФ бутылок, производительность которого может варьироваться от 237 до 960 тонн в год в зависимости от выбранного режима работы. Годовое энергопотребление установки составит от 23020,4 до 93200 кВт/ч в зависимости от выбранного режима работы.

Полученный на производстве флекс можно использовать в качестве сырья для получения волокна, гранул, бутылок или плёнок.

Таким образом, разработанный мобильный комплекс по переработке ПЭТФ отходов сможет решать проблему вторичной переработки быстро накапливающихся ПЭТФ отходов в малых населенных пунктах, зонах массового отдыха и на мусороперерабатывающем предприятии, как модуль, увеличивающий мощность производства вторичных материалов. Это снизит негативное воздействие не разлагаемых ПЭТФ отходов на окружающую среду.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Андрейцев, Д.Ф. Технические и экономические проблемы вторичной переработки использования полимерных материалов / Д.Ф. Андрейцев Т.Е. Артемьева С.А. Вильниц. М, 2012. 95 с.
2. Аристархов, Д.В. Технологии переработки отходов растительной, биомассы, технической резины и пластмассы / Д. В Аристархов, Г.И. Журавский и др. / Инженернофизический журнал. 2016. №6. 128136 с.
3. Артоболевский, И.И. Теория механизмов и машин: Учебник / Артоболевский, И.И. М.: Наука, 2009. 63 с.
4. Бобович, Б. Б. Утилизация отходов полимеров: Учебное пособие/ Б. Б. Бобович. М, 2004. 70 с.
5. Бобович, Б.Б. Переработка отходов производства и потребления / Б.Б. Бобович, В.В. Девяткин. М, 2000. 31 с.
6. Бобылев, С.Н. Экономика природопользования / С.Н. Бобылев, А.Ш. Ходжаев М, 2003, 512 с.
7. Боравский, Б.К. Кризисное положение с переработкой отходов и упаковки. Тара и упаковка. / Б.К Боравский, Н.Е Рыбальский. Л, 2006. 2021 с.
8. Буряк, В.П. Биополимеры настоящее и будущее / В. П. Буряк / Полимерные материалы. СПб, 2005. №10 7 с.
9. Бух, Н.Н. Увеличение ресурса эксплуатации вторичного ПЭТФ путём его модифицирования. Пластические массы / Н.Н Бух, Г.П. Овчинников. Б.,2012 № 5. 681 с.
10. Вавельский, М.М. Защита окружающей среды от химических выбросов промышленных предприятий / М.М. Вавельский, Ю.М. Чебан. Кишинев: Штиинца, 2013. 199 с.
11. Васнев, В.А. Биоразлагаемые полимеры. Высокомолекулярные соединения / В.А. Васнев. Б.,2007. № 11. 1013 с.
12. Волков, О.И. Экономика предприятия: учебник / О.И. Волков. М.: Инфра, 2001. 69 с.



13. Вольфсон, С.А, Твердофазное деформационное разрушение и измельчение полимерных материалов. Порошковые технологии / С.А. Вольфсон, В.Г. Никольский. СПб., 2004. №6. 549 552 с.
14. Гельперин, Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. / Н.И. Гельперин. М.: Химия, 2002. 127 с.
15. Глухов, В.В. Экономические основы экологии / В.В Глухов, Т.В Некрасова. СПб.: Питер, 2008. 8 с.
16. Горячаев, В.С Технология и оборудование для утилизации отходов полимерных композиционных материалов / В.С. Горячаев, А.К. Калашников. Л.: Авиационная промышленность, 2010. 55 с.
17. Гридэл, Т.Е. Промышленная экология: пер. с англ. / Т.Е. Гридэл, Б. Р. Алленби. М.: ЮНИТИ, 2009. 513 с.
18. Громогласов, А.А. Водопрогонка. Процессы и аппараты / А.А.Громогласов. М.: Атомиздат, 2007. 85 с.
19. Зорин, В.П. Переработка пластмасс за рубежом / В.П. Зорин, С.А. Лубянская. М.: НИИТЭХИМ, 2003. 32 с.
20. Канцельсон, М.Ю. Полимерные материалы. Свойства и применение: Справ. / М.Ю. Канцельсон, Г.А. Бадаев. Л.: Химия 2014. 212 с.
21. Керницкий, В.И. Краткие основы получения и переработки полиэтилентерефталата (ПЭТ) / В.И. Кернецкий, А.К. Микитаев. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева. 2012. 142 с.
22. Макаревич, А.В. Полимерные и упаковочные материалы / А. В. Макаревич. М.: Химия и жизнь. 2010. № 1 17 с.
23. Мелицкова, А.Е. Исследование отходов пластмасс: справочное пособие по подготовке, составлению композиций и переработке / А.Е. Мелицкова, И.И. Потавов. М.: ВИНТИ. 2002. 18 с.
24. Мелицкова, Е.А. Рециклинг отходов. Научные и технологические аспекты охраны окружающей среды: Обзорная информация / Е.А. Мелицкова. М.: ВИНТИ, 2009. №3 6469 с.

25. Одесс, В.И. Вторичные ресурсы: Хозяйственный механизм использования / В.И. Одесс. М, 2016. 11 с.
26. Пальгунов, П.П. Утилизация промышленных отходов / П.П. Пальгунов, М.В. Сумароков. М.: Стройиздат, 2014. 297 с.
27. Перхутхина, З.И. Справочник инженера по охране окружающей среды: Учебнометодическое пособие / З.И. Перхутхина, Е.Н. Недух. М.: Инфраинженерия., 2006. 184 с.
28. Овчинникова, Г.П. Рециклинг вторичных полимеров: учебное пособие / Г.П. Овчинникова, С.Е. Артеменко. Саратов, 2013. 14 с.
29. Поташников, Ю.М. Утилизация отходов производства и потребления / Ю.М. Поташников. Тверь: ТГТУ, 2004. 42 с.
30. Полушин, Д.Л. Новая технология вторичной переработки и утилизации пленочных полимерных материалов / Д.Л. Полушкин / Тамбов: Вестник Тамбовского государственного технического университета., 2006. Т. 12, № 1А. 37 39 с.
31. Пурим, В.Р. Бытовые отходы. Теория горения. Обезвреживание. Топливо для энергетики / В. Р. Пурим. М.: Энергоатомиздат, 2005. 310 с.
32. Рябушкин, В.И. Производство и переработка пластмасс, / В.И. Рябушкин, В.С. Левин. М.: НИИТЭХИМ, 2013. С.3639.
33. Систер, В.Г. Твёрдые бытовые отходы (сбор, транспорт и обезвреживание): Справочник / В. Г. Систер и др. М.: АКХим. К. Д. Памфилова, 2003. 286 с.
34. Тимонин, А.С. Основы расчёта и конструирования химикотехнологического и природоохранного оборудования: Справочник / А.С. Тимонин. Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2002. Второе издательство. № 2. 819 с.
35. Тирехова, А.И. Упоковка и проблемы экологии / Я.Г. Муравиян, Л.В. Козлина. М., 2010. 37 с.
36. Торочешников, Н.С. Техника защиты окружающей среды / Н.С. Торочешников, И.А. Радионов. М.: Химия, 2011. 283 с.

37. Фёдорова, А.Н. Правила по экологии и охране окружающей среды: Учебное пособие для студ. Высш. Уч. Заведений. / А.Н. Федорова, А.Н. Никольская. М.: гуманитар. Изд. Центр Владос, 2009. 92 96 с.

38. Федорова, А.Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды: Учебное пособие для студ. Высш. Уч. Заведений. / А.Н. Федорова, А.Н. Никольская. М.: Гуманит. Изд. Центр Владос, 2002. 277 с.

39. Филимонов, О.О. Особенность ПЭТФ тары как вторичного антропогенного сырья и ценообразование в сфере её переработки / О.О. Филимонов. СПб.: Санкт Петербургский Государственный экономический университет, 2004. 3 с.

40. Шоповал, Г.С. Очистка и переработка отходов. Утилизация полимерной тары бытового назначения. Экология и ресурсосбережение / Г.С. Шоповал, В.П. Глухарь. М., 2002. № 4 42 с.

41. Штарне, Л. Использование промышленных и бытовых пластмасс / Л. Штарне. Л.: Химия, 2006. 44 с.

42. Штурман, А.А. Пластические массы / А.А. Штурман. М., 2006. 201 с.

43. Germansky A., Siroky R. Rekirculacia zmesi odpadnych plastov // Plast akaue 1976. V.13, №12. p.360364.

44. Патент РФ №2006116479/12, 09.10.2014  
Способ и устройство для переработки использованных ПЭТ бутылок // Патент России № 2349451. 2006. Бюл. № 8. / Фридлиндер Т., Хофэрберт М., Кирххоф Т.

45. Патент РФ № 2008146612/04, 20.03.2010  
Способ переработки полиэтилентерефталата в порошкообразный продукт // Патент России № 2384592. 2008. Бюл. № 8. / Панасюк Г.П., Ворошилов И.Л., Азарова Л.А [и др.].

46. Патент РФ № 2005141345/03, 29.12.2005  
Комплекс переработки твёрдых отходов производства и потребления // Патент России № 2324554. 2007. Бюл. № 14. / Федотов Е.В.

47. Патент CN 202702439 U, 27.07.2012  
Waste plastic bottle recycling and loading / Yan Chuanrong.
48. Патент CN 102424221 A, 29.10.2011  
Intelligent plastic bottle recycling / Cao Jiandong , Cyun Yuedong , Ma Djung.
49. Патент US5236603 A, 18.06.1991  
Method for plastics recycling / Donald L.
50. Патент US7591222 B2, 3.05.2006  
Compressing device for plastic bottles optimized for recycling machines / Лафонд  
Ален.
51. Патент US7892500 B2, 31.07.2007  
Method and system for recycling plastics / Carner William E.
52. [<http://www.priroda.su/item/7430>]
53. [<https://book.plastinfo.ru/information/articles/106/>]
54. [<http://centropol.ru/trotuarnayaplitkaizplastikovyxbutylok.html>]
55.  
[[https://filterland.ru/catalog/nakopitelnie\\_emkosti/spetsialnie/agro300#options](https://filterland.ru/catalog/nakopitelnie_emkosti/spetsialnie/agro300#options)]
56. [<http://kupistanok.ru/company/category/59drobilkaamd600d>]
57. [<http://kupistanok.ru/company/category/60drobilkaamd600du>]
58. [<http://www.consultant.ru/law/ref/calendar/proizvodstvennye>]
59. [<http://kplast.org/articles/209903>]
60.  
[[http://www.vivtech.ru/assets/templates/default/downloads/dryplast\\_rus\\_small](http://www.vivtech.ru/assets/templates/default/downloads/dryplast_rus_small)]
61. [<http://petbottle.ru/qualityinfo.htm>]
62. [<http://www.newreferat.com/ref353092.html>]
63.  
[[http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_207118/799fe16b7a75cc5102bdc920520920b36493e617/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_207118/799fe16b7a75cc5102bdc920520920b36493e617/)]