

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт
Кафедра «ИЭиБЖД»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Т.А.Кулагина
подпись
«_____» _____ 2019 г

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

по направлению 20.03.01 «Техносферная безопасность»

«Использование отходов пластмассы
в качестве вторичных материальных ресурсов»

Научный консультант	_____	д.т.н., профессор	Т.А. Кулагина
	подпись, дата		
Руководитель	_____	ст. преподаватель	Е.Н. Зайцева
	подпись, дата		
Выпускник	_____		А.А. Гутник
	подпись, дата		
Нормоконтролер	_____	ст. преподаватель	Е.Н. Зайцева
	подпись, дата		

Красноярск 2019

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт
Кафедра «ИЭиБЖД»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Т.А.Кулагина
подпись
« _____ » _____ 2019 г

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы

Студенту: Гутник Александре Александровне
Группа: ФЭ15-10Б
Направление (специальность): 20.03.01 «Техносферная безопасность»
Тема выпускной квалификационной работы: «Использование отходов пластмассы в качестве вторичных материальных ресурсов».
Утверждена приказом по университету: №18983/с от 17 декабря 2018 г.
Руководитель ВКР: Е.Н. Зайцева ст. преподаватель каф.
Исходные данные для ВКР: нормативная, справочная и другая литература.
Перечень разделов ВКР: введение, динамика образования отходов и морфологический состав, загрязнение отходами пластмассы, методы утилизации отходов пластмассы, отходы пластмассы как вторичный материальный ресурс, выгоды предприятия по переработке отходов пластмассы.
Перечень графического материала:
Лист 1 – Динамика образования отходов и изменение их морфологического состава
Лист 2 – Объемы производства пластмассы. Образование отходов пластмассы и обращение с ними
Лист 3 – Технология переработки отходов пластмассы в гранулы
Лист 4 – Технология производства полимерпесчаных изделий
Лист 5 – Оценка рентабельности производства и срока окупаемости оборудования на примере линии производства полимерпесчаных изделий

Руководитель _____ Е.Н. Зайцева
подпись

Задание принял к исполнению _____ А.А. Гутник
подпись

« _____ » _____ 2019 г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ГРАФИК

выполнения ВКР

Наименование и содержание этапа	Срок выполнения
Сбор и анализ исходной литературы и документации	11.05.2019 – 19.06.2019
Постановка основной задачи, освоение расчетных методик	20.06.2019 – 25.06.2019
Выполнение расчетов, оформление результатов, составление выводов	26.06.2019 – 30.06.2019
Оформление расчетно-пояснительной записки	01.07.2019 – 03.07.2019
Графическое оформление чертежей	04.07.2019 – 06.07.2019
Оформление прочей документации	07.07.2019 – 15.07.2019

Руководитель

подпись

Е.Н. Зайцева

Задание принял к исполнению

подпись

А.А. Гутник

« » _____ 2019 г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Использование отходов пластмассы в качестве вторичных материальных ресурсов» содержит 84 страницы, включает 37 таблиц, 41 рисунок, 2 приложения, 33 литературных источника и 5 листов графического материала.

ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА, ТВЕРДЫЕ КОММУНАЛЬНЫЕ ОТХОДЫ, ОТХОДЫ ПЛАСТМАССЫ, УТИЛИЗАЦИЯ ПЛАСТМАССЫ, ПЕРЕРАБОТКА ПЛАСТМАССЫ, ПОЛИМЕРНЫЕ ГРАНУЛЫ, ПОЛИМЕРПЕСЧАНЫЕ ИЗДЕЛИЯ.

Объект исследования – отходы пластмассы, применяемые в качестве вторичного материального ресурса (ВМР).

Целью выпускной квалификационной работы является возможность использования отходов пластмассы как ВМР.

В результате выполнения ВКР было изучено: динамика образования отходов и морфологический состав, общие сведения о пластмассах и их отходах, методы утилизации отходов пластмассы, использование отходов пластмассы в качестве вторичного материального ресурса, технология переработки отходов пластмассы в гранулы, производство полимерпесчаных изделий, выгоды предприятия по переработке отходов пластмассы

В качестве мероприятий предложены: линия по переработке отходов пластмассы в гранулы, линия производства полимерпесчаных изделий из отходов пластмассы.

АННОТАЦИЯ

к выпускной квалификационной работе на тему: «Использование отходов пластмассы в качестве вторичного материального ресурса»

ВКР выполнена на 84 страницы, включает 37 таблиц, 41 рисунок, 2 приложения, 33 литературных источника и 5 листов графического материала.

Объект исследования – отходы пластмассы, применяемые в качестве вторичного материального ресурса (ВМР).

Целью выпускной квалификационной работы является возможность использования отходов пластмассы как ВМР.

В бакалаврскую работу входит задание, реферат, аннотация, введение, содержание, 5 глав, приложения, заключение по работе.

Во введении раскрывается актуальность выпускной квалификационной работы по выбранному направлению, ставятся цель и задачи.

В первой главе дана общая характеристика динамики образования отходов и изменении их морфологического состава в течение времени.

Во второй главе описана проблема загрязнения отходами пластмассы, приведены общие сведения о пластмассах и об отходах пластмассы, а также статистические сведения о производстве, использовании и утрате потребительских свойств пластмасс.

В третьей главе рассматриваются различные методы утилизации отходов пластмассы.

В четвертой главе предлагаются мероприятия по использованию отходов пластмассы в качестве вторичного материального ресурса.

В пятой главе описываются выгоды предприятия по переработке отходов пластмассы, дается оценка одной из технологических линий на предмет рентабельности и окупаемости.

В заключении сформулированы основные выводы по выпускной квалификационной работе.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	7
1 Динамика образования отходов и морфологический состав.....	9
2 Загрязнение отходами пластмассы.....	13
2.1 Общие сведения о пластмассах	13
2.2 Общие сведения об отходах пластмассы.....	15
2.3 Производство, использование и утрата потребительских свойств пластика	18
3 Методы утилизации отходов пластмассы	23
4 Отходы пластмассы как вторичный материальный ресурс.....	27
4.1 Переработка отходов пластмассы в гранулы	28
4.1.1 Виды вторичных гранул	29
4.1.2 Преимущества технологии производства гранул	31
4.1.3 Сырье для производства гранул	31
4.1.4 Оборудование для производства гранул	32
4.1.5 Технология переработки отходов пластмассы в гранулы	45
4.2 Производство полимерпесчаных изделий из отходов пластмассы	48
4.2.1 Преимущества технологии и изделия	48
4.2.2 Составные компоненты	51
4.2.3 Оборудование для производства полимерпесчаных изделий	52
4.2.4 Технология изготовления полимерпесчаных изделий.....	59
5 Выгоды предприятия по переработке отходов пластмассы	62
5.1 Реализация и сбыт гранул полипропилена.....	63
5.2 Реализация и сбыт полимерпесчаных изделий	64
5.3 Определение рентабельности и срока окупаемости на примере линии производства полимерпесчаных изделий	64
5.3.1 Исходные данные	65
5.3.2 Затраты на производство	66
5.3.3 Расчет выручки.....	75
5.3.4 Итоговые расчеты	75
Заключение	78
Список использованных источников	80
Приложение А Линия переработки отходов пластмассы в гранулы.....	83
Приложение Б Линия производства полимерпесчаных изделий из отходов пласт- массы	84

ВВЕДЕНИЕ

В век научно-технического прогресса объем производства вырос более чем в сто раз благодаря значительному расширению научных открытий и внедрения их в новейшие технологии. Весомый вклад в новые технологии внесли и химические и биологические науки. На базе их открытий были созданы новые материалы из синтетических полимеров, не существовавших ранее на Земле.

Считалось, что своими свойствам эти материалы настолько хороши, что вошли они буквально во все сферы жизни человека, стали незаменимыми и необходимыми.

Пластмассы - материалы на основе органических природных, синтетических или органических полимеров, из которых можно после нагрева и приложения давления формовать изделия сложной конфигурации. Полимеры - это высокомолекулярные соединения, состоящие из длинных молекул с большим количеством одинаковых группировок атомов, соединенных химическими связями. Кроме полимера в пластмассе могут быть некоторые добавки.

Сегодня в мире выпускается ежегодно около 130 миллионов тонн пластмасс и это число возрастает в среднем на 5-6 % ежегодно. Их удельное потребление в развитых странах достигло 85-90 кг/чел. в год и продолжает увеличиваться.

Однако, жизнедеятельность общества неизбежно связана с образованием отходов на всех стадиях производства и переработки изделий из пластмасс. Наряду с положительными качествами, у этих синтетических продуктов есть один существенный недостаток - они, в отличие от многих природных материалов, выполнив свои функции, не уничтожаются достаточно быстро под действием света, тепла, микроорганизмов, а продолжают существовать в виде долгоживущих отходов, причиняя в некоторых случаях непоправимый ущерб живой природе.

Таким образом, постоянное загрязнение природной среды пластмассовыми отходами вызывает все большую обеспокоенность. Например, то, что пластиковый мусор был обнаружен во всех основных бассейнах океанов, при этом, по оценкам, только в 2010 году от 4 до 12 млн т пластиковых отходов образовалось на побережьях. Пластиковые отходы в настоящее время настолько распространены в окружающей среде, что их считают геологическим индикатором эпохи антропоцена.

Поэтому актуальность проблемы их утилизации, а также вреда, приносимого здоровью людей и окружающей среде, по-прежнему остается острой.

Основной объем пластиковых отходов, уничтожаются захоронением в почву или сжиганием. При захоронении в почву пластиковые отходы не подвергаются гниению, коррозии, а при сжигании, в атмосферу выделяется большое количество вредных веществ.

Переработка пластмасс - это совокупность технологических процессов, обеспечивающих получение изделий - деталей с заданными конфигурацией, точностью и эксплуатационными свойствами.

В настоящее время проблема переработки отходов полимерных материалов обретает актуальное значение не только с позиций охраны окружающей среды, но и связана с тем, что в условиях дефицита полимерного сырья - пластиковые отходы становятся мощным сырьевым и энергетическим ресурсом.

Вместе с тем решение вопросов, связанных с отходами пластмасс, требует значительных капитальных вложений. Это связано со специфическими особенностями пластмасс, значительно затрудняющими или делающими непригодными известные методы уничтожения твердых отходов.

Использование отходов полимеров позволяет существенно экономить первичное сырье (прежде всего нефть) и электроэнергию. Также положительной стороной утилизации пластиковых отходов является и то, что в процессе переработки, получается дополнительное количество полезных товарных продуктов для различных отраслей народного хозяйства, и не происходит повторного загрязнения окружающей среды.

По этим причинам переработка пластиковых отходов является не только экономически целесообразным, но и экологически предпочтительным решением проблемы, использования полимерных отходов.

Основу вторичных полимеров составляют отходы упаковок пищевых продуктов, корпусных и тарных элементов. Такой вторичный полимер является сегодня основой производства широкой номенклатуры товаров.

Большой объем потребления полимерных материалов характерен для предприятий, ориентированных на выпуск потребительских товаров различного назначения с применением вторичных пластмасс.

Специфика переработки пластиковых отходов связана с двумя основными причинами:

- разнообразный и сложный химический состав (полистирол, поливинилхлорид, полифенол, полиэтилентерефталат, полипропилен и т.п.);
- продолжительный период распада (до 100 лет, а в некоторых случаях – до 500 лет).

Целью работы является возможность использования отходов пластмассы как вторичный материальный ресурс.

Основные задачи работы:

- анализ существующей проблемы отходов пластмассы;
- предложения мероприятий по использованию пластмассы как ВМР;
- оценка предложенного мероприятия.

1 Динамика образования отходов и морфологический состав

Отходы производства и потребления являются острой проблемой мирового масштаба. Проблемы загрязнения окружающей среды отходами производства и потребления представляют собой комплекс серьезных проблем, требующих системного и безотлагательного решения.

В 2017 году на территории Российской Федерации, по данным Росприроднадзора, образовалось 6 220,6 млн т отходов.

За период с 2010 по 2017 год количество ежегодно образующихся отходов увеличилось с 3 735 млн т до 6 221 млн т, или на 66,5%. Динамика образования отходов в зависимости от года представлена на рисунке 1.1.

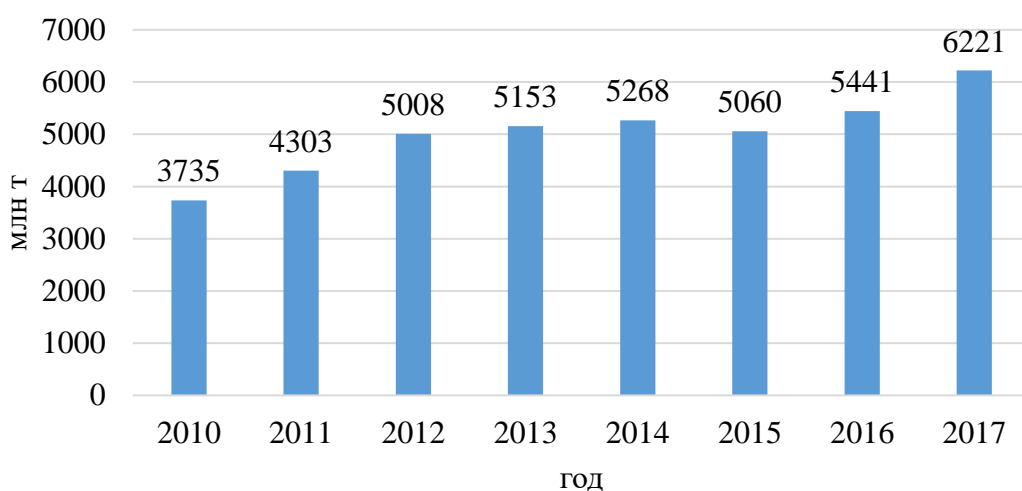


Рисунок 1.1 – Динамика показателей объема образования отходов производства и потребления в Российской Федерации

В начале рассматриваемого периода (до 2012 г.) отмечен рост значений данного показателя примерно на 15-16% в год; далее до 2015 г. наблюдалась относительная стабильность, с незначительными изменениями в пределах 2-4%; в последние два года (2016 и 2017 гг.) произошло повышение значений на 7% и 14% соответственно [1].

По данным Росприроднадзора, к началу 2018 года в России было накоплено 38 млрд 73 млн т промышленных и бытовых отходов. Утилизировано для повторного применения в 2018 году было 2 млрд 53,9 млн т отходов.

Порядка 90% приходится на долю различных производств, в основном добывающих. Объем твердых коммунальных отходов (ТКО) – 60 - 70 млн т в год. Таким образом, на каждого россиянина приходится в среднем 400 кг мусора в год [2].

Твердые коммунальные отходы включают в себя отходы, образующиеся в жилых помещениях в процессе потребления физическими лицами, товары, утратившие свои потребительские свойства в процессе их использования физическими лицами в жилых помещениях в целях удовлетворения личных и бытовых нужд, а также отходы, образующиеся в процессе деятельности юридических лиц,

индивидуальных предпринимателей, подобные по составу отходам, образующимся в жилых помещениях в процессе потребления физическими лицами [1].

Используются три способа борьбы с мусором: сжигание, захоронение (свалки) и переработка. Все способы, кроме переработки, губят природу и опасны для здоровья людей. На диаграмме, представленной на рисунке 1.2, отражена информация в процентном отношении о способах борьбы с мусором в России. Можно сделать вывод о том, что практически весь выбрасываемый мусор нашей страны отправляется на полигоны и санкционированные или несанкционированные свалки, несмотря на то, что это наносит значительный вред окружающей среде и здоровью человека. На переработку в нашей стране отправляется всего 4% отходов.

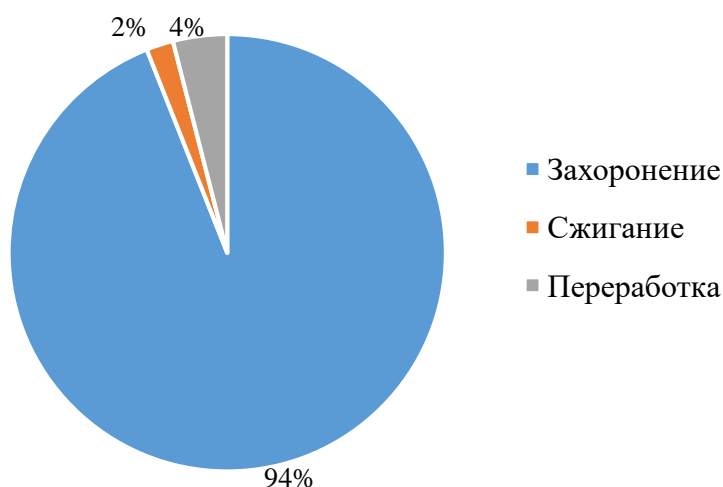


Рисунок 1.2 – Распределение отходов ТКО по способам их утилизации в России

По состоянию на январь 2019 года в государственный реестр были включены 5 526 объектов размещения отходов. Их общая остаточная вместимость превышает 1,7 млрд т. Ежегодно площадь свалок в России увеличивается на 0,4 млн га.



Рисунок 1.3 – Переработка отходов за рубежом [3]

В это время за рубежом давно задумались о проблеме отходов и с нарастающими темпами занимаются их переработкой. Для сравнения на рисунке 1.3 представлены диаграммы с долей утилизации отходов на примере одного из городов, успешно справляющихся с проблемами мусора, зарубежных стран [3].

Грамотное обращение с отходами — жизненно важная задача для любой страны. Количество отходов растет быстрыми темпами, и проблема обращения с ними становится все актуальнее и важнее.

Изучение состава бытового мусора позволяет выбрать эффективные технологии утилизации – переработки или захоронения отходов.

Морфологический состав отходов включает в себя следующие виды:

- полимеры,
- макулатура,
- стекло,
- пищевые отходы,
- текстиль,
- цветной и черный металл,
- отсев,
- прочие отходы.

Нарастание оборотов промышленности изменило морфологический состав ТКО. Кроме того, что содержание пищевых отходов в общей массе снизилось, стало больше не разлагаемых вредных фракций:

- пластика, пластмассовых изделий;
- стеклянных банок, бутылок;
- резиновых, каучуковых изделий;
- отработанных ртутьсодержащих изделий: градусников, ламп.

С нарастанием токсичности отходов стал опаснее для эпидемиологического благополучия состав фильтрата полигонов ТБО. Поэтому возникает острая необходимость снизить негативное воздействие на окружающую среду: почву, воздух, водные объекты [4].

Одними из наиболее опасных для окружающей среды являются отходы пластика, так как они стойки к влиянию окружающей среды, для полного разложения пластикового отхода необходимы десятки, а то и сотни лет.

Производство изделий из пластика считалось большим мировым скачком, полимерные соединения широко вошли не только в промышленность, но и в быт людей с использованием упаковки, ПЭТ-тары и прочих изделий.

К сожалению, сейчас наблюдается большая проблема, касающаяся пластиковых изделий, утративших свои потребительские свойства. Мир утопает в отходах, и пластика в их общей массе становится все больше и больше. Большое количество отходов пластика создает серьезную экологическую угрозу.

Для обслуживания запросов населения химические заводы увеличивают объемы выпуска всевозможных предметов из искусственных полимеров.

Соответственно, с увеличением производства изделий из пластика увеличиваются и объемы пластиковых отходов. Так, например, по данным ИФС, в 1999 году в морфологическом составе отходов наблюдалось 4% пластика,

в 2011 году - 6%. Данные морфологического состава по России. Сравнение морфологического состава отходов на 1999 год и отходов на 2011 год представлено в виде диаграмм на рисунке 1.4.

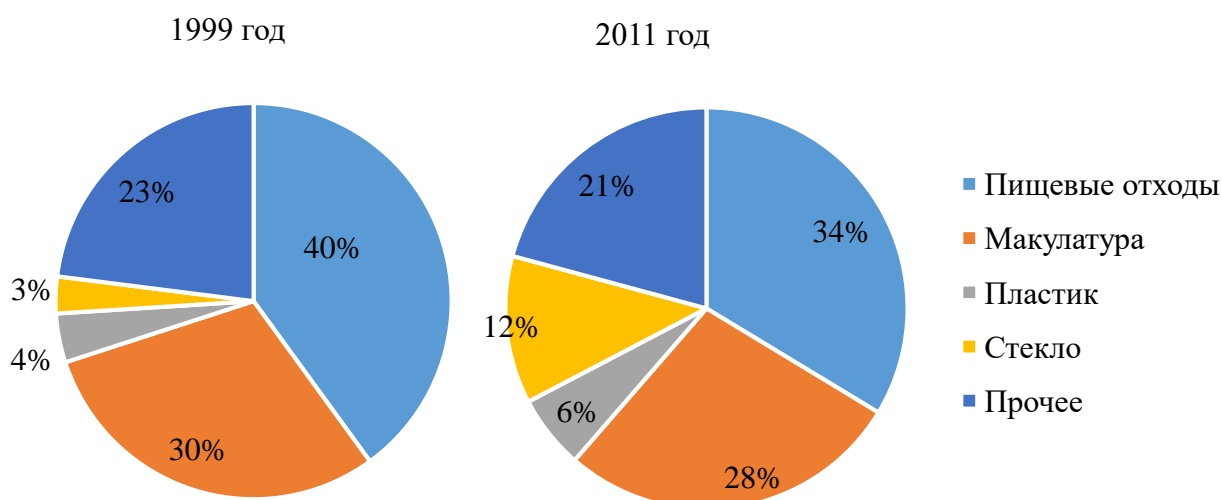


Рисунок 1.4 – Морфологический состав отходов на 1999 и 2011 год в России

По данным IFC сейчас отходы пластика в ТКО составляют от 8 до 12%, в зависимости от благосостояния населения стран морфологический состав указан в таблице 1.1 [5].

Таблица 1.1 – Морфологический состав отходов в зависимости от уровня благосостояния населения

Наименование	Страны с низким доходом (< \$876 ВНД/чел)	Страны со средним доходом (\$876 - 3465 ВНД/чел)	Страны со средневысоким доходом (\$3466 - 10725 ВНД/чел)	Страны с высоким доходом (>\$10725 ВНД/чел)
Образование ТКО, т/чел/год	0,22	0,29	0,42	0,78
Органические отходы, %	64	59	54	28
Макулатура, %	5	9	14	3
Пластик, %	8	12	11	11
Металл, %	3	2	3	6
Стекло, %	3	3	5	7
Прочее, %	17	15	13	45

По данным Гринпис на 2018 год в России представлен следующий морфологический состав отходов, который можно наблюдать на диаграмме рисунка 1.5, интересующие нас токсичные отходы пластика согласно этому источнику занимают «почетное» третье место и насчитывают 15%. Первое место по данному морфологическому составу занимает макулатура, второе – стекло [3].

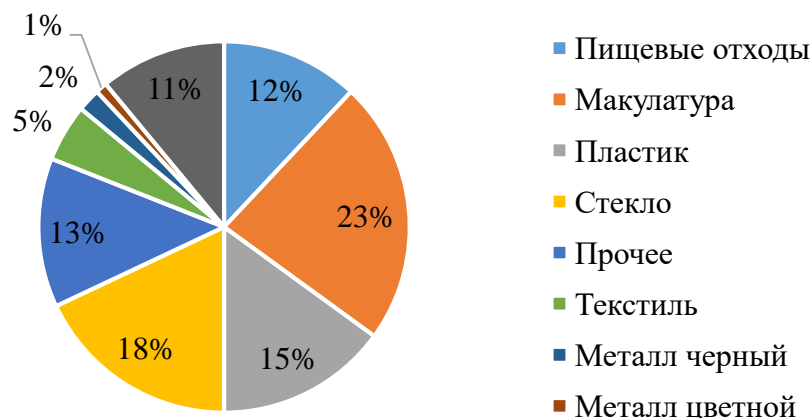


Рисунок 1.5 – Морфологический состав отходов на 2018 год в России по данным Гринпис [3]

2 Загрязнение отходами пластмассы

2.1 Общие сведения о пластмассах

Пластмассы — это материалы, полученные на основе природных или синтетических полимеров, способные приобретать заданную форму при нагревании под давлением и устойчиво сохранять ее после охлаждения.

Пластмассы представляют собой смеси полимеров с другими веществами - наполнителями, пластификаторами, стабилизаторами, пигментами и пр.

Полимеры - основа пластмассы. Полимерами называют вещества высокой относительной молекулярной массы. Они состоят из повторяющихся групп атомов, звеньев исходного вещества – мономера. Звенья образуются и последовательно соединяются друг с другом в процессах получения полимеров. Чем больше звеньев в макромолекуле полимера, тем более прочен материал и более стоек к действию нагрева и растворителей.

Пластмассы по своему производству превзошли большинство других искусственных материалов и уже долгое время находятся под пристальным вниманием всего мира. И тем не менее до сих пор нет полной подробной информации о пластике, как об отходе.

В зависимости от характера превращений, происходящих с полимером при формовании изделий, пластмассы разделяют на:

- термопласты (наиболее распространены термопласты на основе полиэтилена, полипропилена, поливинилхлорида, полистирола)
- реактопласты (наиболее распространены реактопласты на основе феноло-формальдегидных, полиэфирных, эпоксидных смол; реактопласты обычно содержат большие количества наполнителя — стекловолокна, сажи, мела и др.).

Термопласты после формования изделий сохраняют способность к повторной переработке. Переработка реактопластов в изделия сопровождается необратимой химической реакцией, приводящей к образованию неплавкого и нерастворимого материала (так называемые сшитые полимеры).

По композиционному составу различают два вида пластмасс:

- ненаполненные - состоят только из полимера и некоторых специальных добавок (полиэтиленовая пленка, полистирольные изделия и другие);
- наполненные - содержат кроме полимера наполнители, стабилизаторы, пигменты (различные виды линолеума и погонажные изделия из поливинилхлорида, бумажно-слоистые пластики и другие).

На примере нескольких видов материалов можно представить, насколько велик спектр выпускаемых на их основе продуктов:

– Полиэтилен (1-е место в мире по объему производства): пленки и пакеты, волокна (веревки, тросы), тара (бутылки, медицинская посуда), трубы, сифоны для сантехники, игрушки.

– Полипропилен (2-е место): панели и бамперы для автомобилей, стенки и полки холодильников, особо прочная медицинская посуда, шприцы, изоляционные материалы, покрытия, посуда.

– Полиэтилентерефталат (3-е место): упаковочные бутылки (для напитков), искусственные волокна, тросы крепежные;

– Поливинилхлорид: синтетическая кожа, оконные рамы, строительная фурнитура.

– Полистирол: корпуса телефонных аппаратов и телевизоров, панели приборов, мебель, ванны, посуда, игрушки, упаковки, авторучки.

– Полиамид: чулки, носки, куртки, рубашки, шестеренки, втулки, лыжи, тросы, шланги.

– Полиуретан: шланги для ванн, катетеры, бамперы, шины, колеса, амортизаторы, звукоизоляция, клеи, оконные рамы, двери, лыжи, подошвы обуви.

Таким образом, все перечисленные виды полимерных материалов можно отобразить в одной диаграмме в зависимости от доли объемов их использования. Структура рынка часто встречающихся полимеров представлена на диаграмме рисунка 2.1 [6].

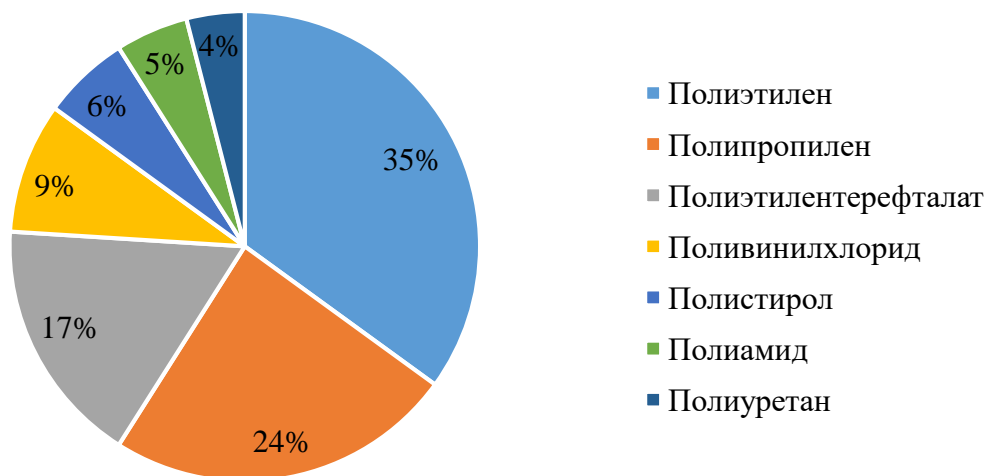


Рисунок 2.1 – Структура рынка полимеров

2.2 Общие сведения об отходах пластмассы

Пластиковое загрязнение — процесс накопления продуктов из пластмасс в окружающей среде, отрицательно сказывающийся на природе, среде обитания диких животных и людей. Существует очень много видов и форм пластикового загрязнения [7].

Полимерные отходы представляют собой разные виды отслуживших изделий и материалов, изготовленных из синтетических полимеров, которые практически не поддаются биологическому разложению, негативно воздействуя на окружающую среду.

Отходы полимеров в огромном количестве образуются при изготовлении пластиков и изделий из них. К промышленному полимерному мусору относятся, например, части пластмассовых труб, остатки, остающиеся при производстве пластиковых (ПВХ) окон и т.д. Но большую долю пластиковых отходов занимают бытовой полимерный мусор. К бытовому пластиковому мусору могут относиться: пластиковые бутылки, упаковка из полиэтилена, полимерные пленки, корпуса разных видов техники (бытовая, садовая и т.п.), ящики из пластмассы и другие пластиковые емкости и так далее.

По источникам образования отходы пластмасс можно классифицировать следующим образом:

- технологические отходы производства, образующиеся при синтезе и переработке пластмасс. По свойствам они мало отличаются от исходного сырья и могут повторно перерабатываться в смеси с исходным материалом;

- отходы производственного потребления, накапливающиеся в результате выхода из строя изделий - отходы, используемых в различных отраслях экономики. Эти отходы достаточно однородны и также могут быть повторно переработаны в изделия. К ним относятся детали машин, тара, отходы пленочных материалов сельскохозяйственного назначения и др.;

- отходы общественного потребления, накапливающиеся на свалках в результате морального или физического износа полимерных деталей или изделий, в которых они использовались (пластмассовая посуда, мебель, детали автомобилей и другой бытовой техники). Хотя они и представляют ценное вторичное сырье, но вследствие перемешивания с другими видами отходов их переработка в изделия затруднена. Доля отходов общественного потребления составляет 50% всех полимерных отходов.

Образующиеся отходы пластмассы можно представить в виде диаграммы в зависимости от вида пластика и процента образования. Таким образом, структуру пластиковых отходов по видам полимеров представлена на рисунке 2.2.

Для облегчения разделения отходов пластмасс по видам во многих странах при производстве пластмассовых изделий осуществляется их маркировка, обозначающая тип использованного сырья и возможные направления его использования [8].

Для наглядности в таблице 2.1 приведены некоторые разработанные коды пластмасс и области их применения.

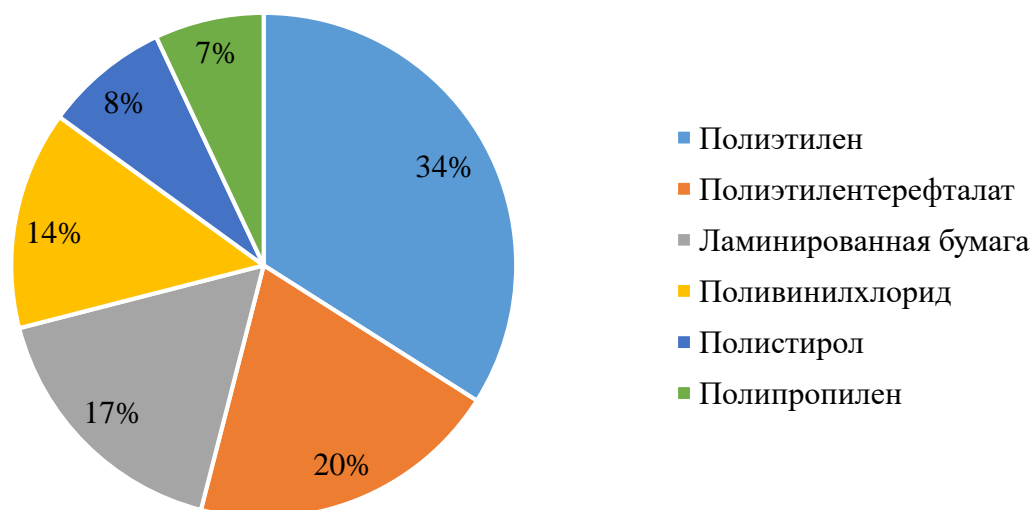


Рисунок 2.2 – Структура пластиковых отходов по видам полимеров

Таблица 2.1 – Коды пластмасс и области их использования [9]

Код пластмасс	Характеристика
РЕТ	Полиэтилентерефталат - используется при изготовлении бутылок для напитков
РЕ-НО	Полиэтилен высокой плотности - используется при изготовлении бутылок для моющих средств, реже для масла и молока, игрушек
РVС	Поливинилхлорид (ПВХ) - используется для упаковки мясных продуктов; широко используется для изготовления окон
РЕ-LD	Полиэтилен низкой плотности - полностью заменил целлофан, используется в прозрачных упаковках, пакетах и т.д.
РР	Полипропилен - используется в контейнерах для пищевых продуктов (йогурта и т.п.)
РS	Полистирол - используется для производства одноразовой посуды для ресторанов быстрого питания, реже контейнеров для яиц
РUR	Полиуретан – используется в формованных и литевых изделиях
HDPE	Полиэтилен высокой плотности
О	Прочие - чаще всего используются при производстве многослойной упаковки или упаковки из смеси нескольких типов пластика

Также отходы пластмасс можно классифицировать по технологическим критериям, позволяющим делать заключение о возможностях вторичного использования отходов. Классификация отходов пластмасс по технологическим критериям представлена в таблице 2.2 [8].

Таблица 2.2 – Классификация отходов пластмасс [8]

Группа	Источник образования	Однородность	Загрязненность	Вид и форма	Примеры
Отходы производства	Промышленность, производящая пластмассы (синтез и переработка пластмасс)	Однотипные	Незагрязненные	Порошок, гранулят, агломерат	Технологические отходы, образующиеся при отработке режима; корки, образующиеся на стенках реакторов и фильтров; некондиционные (например, по молекулярной массе) полимеры; образцы пластмасс после физико-химических испытаний
	Промышленность, перерабатывающая пластмассы и обрабатывающая изделия из пластмасс	Однотипные и комбинированные	Незагрязненные	Куски разных размеров, пленка, полотно, ленты, куски вспененных материалов	Технологические отходы, образующиеся при отработке режима, литниковые отходы, брак
Отходы потребления	Отходы производственного потребления	Однотипные и комбинированные, содержат инородные тела	Загрязненные	Изделия, пленка, куски	Пленочные материалы сельскохозяйственного назначения, детали машин, приборы и т.п.
	Городское хозяйство (жилой и нежилой сектор города) - 50% всех пластмассовых отходов	Однотипные, смешанные, комбинированные, поврежденные, содержат инородные тела	Загрязненные	Изделия, пленка, куски	Пластмассовая посуда, тара и упаковка; детали бытовой техники, автолом и др.

2.3 Производство, использование и утрата потребительских свойств пластика

Производство полимеров представляет собой одну из наиболее динамично развивающихся отраслей промышленности. Их удельное потребление в развитых странах достигло 85-90 кг/чел. в год и продолжает увеличиваться.

Мировое производство пластика увеличилось с 2 млн. т в 1950 году до 381 млн. т в 2015 году, годовой темп роста представлен в таблице 2.3. Общее пластика, произведенного с 1950 по 2015 год, составляет 7800 млн. т. Половина этого объема - 3900 млн. т - была произведена всего за последние 13 лет.

По оценкам американских ученых, на момент 2017 года было всего произведено 8300 млн. т пластика.

В результате доля пластмасс в ТКО (по массе) увеличилась с менее чем 1% в 1960 году до более чем 10% к 2005 году в странах со средним и высоким уровнем дохода.

Таблица 2.3 – Изменение количества произведенного пластика в мире по годам

Года с 1950 по 1971	Произведено, млн т	Года с 1972 по 1993	Произведено, млн т	Года с 1994 по 2015	Произведено, млн т
1950	2	1972	44	1994	151
1951	2	1973	51	1995	156
1952	2	1974	52	1996	168
1953	3	1975	46	1997	180
1954	3	1976	54	1998	188
1955	4	1977	59	1999	202
1956	5	1978	64	2000	213
1957	5	1979	71	2001	218
1958	6	1980	70	2002	231
1959	7	1981	72	2003	241
1960	8	1982	73	2004	256
1961	9	1983	80	2005	263
1962	11	1984	86	2006	280
1963	13	1985	90	2007	295
1964	15	1986	96	2008	281
1965	17	1987	104	2009	288
1966	20	1988	110	2010	313
1967	23	1989	114	2011	325
1968	27	1990	120	2012	338
1969	32	1991	124	2013	352
1970	35	1992	132	2014	367
1971	38	1993	137	2015	381

Американские ученые собрали статистику производства полимеров из различных источников в отрасли и структурировали их в соответствии с типом и областью применения. Доли общего производства полимеров в зависимости от

типа полимера и области применения на основе данных Европы, США, Китая и Индии, рассматриваемые за период 2002-2014 года представлены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 - Производство полимеров в зависимости от типа полимера и отрасли экономики на основе данных Европы, США, Китая и Индии

Область применения	PELD, %	HDPE, %	PP, %	PS, %	PVC, %	PET, %	PUR, %	Другие, %	Всего, %
Транспорт	0,1	0,8	2,6	0	0,3	0	1,6	1,4	6,7
Упаковка	13,5	9,3	8,2	2,3	0,9	10,1	0,2	0,1	44,8
Строительство	1,1	3,3	1,2	2,2	8,1	0	2,4	0,5	18,8
Электроника	0,5	0,2	0,9	0,6	0,4	0	0,4	1	3,8
Продукты общественного потребления	2,9	1,7	3,8	1,8	0,6	0	1	0,2	11,9
Промышленное оборудование	0,2	0,1	0,2	0	0	0	0,3	0	0,8
Другие	1,7	0,9	4,2	0,7	1,4	0	2,5	1,7	13,2
Всего	20	16,3	21	7,6	11,8	10,2	8,2	4,9	100

По некоторым оценкам, в 2015 году 407 млн т первичных пластиков (пластмасс, изготовленных из первичных материалов) вступили в использование, тогда как 302 млн. т потеряли свои потребительские свойства.

Различные сроки службы продукта из пластика приводят к значительному сдвигу, как в области промышленного использования, так и типе полимера, образования отходов пластика. Мировое производство пластика в сравнении с образованием отхода в той или иной области применения за 2015 год представлено в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Производство первичных пластиков и образование отходов за 2015 год по областям применения

Область применения	Производство, млн т	Образование отходов, млн т
Упаковка	146	141
Транспорт	27	17
Строительство	65	13
Электроника	18	13
Продукты общественного потребления	42	37
Промышленное оборудование	3	1
Текстиль	59	42
Другие	21	19
Всего	381	282

Мировое производство пластика в сравнении с образованием отхода в той или иной области применения также можно представить в виде диаграммы с накоплением в зависимости от года образования. Рассмотрим это на рисунке 2.3.

Как правило, практически вся произведенная упаковка в этот же год превращается в отход, но произведенные из пластика строительные материалы могут служить десятилетиями. Так, например, в 2015 году 42% произведенного пластика (около 146 млн т) было использовано в качестве упаковки, а 19% (около 65 млн т) - в качестве строительных материалов, тогда как отходы пластика в этом же году содержали 54% упаковки (141 млн т) и только 5% строительных материалов. (около 12 млн. т). К концу 2015 года все пластиковые отходы, когда-либо произведенные, составили 5800 млн т.

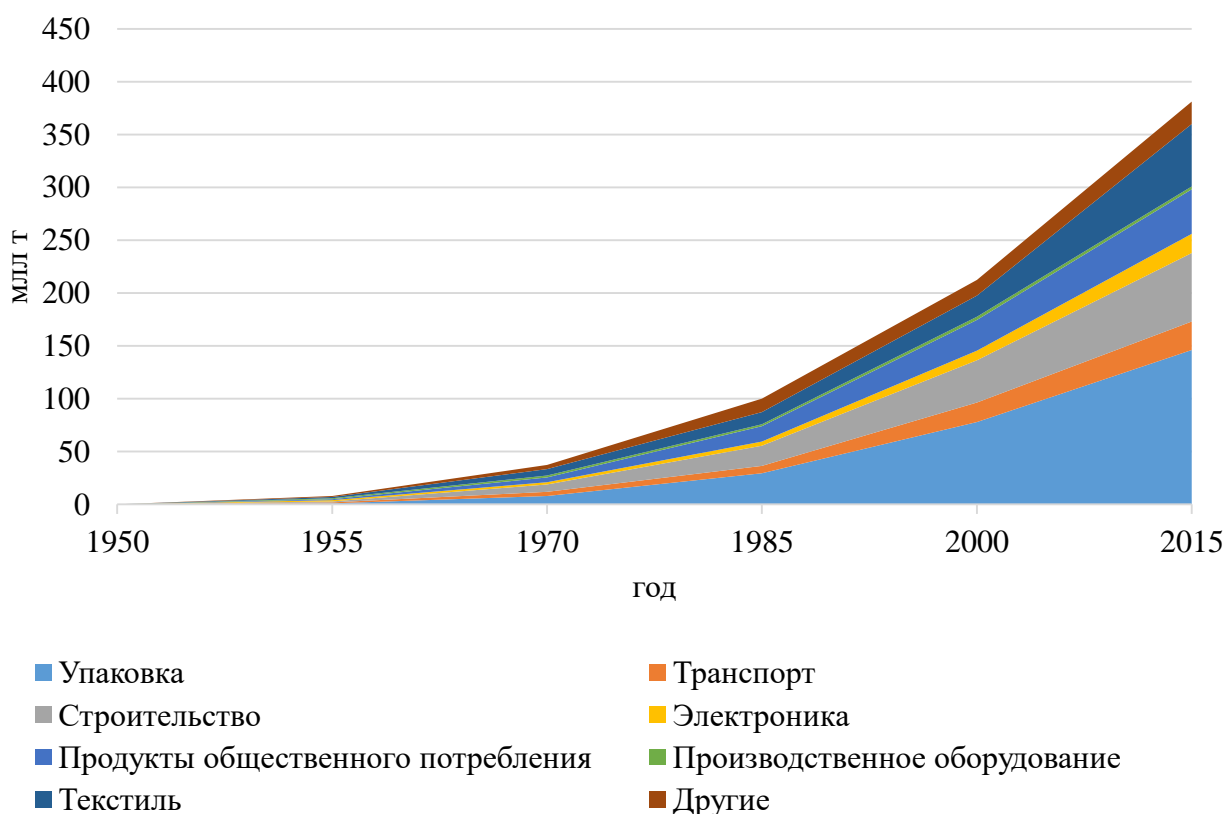


Рисунок 2.3 – Производство первичного пластика в зависимости от области применения с 1950 по 2015 годы

В настоящее время в использовании находится 2500 млн т пластмасс - или 30% всех когда-либо произведенных пластмасс. В период с 1950 по 2015 год накопление первичных и вторичных пластиковых отходов составило 6300 млн т. Из этого количества около 800 млн т (12%) пластмасс было сожжено, а 600 млн т (9%) переработано, из них только 10% были переработаны более одного раза. Около 4900 млн т - 60% всех когда-либо произведенных пластиков накапливается на полигонах, свалках или в естественной среде. Рассмотрим движение образованных отходов пластика по различным методам утилизации на рисунке 2.4.

Ни один из выпускаемых пластиков не разлагается, однако солнечный свет ослабляет материалы, вызывая фрагментацию частиц, размер которых, как известно, достигает миллиметров или микрометров. В последние годы исследования в области воздействия этих «микропластиков» гидросферу и литосферу набирают обороты.

По состоянию на 2015 г. утратили свои потребительские свойства и отправились в отход около 6300 млн. т пластика, лишь 9% из этого было переработано, 12% сожжено, а 79% отправилось на свалки, полигоны и в окружающую среду в виде несанкционированных свалок, мусора в океане и т.д.

Однако, за рубежом переработка отходов пластика набирает обороты. Также увеличиваются показатели сжигания.

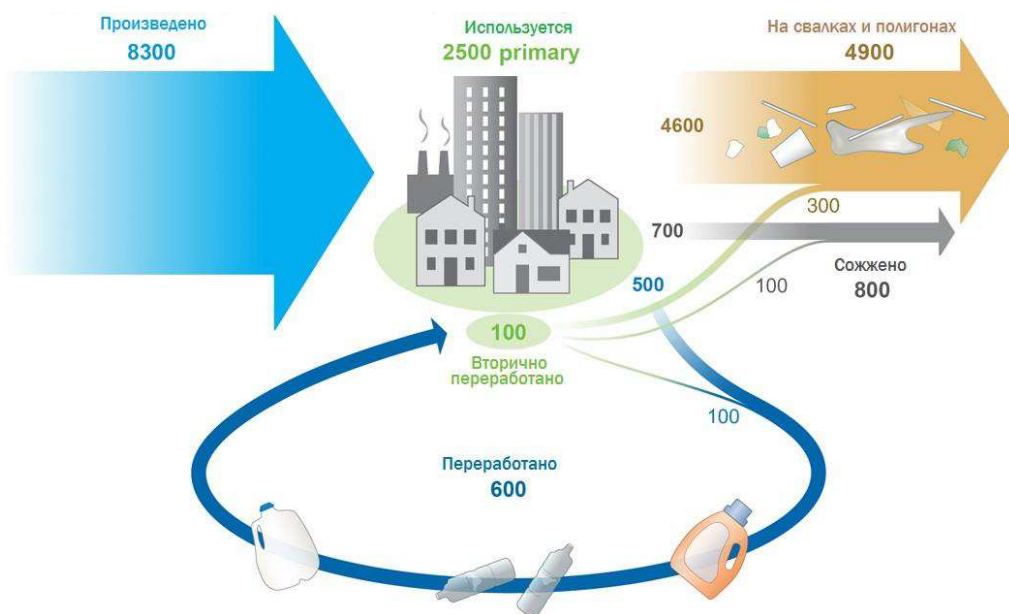


Рисунок 2.4 – Распределение отходов пластика по способам обращения с ними

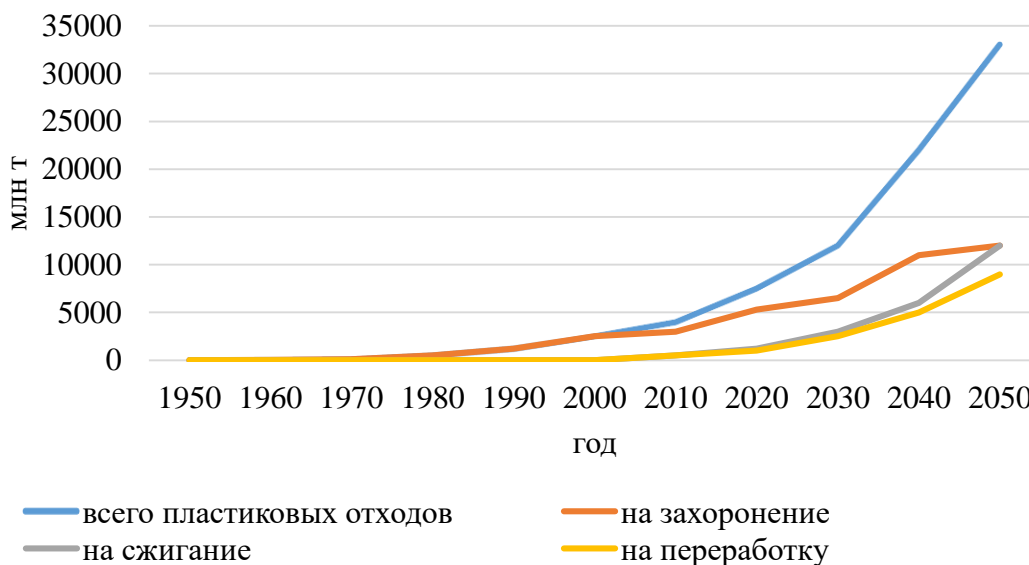


Рисунок 2.5 – Образование пластиковых отходов и обращение с ними

Если производство пластика продолжится в таком же темпе, а методы обращения с отходами будут медленно развиваться, то по мнению американских ученых до 2050 года, 9000 млн т пластиковых отходов будет переработано, 12000

млн т сожжено, а 12000 млн т выброшено на свалку или в природную среду. Образование пластиковых отходов и обращение с ними представлены на рисунке 2.5. Все результаты округлены до ближайших 100 млн т.

В период между 1990 и 2014 годами общая скорость переработки отходов пластика увеличилась и сохраняется на постоянном уровне 0,7% в год. Если эта тенденция сохранится, то переработка достигнет 27% к 2050 году. Доля сжигания отходов выросла неравномерно, но в среднем на 0,9% в год между 1980 и 2014 годами. Если предположить, что ежегодное увеличение на 0,9% сохранится, то сжигание отходов пластика к 2050 году составит около 38%. С учетом этих двух показателей обращения с отходами пластика, утилизация полимерных отходов с 58% в 2014 году снизится до 35% к 2050 году.

Отходы пластика специфичны, так как не поддаются гниению, саморазрушению, аккумулируются, занимая земельные площади, загрязняя населенные пункты, водоемы, лесонасаждения. При сжигании выделяют ядовитые газы, на свалках являются благоприятной средой для жизнедеятельности грызунов, насекомых.

Таким образом, промышленные и бытовые отходы полимерных изделий представляют экологическую опасность [10].

3 Методы утилизации отходов пластмассы

Утилизация отходов пластмасс ввиду быстрого роста объемов их применения приобрела важное экономическое и экологическое значение.

Выделяют четыре принципиально различных направления утилизации и ликвидации отходов пластмасс:

- пиролиз;
- сжигание вместе с бытовыми отходами;
- захоронение на полигонах и свалках;
- переработка отходов в полимерное сырье и повторное его использование для получения изделий.

Как рассматривалось ранее, в России переработке подвергается всего 4% от массы всех отходов. А из всей массы отходов пластика перерабатывается только 3% [11].

Пиролиз — это термическое разложение органических соединений без доступа воздуха. В процессе пиролиза происходит разложение пластиковых отходов на жидкую и газообразную фракции и выделение небольшого количества твердого остатка.

Пиролизный газ направляется на последующее разогревание сырья, то есть происходит частичное самоуничтожение отходов.

Жидкая фракция содержит легкие и тяжелые углеводороды и может использоваться для изготовления жидкого топлива и парафина. В результате из пластмассовых отходов при 425°C и давлении 20 МПа получают топливо, на 95% состоящее из жидких углеводородов и на 5% из горючего газа

Твердый остаток может найти применение в строительстве, например, как гидроизолятор. Современные пиролизные установки позволяют производить переработку отходов практически без выделения в атмосферу вредных веществ. Также при использовании данной технологии выделяется большое количество электроэнергии, которое зависит от состава материала.

Сжигание отходов — термический процесс окисления с целью уменьшения объема отходов, извлечения из них ценных материалов, золы или получения энергии. Основной целью применения этого метода к полимерным отходам является получение энергии. При этом необязательно производить сортировку изделий, достаточно их просто измельчить, чтобы обеспечить их эффективное смешивание с добавками углеродного топлива. При сжигании пластика в окружающую среду выделяется достаточно много вредных веществ. Конечно, в современном оборудовании предусмотрены адсорбирующие фильтры, но тем не менее выделение вредных веществ в атмосферу не исключается полностью. Но современное оборудование стоит очень дорого.

Следующим методом утилизации пластиковых отходов является захоронение, под которым понимается размещение отходов в назначенном месте для хранения в течение неограниченного срока, исключаящее опасное воздействие захороненных отходов на незащищенных людей и окружающую природную среду.

Положительным аспектом использования такого метода утилизации является относительно невысокая стоимость.

Минусы захоронения:

- занимают огромные площади;
- из отходов не извлекаются полезные компоненты - при захоронении несортированных отходов теряется около 90% полезной продукции, имеющей спрос на рынке вторичного сырья. Также при захоронении безвозвратно теряется около 2 млн тонн полимерных материалов в год;
- с течением времени полигоны исчерпывают свою емкость (то есть необходимо будет не только организовать новый полигон, но и засыпать землей старый, а также производить рекультивацию).

Самым сложным, но наиболее выгодным методом утилизации пластиковых отходов является их переработка [12].

По данным американских ученых 2015 года отходы пластмассы утилизируются: 9% переработкой (сюда же относится и пиролиз), 12% сжиганием, а 79% захоронением. Для наглядности представим эту информацию на диаграмме рисунка 3.1.

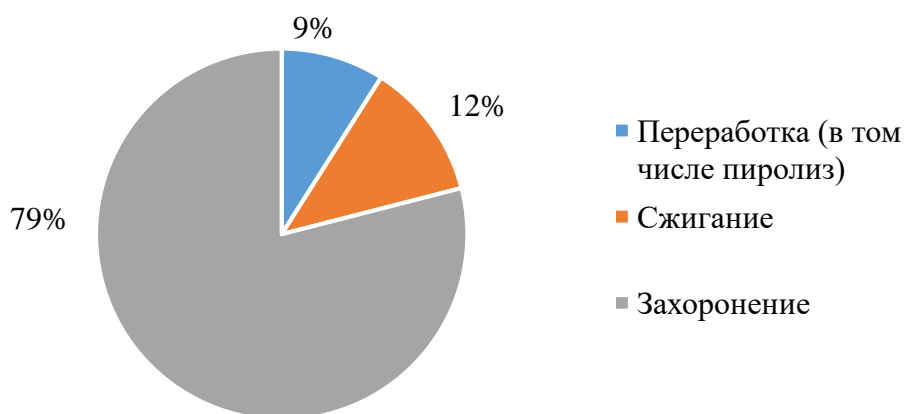


Рисунок 3.1 – Структура утилизации отходов пластмасс

Основной путь утилизации отходов пластмасс — это их повторное использование по прямому назначению. При этом не только достигается ресурсосберегающий эффект от повторного вовлечения материальных ресурсов в производственный цикл, но и существенно снижаются нагрузки на окружающую среду. Рассмотрим на рисунке 3.2, взяв за пример пластиковую бутылку, основной цикл переработки полимерного отхода [13].

Этапами рециклинга (переработки) являются: сбор, сортировка, отмывка, сушка и только потом собственно производство. Такие стадии, как сбор, сортировка и очистка отходов от инородных включений являются ресурсо- и энергоемкими, что зачастую сказывается на себестоимости конечной продукции.

Основой переработки отходов пластмасс является их сортировка и разделение. Для облегчения разделения пластмассовых отходов потребления во многих странах изделия при их производстве маркируют, что позволяет идентифицировать вид полимера, из которого оно изготовлено.



Рисунок 3.2 – Переработка пластиковой бутылки

Раздельный сбор отходов потребления пластмассовых деталей с учетом вида полимера (а еще лучше и цвета) у нас в стране пока не производится. Поэтому значительная часть отходов пластмасс не перерабатывается.

Наиболее простой и в то же время удовлетворяющей основным требованиям является сортировка, осуществляемая в процессе сбора отходов непосредственно на рабочем месте, т.е. на стадии их образования (так называемый околомашинный сбор отходов).

Околомашинная переработка отходов позволяет добавлять к первичному сырью наиболее близкие по свойствам вторичные материалы, при этом устраняется необходимость их сортировки по цветам, снижается возможность их загрязнения, отпадает необходимость в складских помещениях, проверке качества вторичных материалов, их сушке и т. п.

Наиболее эффективны сбор и сортировка промышленных отходов при полностью замкнутом цикле переработки пластмасс. Конструктивное оформление таких схем предусматривает автоматический сбор отходов, их измельчение и добавление в определенной пропорции к исходному сырью.

Если предприятие не перерабатывает отходы, а поставляет их на сторону, их сортировка должна производиться на местах образования, так как переработка не рассортированных отходов у потребителя связана со значительно более высокими затратами на сортировку и дополнительную очистку отходов от загрязнений.

Идеальная сортировка отходов должна обеспечить разделение их не только по видам, маркам, цвету, но и по форме, степени загрязненности, содержанию инородных материалов, физико-механическим свойствам и т. п., что требует настолько больших затрат, что делает утилизацию отходов неэффективной.

Идентификация пластмасс имеет важное значение. Среди проблем, возникающих при утилизации пластмасс, главная — определение природы материала, т. е. идентификация. Если отсутствует специальное оборудование для проведения химического, физико-химического и других видов специального анализа, то можно воспользоваться простыми, но достаточно точными способами идентификации, с помощью исключения или сравнения с точно известными образцами или путем анализа сведений о возможности применения тех или иных видов пластмасс для определенных целей [14].

Существует достаточно много методов переработки отходов, но все их можно разделить на две группы:

- механические методы (механический рециклинг);
- химические методы (химический рециклинг).

Химический рециклинг подразумевает использование технологий, расщепляющих полимеры на мономеры. Также в результате химического рециклинга возможно получение исходных полимеров и других химических соединений, пригодных для использования.

Также он включает в себя несколько способов переработки пластика.

1. Гидролиз — способ переработки с помощью экстремально высоких температур и давления. На выходе получается более качественное сырье, чем при использовании пиролиза.

2. Гликолиз — способ, в котором применяются очень высокие температуры и давление с использованием этиленгликоля и катализатора, что помогает получить чистый и качественный продукт.

3. Метанолиз — переработка пластиковых отходов с помощью метанола.

Механический рециклинг заключается в измельчении, плавлении, грануляции полимерных отходов. Этот способ является наиболее приемлемым и распространенным, так как не требует дорогого оборудования и может быть реализован практически в любом месте скопления отходов [15].

4 Отходы пластмассы как вторичный материальный ресурс

Использование отходов полимерных материалов помогает решить сырьевые проблемы, позволяя сократить потребление первичных материальных ресурсов.

Вторичные полимерные материалы должны играть в промышленности по переработке пластмасс такую же роль, какую играет металлолом в металлургии.

С успехом заменяя дорогое первичное сырье, вторичный материал радикально решает экологическую проблему пластикового мусора. Выгода такой переработки заключается и в других аспектах:

- не требуется организация полигонов для утилизации полимерных отходов;
- нет необходимости в строительстве заводов по сжиганию пластика;
- снижается расход полезных ископаемых, используемых для производства первичных полимеров.

Двух-трехкратная переработка пластмасс не влияет существенно на их физико-механические показатели. Это говорит о принципиальной возможности возвращать в производственный цикл получения изделий из пластмасс отходы синтеза и переработки, термическое воздействие на которые было сравнительно недолговременным [16].

Полученный материал гораздо дешевле, чем первичное сырье для изготовления пластиковых изделий, а процесс рециклинга — экологически безопасен.

Существующая возможность получать из полимерного сырья топливо и химическое волокно достаточно перспективна, но производство этих продуктов более сложное и технологическое, а потребителей не так много. Однако, полимерные полуфабрикаты, называемые компаундами, которые применяются для формирования заготовок, пользуются хорошим спросом, с ними же на ряду готовые изделия из отходов пластика, а также с целью упрощения сбора и сортировки отходов возможно изготовление некоторых изделий из смесей отходов различных пластмасс.

Компаунды могут быть различных видов и типов:

- жидкости — растворы; дисперсии; полуфабрикаты, в основе которых лежат мономеры и олигомеры;
- пасты — резиновые смеси; добавки, имеющие эпоксидные и полиэфирные соединительные вещества;
- порошки — твёрдые смолы; пластики, как наполненные, так и не наполненные; олигомеры.
- гранулы — олигомеры; смолы; не наполненные пластики; пластмассы, армированные волокнами или с дисперсными частицами.
- плёнки, листы, плиты, а также блоки — резиновые смеси; пластмассы.
- рыхловолокнистые композиции — волокнистые материалы (со спутанной структурой волокон), пропитанные связывающим веществом.
- препреги, имеющие непрерывные волокнистые наполнители — жгуты; шпон; бумага; ткани; нити; маты; ленты.

На сегодняшний день, ситуация на рынке вторичных полимеров (на полимерное сырье и изделия из него) характеризуется повышенным спросом, что говорит о целесообразности создания предприятия по переработке пластиковых отходов [17].

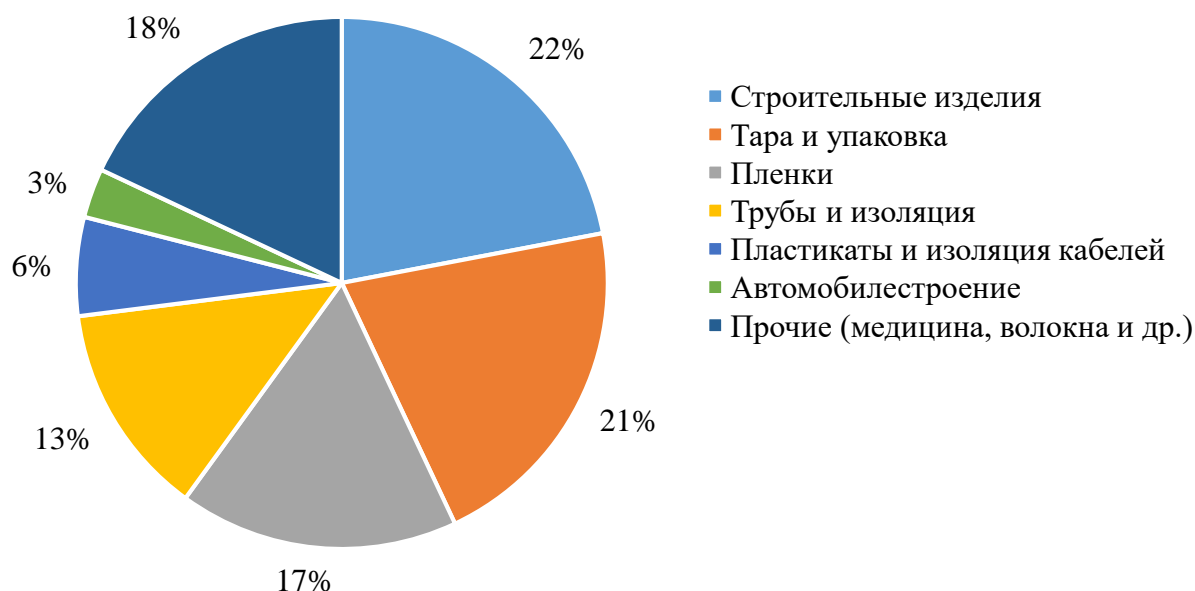


Рисунок 4.1 – Структура переработки полимеров в изделия

В этой главе рассмотрим две технологии, использующие в качестве вторичных материальных ресурсов отходы пластика и их преимущества, а также описывается как с их помощью возможно разгрузить окружающую природную среду от отходов пластмассы.

4.1 Переработка отходов пластмассы в гранулы

Вторичная гранула или как ее грубо называют «вторичка» – это промежуточный результат переработки различных видов пластика. Вторичная гранула представлена на рисунке 4.2.



Рисунок 4.2 – Вторичные полимерные гранулы

Гранулят используется для производства новых изделий из пластика. Редко — в чистом виде, часто — как добавка к первичному сырью для удешевления продукции там, где это целесообразно.

Выгоднее всего перерабатывать производственный брак и отходы, которые не подвергались интенсивной эксплуатации, а производство из рассортированного пластика является более сложным из-за качественной очистки от примесей.

Переработка пластика производится двумя основными способами:

1. Простое дробление отходов дает возможность его использования в качестве добавки к первичному сырью при производстве продукции.

2. Дробление с последующим изготовлением гранулята, который можно применять для изготовления товаров [19].

4.1.1 Виды вторичных гранул

Вид гранул, а также их свойства и предназначение, зависят от того, какой пластик перерабатывался.

Большая часть такой продукции приходится на:

- ПНД (HDPE) – полиэтилен низкого давления;
- ПВД (LDPE) – полиэтилен высокого давления;
- ПЭТ (PET) – полиэтилентерефталат;
- полипропилен (PP);
- ПВХ (PVC) – поливинилхлорид.

А также все более востребованными становятся и другие виды: стрейч (LLDPE), АБС-пластик, полистирол (PS), поликарбонат.

ПНД (полиэтилен низкого давления) – для производства применяются неликвиды и отходы полиэтилена низкого давления. Они обладают высокой плотностью. По этой причине затраты на их обработку несколько выше, чем на другие пластики.

ПВД (полиэтилен высокого давления) - обработка полиэтилена высоким давлением придает ему особые качества:

- эластичность – он обладает хорошей упругостью и тягучестью, что отлично подходит для производства пленок разного назначения;
- не имеет запаха и не выделяет токсины;
- обладает неплохой морозостойкостью, и в то же время хорошо сохраняет тепло;
- не проводит электрический ток;
- обладает водо- и газонепроницаемостью;
- имеет отличную светопроницаемость;
- стоек к химическим воздействиям;
- вторичный ПВД достаточно легко обрабатывается.

ПЭТ (полиэтилентерефталат) - отходы являются самыми простыми в переработке. Вторичные гранулы можно добавлять в первичное сырье, либо сплавлять с другими видами пластика.

Полипропилен - сырьем для производства «вторички» служат пленка, а также отходы и брак производства полипропиленовой тары и упаковки. Вторичный материал обладает:

- устойчивостью к высоким температурам;
- механической прочностью;
- электроизоляцией и водонепроницаемостью;
- стойкостью к химическим воздействиям, кислотам и спиртам.

Но пропилен не обладает морозоустойчивостью, но существует возможность устранения этого недостатка с помощью различных специальных компонентов. В основном гранулы полипропилена идут на дальнейшую обработку литьевым способом.

ПВХ (поливинилхлорид) - благодаря особым свойствам эти гранулы применяются во многих сферах. Преимущество в использовании заключается в том, что при производстве не образуется пыль, их легко окрашивать, ламинировать и кашировать, просто производить дальнейшую обработку.

Универсальность гранул ПВХ и в том, что они могут быть обработаны на любом оборудовании.

Стрейч – его гранулы в основном используются для производства упаковочной пленки, которая обладает:

- хорошей гибкостью и растяжимостью;
- прекрасной фиксацией;
- прозрачностью;
- воздухо-непроницаемостью.

Стрейч обладает хорошей стойкостью к химическим веществам, не токсичен и не имеет запаха.

АБС-пластик широко применяется во многих сферах быта и производства.

Полистирол имеет свои основные технические параметры:

- оптимальная комбинация гибкости и жесткости материала;
- хорошая прочность и устойчивость к механическим воздействиям;
- инертность к химическим веществам;
- хорошие показатели светорассеивания;
- материал не проводит электрический ток.

Он является экологически чистым продуктом. Сырьем для переработки может служить как вспененный, так и монолитный полистирол.

Поликарбонат, вторично изготовленный, практически ничем не отличается от органического. Его можно эксплуатировать при отрицательных температурах. Добавление в материал стабилизаторов позволяет защитить его от ультрафиолетовых лучей. Сырьем здесь служат отходы различных изделий из него. Характеризуется следующими показателями:

- высокой прочностью;
- отличными оптическими показателями;
- хорошими теплоизоляционными и звукоизоляционными свойствами;
- упругостью;
- не пропускает влагу;

- легко обрабатывается;
- не токсичен [20].

4.1.2 Преимущества технологии производства гранул

Использование вторичных синтетических материалов имеет массу преимуществ перед исходным сырьем:

- экономическая выгода – на изготовление тратится меньше финансовых ресурсов, что значительно влияет на конечную стоимость продукта;
- защита экологии — сырьем для производства по сути служит мусор;
- простота технологий — нет необходимости в сложных технологических процессах и оборудовании.

По физическим и химическим параметрам вторичные гранулы практически ничем не отличаются от первичных. Используя разнообразные добавки и присадки, эти характеристики можно улучшить. Вторичные гранулы имеют заданные размеры, цвет, прозрачность.

В зависимости от вида используемого для их производства полимера, определяется дальнейшее предназначение материала. Качество гранул во многом зависит от степени очистки полимерного сырья от примесей.

Плюсами в использовании также являются еще некоторые моменты:

- сыпучие гранулы занимают мало места;
- они имеют постоянный объем и вес, так как не впитывают воду;
- не деформируются – стойкие к механическим воздействиям;
- устойчивы к температурным перепадам;
- их легко хранить и транспортировать;
- широкий ассортимент получаемой продукции.

Гранулированные материалы имеют большую насыпную плотность, прочность, хорошую сыпучесть и стабильные характеристики в течение длительного времени хранения. Они хорошо дозируются, хранятся, транспортируются, не пылят в производственных помещениях, уменьшают объем складских хранилищ и емкостей.

4.1.3 Сырье для производства гранул

Сырье для производства вторичной гранулы – отходы пластмасс. В основном служат:

- бытовые и промышленные полимерные отходы;
- производственный брак и неликвиды;
- использованная тара и упаковка.

Так как использование полимеров в быту и на производстве растет, то и исходного материала для изготовления вторичного гранулята становится все больше.

При производстве вторичных гранул часто применяются различные добавки. Они улучшают физические и химические показатели полимеров, а также

их эксплуатационные свойства. Для этого используются следующие компоненты: красители, ароматизаторы, присадки, осушители, антистатики.

Они могут придать гранулам разнообразные цвета, запахи, повысить их морозостойкость, прочность, устойчивость к химическим воздействиям [21].

4.1.4 Оборудование для производства гранул

В основном комплекс оборудования для переработки полимеров в гранулы состоит из: линии мойки, дробилок, экструдеров, ленточных конвейеров, агломераторов и грануляторов, смесителей и дозаторов. Всё оборудование для переработки пластика в гранулы можно приобретать по отдельности, выстраивая линию на предприятии. Также возможна покупка готовой линии по переработке полимерных отходов в гранулы.

Линия по переработке отходов пластика в гранулы имеет подготовительное, вспомогательное, основное и дополнительное оборудование. Некоторые предприятия по переработке пластика в гранулы не используют в своей технологической цепочке подготовительное оборудование. Так как рассматриваемая в данной работе линия производства полиэтиленовых гранул универсальна, то соответственно оборудование по подготовке сырья для нее необходимо. К подготовительному оборудованию относят:

1. разделочный стол – используется для приема тюков с сырьем и снятия с них обвязки, сортировки и удалению инородных компонентов;
2. просеиватель – необходим для первичного удаления инородных частиц (песка, камней, металлических изделий);
3. отделитель этикетки (необходим при переработке ПЭТ тары) - поскольку в нашей стране нет четких правил для производителей по использованию клея для этикетки, поэтому это могут быть разного рода химические составы, которые трудно удалить с бутылки обычными средствами.

К вспомогательному оборудованию относятся различные конвейеры, которые служат для транспортировки сырья [22].

Перечислим оборудование, относящееся к основному.

1. Дробильная машина или измельчители необходима для измельчения. Может быть простая, и с использованием воды. Моющая дробилка выполняет сразу несколько дополнительных функций: моет сырье, снижает уровень шума при дроблении, увеличивает срок службы режущих элементов, уменьшает износ оборудования. Для измельчения используются специализированные измельчительные агрегаты в зависимости от вида перерабатываемых пластиковых отходов. Классифицируется:

- измельчители для полимерных плёнок, для обработки отходов плёночных материалов из полипропилена, нейлона, акрила, поливинилхлорида и подобных составов;
- мельницы для переработки тонких пластиковых изделий, таких как ПЭТ бутылки и им подобные;
- дробилки для массивных изделий из пластика, например, оконных ПВХ профилей и других крупных деталей.

Но также и существуют универсальные измельчители с регулировкой мощности.

2. Интенсивная мойка - необходима для качественной очистки дробленого сырья. Нужный эффект достигается за счет высокой температуры воды и силы трения измельченных частиц друг о друга. Именно такая технология дает максимально высокие показатели качества.

Для этой цели служат специальные моечные устройства. Кроме этого широко применяются упомянутые выше моющие дробилки. Также возможно на некоторых устройствах на стадии мойки удаление этикеток и клеевых составов, для чего могут использоваться растворители и моющие вещества.

Таким образом один полностью укомплектованный станок сразу может исключить этикеткоотделитель и дробилку.

3. Сушка – предназначена для удаления избыточной влаги. Обычно используются сушильные агрегаты: центрифуги, сушилки горячим воздухом, сушилки сжатым воздухом, пресс-отжимы, шнековые водоотделители.

4. Сепаратор – в измельченной пластмассовой смеси могут присутствовать различные виды полимеров, так как первичная ручная сортировка не может гарантировать их полное разделение. Наличие различных полимерных соединений в грануляте его удешевляет, в связи с этим производитель обычно заинтересован в качестве сепарации. Именно поэтому иногда в состав производственных линий включают специальные сепарирующие установки. Существует, как минимум, три вида технологий разделения пластиковой крошки.

Флотационная сепарация - суть метода основана на различии свойств смачивания поверхностей разделяемых материалов. Пластиковая смесь поступает в ванну с водой, насыщенной воздухом. Частицы несмачиваемого гидрофобного материала покрываются пузырьками воздуха, благодаря чему всплывают на поверхность. Материал, обладающий гидрофильными свойствами, концентрируется на дне ванны.

Электростатическая сепарация - использование различий электропроводности и способности к поверхностной статической электризации материалов. Частицы пластика подвергаются интенсивному перемешиванию, в результате чего их поверхности электризуются трением, приобретая заряд статического электричества определенной величины и знака, разделение которых происходит в электрическом поле.

Фотометрическая сепарация - основа данного принципа - разделение веществ по их оптическим свойствам: цвету, отражающей способности. Установки данного типа оснащены излучателями электромагнитных сигналов и высокочувствительными приёмниками: сенсорами.

В зависимости от того, какой вид сепарации применяется на конкретной линии по переработке пластиковых отходов, сепарационные установки могут располагаться либо до сушильных агрегатов, либо после них [23].

5. Гранулятор, в его состав входят:

– экструдерный механизм – разогревает измельченную массу до температуры плавления;

- шнековый дозатор или стренговая голова – устанавливается на экструдер, с его помощью можно регулировать диаметр подачи полистирольного сырья;
- емкость для охлаждения;
- аппарат для формирования из исходного сырья гранул или машина для торцевой резки – измельчает охлажденную массу в гранулы, оснащена виброситом, с помощью которого удаляется излишняя влага.
- емкость, в которую поступает переработанный гранулят.

В зависимости от типа сырья грануляторы могут быть: для ПЭТ; для ПВД, ПНД, ПП; для ПВХ, универсальные.

По количеству шнеков делятся на: одношнековые, двухшнековые. Двухшнековые применяются для улучшенного процесса смешивания и создания более высокого значения усилия сжатия массы, как результат – более высокая производительность.

В зависимости от типа и свойств отходов пластмасс выбирают систему горячего гранулирования и систему гранулирования с охлаждающей водой. Она, в свою очередь, делится на водокольцевую, подводную и стренговую.

Линия грануляции с воздушным охлаждением - при горячем гранулировании вращающиеся ножи разрезают расплав на торце экструзионной головки, вентиляторы охлаждают гранулы и потоком воздуха транспортируют их далее.

Стренговые грануляторы - в основе метода лежит получение заготовки в виде круглого прутка (стренги), который впоследствии режется специальным инструментом. Резка стренг может быть либо холодной, либо горячей. При горячей резке расплав подается через стренговую экструзионную головку и режется еще до застывания. Затем гранулы попадают в ванну с водой, где охлаждаются. Далее гранулят подается в центрифугу, где отжимается под действием центробежных сил.

При холодной резке стренги охлаждаются в ванне, обдуваются, а затем режутся на гранулы и калибруются. Данная технология получения гранулированного полимерного материала является самой распространенной и наиболее применяемой.

Водокольцевая линия гранулирования - главное ее отличие от горячего заключается в способе охлаждения. Гранулы охлаждаются специальным устройством, состоящего из сооснорасположенной по отношению к гранулирующей головке трубы, к которой снаружи по касательной приварены с двух сторон патрубки для воды, а с торцов — кольца. Вода под давлением поступает через один из патрубков внутрь трубы и, перемещаясь в ней по спирали, захватывает горячие гранулы, отбрасываемые вращающимися ножами, и уносит их через второй патрубок к устройству для обезвоживания. Поток воды с гранулой попадает в вертикальную центрифугу, где происходит эффективное отделение воды. Охлаждающая труба расположена на подвижной станине и может перемещаться по отношению к гранулирующей головке.

При подводном гранулировании расплав рубится непосредственно в потоке воды, после чего в центрифуге они отделяются от воды и транспортируются далее. Вода же проходит очистку, нормализуется до 50-70 градусов и снова подается на охлаждение.

Современные модели грануляторов имеют автоматизированную систему управления, которая состоит из пульта управления с системой контроля и регулирования температуры сырья. Кроме этого, в системе предусмотрено устройство для обдува сжатым воздухом [24].

К дополнительному оборудованию можно отнести упаковочную машину, так как она существенно не влияет на процесс производства и не является обязательной в технологической линии, а лишь облегчает поставку готовых гранул заказчику. Она предназначена для дозирования и упаковки полученных гранул. Если на предприятии отсутствует упаковочная машина, то упаковка гранул производится вручную рабочими [22].

Ознакомившись с видами оборудования и их функциями, предлагается конкретная линия для переработки полимерных отходов в гранулы.

Соответственно линия начинается с разделочного стола, марка стола и его характеристики не принципиальны.

Просеиватель. Для линии предлагается просеиватель С-ПР фирмы станко-полимер представленный на рисунке 4.3, технические характеристики описаны в таблице 4.1.



Рисунок 4.3 – Просеиватель С-ПР

Таблица 4.1 – Технические характеристики просеивателя С-ПР

Параметр	Характеристика
Модель	С-ПР
Мощность электродвигателя, кВт	2,2
Габаритные размеры, мм	2980×1130×1610
Скорость вращения дисков, об/мин	28
Диаметр дисков, мм	400
Масса, кг	1150

Для данной линии исключим этикеткоотделитель заменив эту стадию мочной машиной, позволяющей отделять этикетки и остатки клея с измельченного сырья.

После просеивается сырье поступает на готовую линию переработки. Просеиватель не входил в состав оборудования рассматриваемой линии, предполагая, что на предприятие будет приходить уже очищенное от крупных фракций сырье. Так как в данной работе рассматривается универсальная линия, следовательно, она должна включать в себя просеиватель.

Данная линия представлена в приложении А на рисунке А1. Технические характеристики описаны в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Технические характеристики линии гранулирования

Параметр	Характеристика
Сырье	Загрязненное пленочное сырье, стрейч, ПВД, ПНД, ПП и др.
Энергообеспечение, В; фаз; Гц	380/220; 3; 50
Провода/кабеля	Перед монтажом подготовить кабель к шкафу управления линией
Водоснабжение	Перед монтажом подготовить трубы подачи и отвода воды для всех единиц оборудования
Установленная мощность, кВт	250
Фактическая мощность, кВт	140
Обновление воды (при использовании очистки воды), куб/час	0,5
Обновление воды (без очистки воды), куб/час	2
Персонал, чел	2-3
Площадь, м ²	250
Производительность до, кг/час	300

Список оборудования, входящего в состав линии, гораздо богаче, чем описанный ранее стандартный набор.

Состав оборудования, входящее в линию по переработке отходов пластмассы в гранулы представлено в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Состав оборудования линии гранулирования

№	Наименование оборудования	Количество, шт
1	Ленточный транспортер С-ЛТР-600	1
2	Дробилка моющая SLF-1400M	1
3	Шнековая выгрузка С-ШТ-550	1
4	Ванна флотации С-МФК-404	1
5	Пресс отжимной С-ПО-1	1
6	Пневмотранспорт С-ПНЗ-5	2
7	Бункер накопитель	1
8	Экструдер SLE 1-90	1
9	Фильтр расплава NF-250	1
10	Ванна охлаждения	1
11	Стренговый гранулятор SL-GR-2.200	1
12	Циклон накопитель С-ЦН 62	1

Ленточный транспортер С-ЛТР-600 представлен на рисунке 4.4 - наклонный ленточный транспортер облегчает труд по подъёму сырья на высоту, осуществляет подачу сырья. На транспортере можно настроить скорость движения ленты, а также интервалы движения и остановки ленты.

Предназначен для подачи сырья в зону загрузки измельчителя, с возможностью регулировки объема загружаемого сырья. Электрическая схема конвейера предполагает возможность как непрерывной работы, так и работы с перерывами установленной продолжительности (от 1 сек до 99 часов). Технические характеристики представлены в таблице 4.4.



Рисунок 4.4 – Ленточный транспортёр С-ЛТР-600

Таблица 4.4 – Технические характеристики С-ЛТР-600

Параметр	Характеристика
Модель	С-ЛТР-600
Мотор-редуктор, кВт	1,5
Габаритные размеры, мм	4970×1190×3335
Ширина ленты, мм	600
Шаг перегородок, мм	500
Масса, кг	630



Рисунок 4.5 - Дробилка для переработки пластика SLF-1400M

Дробилка для переработки пластика SLF-1400M представлена на рисунке 4.5. Предназначена для измельчения пластиковых материалов. Размер получаемых фракций определяется диаметром отверстий в решетке, расположенной под ротором дробилки. При сильно загрязненном сырье подача воды в камеру дробления повышает эффективность переработки. Такое сырье необходимо выгружать из дробилки шнековой выгрузкой. Технические характеристики описаны в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Технические характеристики Дробилки для переработки пластика SLF-1400M

Параметр	Характеристика
Модель	SLF-1400M
Мощность двигателя, кВт	45
Диаметр ротора, мм	350
Длина ротора, мм	610
Частота вращения ротора, об/мин	800
Ножи роторные/стационарные, шт	4/4
Размер загрузочного окна, мм	585×595
Габаритные размеры, мм	1610×1405×3065
Производительность, кг/час	600
Масса, кг	2200

Шнековая выгрузка сырья С-ШТ-550 представлена на рисунке 4.6.



Рисунок 4.6 - Шнековая выгрузка сырья С-ШТ-550

Таблица 4.6 – Технические характеристики шнековой выгрузки сырья С-ШТ-550

Параметр	Характеристика
Модель	С-ШТ-550
Мотор-редуктор, кВт	4
Частота вращения шнека, об/мин	70
Габаритные размеры, мм	3700×1015×3080
Габариты загрузочного окна, мм	797×600
Масса, кг	545

Предназначена для транспортировки влажного измельченного сырья из-под дробилки. Оснащена форсунками подачи воды для дополнительной промывки. Под бункером приема сырья находится перфорация куда удаляется грязная вода с песком и другими загрязнениями. Технические характеристики представлены в таблице 4.6.

Ванна флотации С-МФК-404 изображена на рисунке 4.7. Она предназначена для:

- отмывки измельчённого вторичного пластика;
- отделения частиц инородного происхождения;
- нейтрализации агрессивных примесей.

На стадии мойки также происходит удаление этикеток и клеевых составов, для чего могут использоваться растворители и моющие вещества. Отмывка происходит при помощи четырех барабанов с уникальной конструкцией. В конструкции используются: короб для равномерной подачи воды, система очистки воды, сетка для отделения крупных включений. Технические характеристики представлены в таблице 4.7.

Встроенная система очистки воды и наличие фильтра для задержки крупных частиц грязи и посторонних предметов позволяют применить рекуперацию моющей воды.



Рисунок 4.7 - Ванна флотации С-МФК-404

Таблица 4.7 – Технические характеристики С-МФК-404

Параметр	Характеристика
Модель	С-МФК-404
Суммарная мощность, кВт	10,2
Объем воды, м ³	3,1
Габаритные размеры, мм	3330×2050×1900
Масса, кг	1500
Производительность, кг/час	600

Пресс отжимной С-ПО-1 проиллюстрированный на рисунке 4.8 оснащен трубой с регулируемым диаметром, с помощью которой можно изменять степень

отжима и работать на различном сырье. Степень сжатия и влажность регулируется за счет изменения диаметра выходной трубы. Процесс отжим уменьшает содержание воды до 3%.



Рисунок 4.8 – Пресс отжимной для сушки С-ПО-1

Таблица 4.8 – Технические характеристики С-ПО-1

Параметр	Характеристика
Модель	С-ПО-37
Мощность двигателя, кВт	37
Мощность ворошителя, кВт	2,2
Мощность насоса, кВт	2,2
Диаметр шнека, мм	300
Длина шнека, мм	1390
Усилие на шнеке, т	15
Габаритные размеры, мм	2440×1400×1870
Масса, кг	2600
Производительность, кг/час	до 1000

Пневмотранспорт С-ПНЗ-5 проиллюстрированный на рисунке 4.9. Предназначен для транспортировки сухой пушенки в бункер накопитель. Технические характеристики представлены в таблице 4.9.



Рисунок 4.9 - Пневмотранспорт С-ПНЗ-5

Таблица 4.9 – Технические характеристики С-ПНЗ-5

Параметр	Характеристика
Модель	С-ПНЗ-5
Мощность двигателя, кВт	5,5
Частота вращения двигателя, об/мин	2850
Диаметр рабочего колеса, мм	440
Габаритные размеры, мм	600×475×780
Масса, кг	110

Бункер накопитель С-БН-6 представлен на рисунке 4.10. Предназначен для накопления измельченного полимерного сырья с последующей равномерной подачей в гранулятор или другой агрегат. Технические характеристики описаны в таблице 4.10.



Рисунок 4.10 - Бункер накопитель С-БН-6

Таблица 4.10 – Технические характеристики С-БН-6

Параметр	Характеристика
Модель	С-БН-6
Мотор-редуктор, кВт	12
Габаритные размеры, мм	4200×1600×4700
Масса, кг	1900

Гранулятор-компактор SLE 1-90/К-55 представлен на рисунке 4.11. Предназначен для получения расплава из измельченного сырья и дальнейшей резки на гранулы. Изготавливается с одной дегазацией. Сырье загружается во встроенный компактор, где происходит нагрев за счет трения материала (принцип агломератора) и дополнительное его измельчение. Далее, материал поступает в зону загрузки гранулятора. Продвигаясь по цилиндру помощью шнека полимерный расплав дегазируется в зоне дегазации, очищается в фильтре расплава и выходит

из головы в виде стренг (нитей). Технические характеристики представлены в таблице 4.11.



Рисунок 4.11 - Гранулятор-компактор SLE 1-90/К-55

Таблица 4.11 – Технические характеристики SLE 1-90/К-55

Параметр	Характеристика
Модель	SLE 1-90/К-55
Мощность двигателя, кВт	55
Мощность компактора, кВт	55
Мощность ТЭНов, кВт	55
Частота вращения вала, об/мин	1500
Габаритные размеры, мм	5051×1998×2067
Масса, кг	5470

Вакуумная дегазация представлена на рисунке 4.12. Она предназначена для удаления паров влаги, продуктов горения красок, инородных включений в сырье. Мощность ее составляет 3 кВт, давление до 1 бар.



Рисунок 4.12 – Вакуумная дегазация

Фильтр расплава NF-250 представлен на рисунке 4.13. Фильтр расплава предназначен для непрерывной фильтрации расплава полимеров. Важным пре-

имуществом данных моделей является система самоочистки, что позволяет повысить общую производительность гранулятора. Технические характеристики представлены в таблице 4.12.



Рисунок 4.13 - Фильтр расплава NF-250

Таблица 4.12 – Технические характеристики NF-250

Параметр	Характеристика
Модель	NF-250
Диаметр одного фильтра мм	99
Количество фильтров, шт	4
Общая площадь фильтрации, мм	2248
Мощность электродвигателя гидравлики, кВт	4
Габаритные размеры, мм	1885×716×1313
Масса, кг	530

Ванна охлаждения, представленная на рисунке 4.14, предназначена для охлаждения стренг, поступающих из гранулятора. Оснащена патрубками подвода и отвода охлаждающей воды, имеет габаритные размеры 3000×606×1050 мм.



Рисунок 4.14 - Ванна охлаждения

Стренговый гранулятор SL-GR-2.200, представленный на рисунке 4.15, предназначен для разрезания охлажденных в воде полимерных стренг в цилин-

дрические гранулы. Диаметр каждой из заводимых в гранулятор стренг, в сечении не должен превышать 3-4 мм. Технические характеристики представлены в таблице 4.13.



Рисунок 4.15 - Стренговый гранулятор SL-GR-2.200

Таблица 4.13 – Технические характеристики SL-GR-2.200

Параметр	Характеристика
Модель	SL-GR-2.200
Частота, Гц	60
Количество ножей стационарных, шт	1
Габариты ножа стационарного, мм	7×23×210
Скорость вращения вала электродвигателя, об/мин	1500
Мощность приводного электродвигателя, кВт	7,5
Габаритные размеры, мм	1880×940×1580
Масса, кг	700

Циклон-накопитель С-ЦН 62, представленный на рисунке 4.16, предназначен для автоматической выгрузки и сбора в фасовочную тару, оборудован вентилятором пневмотранспорта. Тара, закрепляется зажимами либо подвешивается на крючки. Технические характеристики представлены в таблице 4.14 [25].



Рисунок 4.16 – Циклон-накопитель С-ЦН 62

Таблица 4.14 – Технические характеристики С-ЦН 62

Параметр	Характеристика
Модель	С-ЦН 62
Объем бункера, м ³	0,63
Габаритные размеры, мм	1512×1310×3492
Масса, кг	205

4.1.5 Технология переработки отходов пластмассы в гранулы

Существуют различные технологии, которые классифицируются по основному признаку - вид исходного сырья:

- переработка ПЭТ тары;
- переработка пластмассы (трубы, канистры и пр.);
- переработка полиэтиленовой пленки.

Переработка того или иного вида полимерного сырья проходит одинаковые стадии производства, но с разной мощностью оборудования. Поэтому заводы, перерабатывающие твердые пластмассовые отходы, являются более мощными и универсальными нежели те, например, что перерабатывают полиэтиленовую пленку, на базе такого оборудования можно производить продукцию из любого сырья.

Также технологии подразделяются и по качеству конечного продукта:

- более простая технология производства: не предусматривает глубокой очистки сырья, поэтому полученные в итоге пластиковые гранулы нельзя использовать при изготовлении емкостей для пищевых продуктов;
- механизированная линия, которая содержит оборудование для удаления всех инородных включений и загрязнений, на выходе дает абсолютно чистый продукт, который отвечает государственным стандартам производства пищевой тары.

Рассмотрим универсальную технологию производства гранул на вышеописанном оборудовании.

Вторичная переработка пластиковых отходов состоит из нескольких технологических циклов, на каждом из которых применяется оборудование соответствующего назначения [22].

Из классификации технологий по виду сырья можно сделать вывод, что важный момент в технологии изготовления гранул из полимерных отходов состоит в том, что отходы различного вида не могут перерабатываться вместе в одной производственной линии. У некоторых видов полимеров есть свои особенности. Однако, существуют универсальные линии переработки, но даже установив такую универсальную линию, нельзя совместно перерабатывать, например, пластиковые трубы с полиэтиленовой пленкой.

Общий вид технологии представляется следующим образом:

1. сортировка;
2. просеивание;
3. дробление;

4. очищение и промывка. Полученное измельченное сырье тщательно промывают и очищают от примесей;
5. сушка. Полученная на предыдущих этапах смесь хорошо просушивается;
6. нагревание и расплав;
7. формирование - масса выдавливается через специальные нитевидные отверстия методом экструзии;
8. охлаждение;
9. формирование гранул - полученные после охлаждения нити нарезаются на гранулы;
10. упаковка.

В зависимости от производственной линии, требований к качеству полученного гранулята эти этапы переработки могут изменяться и дополняться.

Очень важны в процессе переработки базовые физические характеристики, которые обязательно необходимо учитывать [26].

1. Температура - чтобы сформировать вязкотекучий или эластичный материал, а также ускорить диффузионные и релаксационные процессы, полимер необходимо нагреть до нужной температуры. Тем самым он станет более податливым к различным воздействиям до того, как наступит отверждение материала. Выбор температуры для каждого полимерного материала осуществляется индивидуально, поскольку разные виды полимеров по-разному реагируют на одну и ту же температуру.

2. Давление - для создания требуемой формы изделия необходимо прибегнуть к регулировке давления. При необходимом давлении происходит контролируемое уплотнение материи и формирование нужной конфигурации. Также при помощи давления можно избавиться и от летучих составляющих, тем самым существенно увеличив износостойкость материала.

3. Время - длительность процесса переработки напрямую зависит от заданных химико-физических условий и необходимых параметров на выходе, то есть по окончании процесса [21].

На примере предлагаемой вышерассмотренной линии можно описать технологический процесс переработки отходов пластмассы в гранулы.

На разделочный стол помещаются тюки с пластиковыми отходами, которые вскрываются. Затем происходит предварительная сортировка мусора. Полимеры подвергаются грубому разделению по типу пластика, его цвету, форме и размерам. Даже пластиковые крышки складываются отдельно от бутылок. Этот этап переработки производится вручную, кроме грубого разделения по виду, типу, цвету и так далее, из полимерной массы удаляют инородные компоненты.

Рассортированное сырье поступает в просеиватель, где просеиваются инородные включения такие как: песок, камни и прочее попадающие вместе с сырьем. Просеиватель обеспечивает не только очистку сырья для более качественного продукта на выходе, но и, просеивая от инородных включений, он существенно снижает риск выхода из строя оборудования, позволяет линии работать непрерывно.

Затем начинается измельчение — на этой стадии используются специализированные измельчительные агрегаты.

Сырье подается ленточным транспортером в дробилку. Ленточный транспортер оборудован рамкой металлодетектора, если на транспортер попадет металлический предмет, он автоматически останавливается. Поступая в дробилку, сырье попадает на вращающийся ротор. Измельчение происходит между ножами, расположенными на роторе (роторные) и неподвижными ножами, расположенными на корпусе дробилки. Происходит его измельчение до необходимого размера. Сырье измельчается до тех пор, пока не просеется через отверстия фракционной решетки расположенной внизу дробильной камеры. В среднем, получаемые размеры от 0,5 до 15 мм.

Измельчение - это важная стадия, так как степенью измельчения определяются характеристики получаемой продукции.

Затем измельченное сырье при помощи шнековой выгрузки попадает в ванну флотации. Шнековый транспортер оснащен форсунками для дополнительной промывки сырья в процессе его транспортировки. При прохождении вдоль ванны происходит интенсивная отмывка сырья, отделение инородных тяжелых частиц, а также нейтрализация агрессивных сред в воде.

Промывка тоже является важной стадией, вследствие того, что грязное сырье даст мутный, низкокачественный гранулят. Между качеством продукта и качеством чистоты сырья можно поставить знак равенства.

При необходимости измельченная масса отмывается со специальными моющими средствами.

Далее сырье из флотационной мойки сырье подается в загрузочный бункер пресса отжимного, где происходит отделение влаги механическим способом. Процесс сушки осуществляется с помощью горячего воздуха и центрифуги. При прохождении вдоль перфорированной трубы цилиндра сырье уплотняется и отжимается. Степень сжатия и влажность регулируется за счет изменения диаметра выходной трубы. При выгрузке спрессованное сырье попадает на ворошитель и разбивается. Содержание воды в сырье уменьшается до 3%.

На выходе из пресс-отжима установлен пневмотранспорт, для транспортировки сырья в бункер-накопитель. Измельченное полимерное сырье под действием воздушного потока, создаваемого вентилятором пневмотранспорта транспортируется по шлангу и поступает в корпус бункера.

Следующий этап изготовления называется грануляция. Подготовленной сырье из бункера-накопителя попадает в экструдер, где происходит его нагрев и расплав.

Проходя через экструдер сырье очищается от остатков примесей при помощи вакуумной дегазации (удаление выделяющихся при нагревании летучих веществ) и приобретает пластичное состояние. После экструзии расплавленное сырье дополнительно очищается, проходя через фильтр расплава. Нагретая до определенной температуры масса, степень нагрева зависит от вида полимера, под давлением, создаваемым шнеками, выдавливается через выходные отверстия стренговой головки в виде нитей - стренг.

Затем полученные нити сразу помещают в ванну для охлаждения, а после нарезают на гранулы нужного размера. Нарезку гранул осуществляет стренговый гранулятор.

После этого гранулы проходят стадию кристаллизации под действием внутреннего тепла. Затем поступают в циклон для накопления и упаковки.

В циклоне гранулы, огибая внутреннюю трубу, под действием центробежной и силы тяжести опускается по стенкам вниз. Воздух также огибает трубу и выходит вертикально вверх. Гранулы выгружаются в тару при открытой заслонке. Тара, закрепляется зажимами либо подвешивается на крючки.

Конечный продукт – гранулы, пригодны для производства новых изделий и материалов.

Линия способна выпускать 300 кг вторичного гранулята в час.

В целом данный технологический процесс можно считать практически безопасным, но для производства необходимы помещения с хорошей вентиляцией, работники должны быть обеспечены средствами индивидуальной защиты, а именно: защитные перчатки, респираторы, спецодежда, защитные очки.

4.2 Производство полимерпесчаных изделий из отходов пластмассы

Из полимерных отходов можно производить множество строительных материалов с использованием в качестве наполнителя песка. Такие изделия называются полимерпесчаными, к ним относят черепицу, тротуарную плитку, люк канализации, колодец, плиту закрытия кабеля.

4.2.1 Преимущества технологии и изделия

Производство полимерпесчаных изделий из отходов пластика не предусматривает тщательной и глубокой очистки полимерного сырья, более того возможно использование множества различных полимерных отходов в одной смеси. Из этого следует, что применение данной технологии практически полностью избавляет от полимерного мусора. Преимущество состоит также и в том, что такую линию переработки возможно создать даже в домашних условиях, все компоненты доступны, сырья более чем достаточно. Но следует понимать, что качество продукта, изготовленного кустарным способом будет соответственно неудовлетворительным.

Используемые полимеры не требуют детальной сортировки, достаточно разделить их на твердый и мягкий пластик, что уже существенно проще по сравнению с другими технологическими процессами, которые используют отходы полимеров в качестве сырья [27].

Изделие из полимерных отходов не уступает своим аналогам из бетона или других материалов, даже наоборот по некоторым критериям превосходит их. Рассмотрим достоинства и недостатки полимерпесчаных изделий на примере полимерпесчаной плиты и черепицы.

Полимерпесчаная тротуарная плита, представленная на рисунке 4.17 – это будущее, она обладает большим рядом достоинств.



Рисунок 4.17 – Полимерпесчаная тротуарная плита

Для начала - препятствие образованию наледи, обладание противоскользящими свойствами, это связано с использованием в технологии достаточного количества песка. Ровная и гладкая поверхность изделия отмечается довольно хорошим сцеплением с материалами обувных подошв. Существенное преимущество для использования данного продукта при проживании в условиях часто сменяющейся погоды, удобно при хождении.

К другим достоинствам использования относятся:

- прочность и износоустойчивость, при использовании связующих веществ изделие выходит достаточно пластичным, не трескается при транспортировке или укладке;

- отсутствие чувствительности к воздействиям влаги;

- водостойкость, тротуарная плитка не поглощает воду и не позволяет лужам скапливаться на поверхности, не образуя трещин и сколов после весенней оттепели.

- при воздействии экстремальных температур, тротуарная плитка с использованием отходов полимеров способна сохранить свои первоначальные свойства. В отличие от плитки, выполненной из бетона, она способна переносить самые низкие температуры;

- небольшая масса изделия, что упрощает укладку;

- устойчивость к химическим воздействиям;

- теплоустойчивость, снег и лед никогда не задерживаются на поверхности, вся влага испаряется сквозь зазоры между ячейками;

- если необходима замена части плиточного полотна или отдельных плиток, то все необходимые операции по замене будут отличаться невысокой стоимостью и малой трудоемкостью;

- продолжительный срок службы, пластиковая плитка вполне может сохранять эксплуатационные качества даже в течение пятидесяти лет;

- при изготовлении доступна разная форма, рельефность поверхности, всевозможные варианты окрашивания;

- плита просто поддается механической обработке, при необходимости сделать отверстия или распилить;
- проста в укладочных работах.

Единственным недостатком полимерпесчаной тротуарной плиты является то, что при высоких положительных температурах, например, в летнее время года, плита может расширяться, соответственно могут появляться бугры и т.п.. Но при правильном соблюдении технологии мощения тротуарной плитки – зазор между плитками должен соблюдаться не менее пяти миллиметров - ничего подобного не произойдет. Поэтому данный недостаток можно считать не существенным.

Полимерпесчаная черепица, представленная на рисунке 4.18 – это штучный кровельный материал с большим количеством плюсов.

Кроме плюсов, конечно, существуют небольшие недостатки. Во-первых, по сравнению с металлочерепицей и другими бюджетными кровлями полимерпесчаная черепица стоит дороже. Во-вторых, она тяжелее профнастила или металлочерепицы и сложнее по монтажу, чем эти материалы.

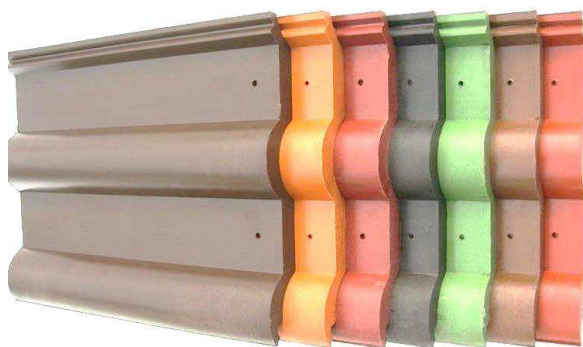


Рисунок 4.18 – Полимерпесчаная черепица

К преимуществам относятся:

- небольшой вес (в 2 раза ниже по сравнению с керамикой) - такой незначительный вес позволяет приобрести менее массивные стропила, как будет нагрузка на них значительно меньше, а значит, как минимум возможно сэкономить на этом;
- прочность материала, эта черепица очень хорошо переносит транспортировку и монтаж, выдерживает вес человека, поэтому при монтаже по ней можно без опасения ходить;
- устойчива практически ко всем внешним проявлениям, даже самым агрессивным, например, на такой черепице исключено развитие грибка или плесени, вследствие того, что она имеет хорошие водоотталкивающие свойства;
- соответствие всем требованиям пожарной безопасности, которые только возможно отнести к полимерным строительным материалам, не притягивает и не проводит электричество, препятствует распространению огня;
- Прекрасная звукоизоляция - эффективно блокирует шум дождя или сильного ветра;

- Водонепроницаемость, не поглощает воду совсем (ни при многодневных ливнях, ни при таянии снега);
- устойчива к большим и резким температурным перепадам, не утрачивает ни одно из своих полезных свойств при температурном режиме от плюс ста пятидесяти до минус пятидесяти градусов по Цельсию.
- обладает низкой теплопроводностью, вследствие этого в летний период в доме остается приятная прохлада, а в зимний период не выпускает из дома тепло;
- высокая стойкость цвета и его абсолютная однородность, полимерпесчаная черепица окрашивается уже на стадии замешивания формовочной массы, а не только отдельным слоем поверх нее, следовательно, цвет будет сохраняться в первоначальном виде очень долго;
- проста в монтаже и ремонте.

Производство современных, красивых полимерпесчаных изделий из отходов пластика удовлетворяет целям экологической безопасности. Ведь происходит изъятие трудно разлагаемого мусора. Обладая высокими эксплуатационными характеристиками, этот продукт всегда найдет своего потребителя. Современное производство полимерпесчаных строительных изделий вскоре заменит свои аналоги, имеющие в своем составе другие компоненты [28].

4.2.2 Составные компоненты

Сырьем для изготовления полимерпесчаных изделий служит песок, пластик, красящее вещество (не обязательно), в следующих пропорциях смеси: песок – 75 %; полимеры – 24,58 %; краситель – 0,42 % (если добавляется).

От равномерного смешивания песка и пластика зависит качество изготовленной продукции.

Красители предпочтительнее добавлять неорганические, в случае отсутствия красящего вещества изделие имеет грязно-серый цвет.

Отходы пластика используются как вторичное сырье, выступая одним из компонентов. В качестве вторичного сырья подойдут полиэтилентерефталат (пластмасса ПЭТ или ПЭТФ), полиэтилен высокой плотности, поливинилхлорид. Простым языком – пластиковые бутылки, канистры, ящики, пищевая пленка, пластиковые одноразовые контейнеры, пакеты. Одним словом, весь мусор, который не переработался в линии по производству гранул.

Готовые изделия состоят из мягкого и твердого пластика. Мягкие полимеры придают небольшой блеск, а также пластичность изделию, тем самым обеспечивая наибольшую прочность. При производстве полимерпесчаных изделий необходимо использование полимера в следующих пропорциях: мягкие полимеры – 40%; твердые полимеры – 60%. Данное требование позволяет готовому продукту иметь оптимальную жесткость, так как твердые полимеры обеспечивают его необходимой прочностью. Не допускается добавление поликарбоната или фторопласта, а также резины, вследствие того, что данные материалы не придают улучшенные свойства, а также нарушают структуру материала, потеряв однородность [29].

Песок очищается от примесей, примерное содержание которых составляет не больше 1/5 части. Кроме того, что необходим чистый песок, он должен еще быть сухим. От влажности песка определяется время изготовления одного полимерпесчаного изделия - чем суше песок, тем меньше времени тратится на получение продукта. Песок на предприятии можно не очищать и не просушивать, а сразу закупить с готовыми характеристиками [27].

4.2.3 Оборудование для производства полимерпесчаных изделий

Линии производства полимерпесчаных изделий из отходов пластика в некоторых оборудованях схожа с линией производства гранул, в качестве используемого полимерного сырья применяется то, что не подходит для изготовления гранул.

Линия производства состоит из основного оборудования и вспомогательного, такого как ленточные и скребковые конвейеры и другие системы транспорта, бункеры-накопители, весы, нож.

Основное оборудование, используемое при производстве полимер-песчаных изделий:

1. сушка для песка;
2. дробилка, измельчающая пластиковое сырьё;
3. смеситель, перемешивающий составные компоненты;
4. плавно-нагревательный аппарат для плавки перемешанного сырья и выдавливания готовой смеси или по-другому экструдер;
5. формовочный пресс или формовочный узел;
6. бак для охлаждения пресс-форм (не обязательно, зависит от рекомендаций к применяемым пресс-формам).

Возможен и такой вариант, когда экструдер и смеситель являются одним оборудованием – термошнекосмесительная машина [31].

Таблица 4.15 – Состав оборудования линии изготовления полимерпесчаных изделий

№	Наименование оборудования	Количество, шт
1	Бункер хранения песка с устройством ворошения	1
2	Ленточный конвейер	3
3	Агрегат дробильный для полимеров (измельчитель) ИПР-500	1
4	Пневматический конвейер	1
5	Бункер накопитель измельченного полимерного сырья со шнековым устройством выгрузки	1
6	Смеситель СУ-1,5	1
7	АПН-2-400 двухшнековый;	2
8	Весы электронные	2
9	Пресс гидравлический серии Д 24	2
11	Пресс-формы (в зависимости от изготавливаемых изделий)	от 1
12	Система охлаждения пресс-форм с чиллерами 10А.	1
13	Блок управления автоматизацией.	2

Для производства полимер-песчаных изделий рассмотрим автоматизированную линию ППО 1, предложенную компанией Rostpolikraft. ППО 1 представлена на рисунке Б1 приложения Б. Рассматриваемая линия производит тротуарную плиту, колодец в сборе с люком и крышкой. Состав оборудования линии представлен в таблице 4.15.

Стадия измельчения отходов является ответственной при переработке отходов. От качества измельчения зависит возможность дальнейшей переработки отходов в изделия и области их применения. Поэтому при выборе того или иного типа оборудования необходимо учитывать ряд факторов, главными из которых являются: вид и характер пластмассовых отходов, их размеры и количество, необходимая степень измельчения и конечный размер дробленого материала и др. Иногда отходы предварительно режут на более мелкие куски, которые далее измельчают на стандартном оборудовании.

В зависимости от принципа работы различают следующие виды измельчителей:

- ударного действия;
- сдавливающего;
- разрезающего и разрывного или роторные.

В зависимости от кинематической схемы измельчители бывают:

– одновальными - ротор вращается в рабочей камере, или статоре. Сырье подается через загрузочное окно, а измельченный материал под собственным весом выходит через профилировочное сито. Один из основных элементов одновального шредера для средних и крупных отходов – гидравлическая плита-подпрессовщик, она поджимает куски пластика к ротору и обеспечивает их захват зубьями или ножами;

– двухвальными - со стороны загрузки валы вращаются навстречу друг другу, условия захвата в двухроторной машине позволяют обходиться без подпрессовщика;

– четырехвальными - в состав системы входят два основных (режущих) и два вспомогательных (подающих) вала, ножи подающих роторов разнесены между собой, но имеют положительное перекрытие с ножами рабочих валов, поэтому также участвуют в процессе измельчения.

В зависимости от вида пластика используются ножи следующих конструкций: дисковые, прямые, косые, V-образные, каскадные.

В рассматриваемой технологической линии используется роторная дробилка для пластика ИПР-500 – рисунок 4.19, технические характеристики представлены в таблице 4.16. Она состоит из следующих основных деталей и узлов:

- ротор – продольно-резательное устройство с закрепленными ножами;
- корпус – крепится на станине, прикрепленной к полу.
- загрузочный бункер для сырья, установленный на корпусе дробилки, при замене ножей бункер откидывается в заднее положение по направляющим;
- электродвигатель, установленный на самой станине в задней части от загрузочной горловины, приводит во вращение ротор с ножами, посредством клиноременной передачи.

Конструкция ротора называется открытой – когда держатели ножей с обоих концов присоединены к боковым дискам. Такая конструкция характеризуется высокой жесткостью и обеспечивает работу дробилки с уменьшенным уровнем шума и пылеобразования, позволяет загружать крупные куски, фрагменты сырья. В конструкции ротора реализован тип резания ножниц-гильотин, когда процесс резания начинается в крайней точке ножа, а затем распространяется на всю длину полосы ножа. Подобный тип реза обеспечивает большой КПД от используемого двигателя и характерен высокой производительностью. Фракция дробления определяется сеткой, установленной в нижней части дробилки.



Рисунок 4.19 – Роторная дробилка ИПР-500

Таблица 4.16 – Технические характеристики ИПР-500

Параметр	Характеристика
Габаритные размеры, мм	2054×2185×1500
Масса, кг	2700
Число оборотов ротора, об/мин	1100
Диаметр ротора, мм	500
Число оборотов ротора, об/мин	750
Рабочая ширина ротора, мм	800
Число ножей на роторе, шт	6
Число ножей неподвижных, шт	4
Мощность двигателя, кВт	45
Число оборотов двигателя, об/мин	1000
Тип передачи	клиноременная
Загрузочное окно, мм	836×626
Загрузочный корпус, мм	800×982×1285
Электропитание, В/Гц/фазы	280/50/3

Универсальный смеситель СУ-1,5 представлен на рисунке 4.20, технические характеристики описаны в таблице 4.17.

Смеситель универсальный предназначен для работы с сыпучими разнофракционными материалами со степенью влажности до 10%. Основным назна-

чением смесителя является подготовка сырья (песок, полимер, пигмент) для полимерно-песчаной технологии. Смеситель обеспечивает равномерный и быстрый промесс всех компонентов за короткий промежуток времени.

По своей производительности смеситель предназначен для использования на полимерно-песчаных производствах со средней и высокой производительностью.

СУ-1,5 представляет из себя сварную станину с закрепленным на ней бункером, предназначенным для загрузки сырья. Бункер оборудован откидывающейся верхней крышкой предназначенной для загрузки сырья, а также нижним открывающимся окном для выгрузки подготовленной массы.

Вал с лопастями приводится в действие за счет электродвигателя, установленного в нижней части станины. Крутящий момент с двигателя передается на вал через редуктор. Электродвигатель соединен с входным валом редуктора клиноременной передачей, выходной вал редуктора соединяется с валом через муфту. Основные органы управления расположены на шкафу управления смесителя.

Смесители предназначены для предварительной подготовки композитной (полимерно-песчаной) массы перед загрузкой в плавильно-нагревательный агрегат (АПН).



Рисунок 4.20 – Универсальный смеситель СУ-1,5

Таблица 4.17 – Технические характеристики СУ-1,5

Параметр	Характеристика
Габаритные размеры, мм	2054×1570×960
Масса, кг	1000
Объем бункера, м ³	1
Принцип действия	Шнековый привод
Тип передачи	Клиноременная
Тип редуктора	1Ц2У-160-20-12У1
Электродвигатель	5АМХ132S6 У3 ИМ 1081 IP54
Тип управления	автоматический
Привод, кВт	5,5
Время промеса, мин	2
Объем рабочий, м ³	1

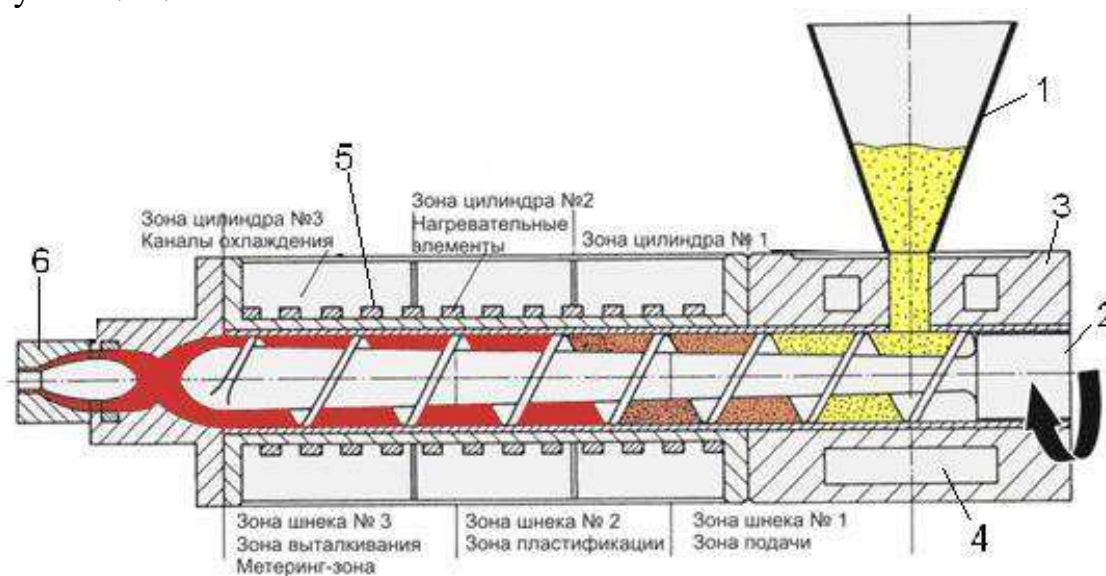
Загрузка компонентов в смеситель осуществляется двумя способами ручным или с использованием конвейера при автоматизированной подаче (шнекового, ленточного, ковшового).

Для проведения экструзии важно использовать только качественные установки. Экструдерами служат станки горячего воздуха, которые эффективно используются для выдавливания полимерных материалов. Они бывают разных типов, основные из которых — дисковые и многошнековые. Агрегатами плавления-нагревательными (АПН), то есть экструдерами, является мощное, экономичное и производительное оборудование.

АПН могут выполнять много разных задач, таких как, смешение, перемещение твердых частиц и расплава, дегазацию, придание изделию нужной формы.

Дегазация, другими словами, вентиляция используется на таком оборудовании, которое обладает особыми отверстиями. Через эти пазы осуществляется удаление летучих фракций и газов.

Рассмотрим схему плавления-нагревательного агрегата с ее пояснениями на рисунке 4.21.



- 1- бункер; 2- червяк (шнек); 3- цилиндр; 4- полость для циркуляции воды;
5 - нагреватель; 6- формующая головка с адаптером.

Рисунок 4.21 – Агрегат плавления-нагревательный (экструдер)

Агрегат плавления-нагревательный двухшнековый АПН-2-400 представлен на рисунке 4.22.

Управление АПН осуществляется с помощью одного шкафа управления. Каждый шнек приводится во вращение при помощи индивидуального приводного блока. Верхний вспомогательный шнек предотвращает забивание приемного бункера сырьем, путем ворошения загружаемого материала облегчает подачу сырья к основному шнеку.

Технические характеристики описаны в таблице 4.18.



Рисунок 4.22 - Агрегат плавильно-нагревательный двухшнековый АПН-2-400

Таблица 4.18 – Технические характеристики АПН-2-400

Параметр	Характеристика
Габаритные размеры, мм	4545×1100×1633
Масса, кг	2000
Номинальная мощность электродвигателя основного шнека, кВт	11
Номинальная мощность электродвигателя вспомогательного шнека, кВт	5,5
Суммарная номинальная потребляемая мощность АПН, кВт/час	64
Суммарная фактическая потребляемая мощность электродвигателей (при выходе на постоянный рабочий режим), кВт/час	8,8
Номинальная потребляемая мощность ТЭНов, кВт/час	45
Суммарная фактическая потребляемая мощность ТЭНов (при выходе на постоянный рабочий режим), кВт/час	25
Количество шнеков, шт	2
Количество ТЭНов, шт	30
Частота вращения вала электродвигателя основного шнека, об/мин	1000
Частота вращения вала электродвигателя вспомогательного шнека, об/мин	1000
Частота вращения основного шнека на I скорости электродвигателя равной 25 ГЦ (при частоте вращения вала двигателя 500 об/мин), об/мин	7
Номинальное число оборотов основного шнека на II скорости электродвигателя равной 35 ГЦ (при частоте вращения вала двигателя 700 об/мин), об/мин	10
Номинальное число оборотов основного шнека на III скорости электродвигателя равной 45 ГЦ (при частоте вращения вала двигателя 900 об/мин), об/мин	12,5
Производительность, кг/час	600
Частота, Гц	50
Напряжение питания, В	380



Рисунок 4.23 – Пресс гидравлический серии Д24

Для формовки готовых полимерпесчаных изделий в качестве прессового узла используются прессы серии Д24, номинальное усилие которых 160 т. Пресс серии Д24 проиллюстрирован на рисунке 4.23, его технические характеристики представлены в таблице 4.19.

Таблица 4.19 – Технические характеристики гидравлического прессы серии Д24

№	Параметр	Характеристика
1	Номинальное усилие обратного хода, мкМ	10
2	Номинальное усилие выталкивания вверх, мкМ	315
3	Ход ползуна, мм	630
4	Наибольшее расстояние между столом и ползуном, мм	1000
5	Наименьшее расстояние между столом и ползуном, мм	315
6	Расстояние между стойками в свету, мм	670
7	Размеры стола прессы, мм	800×700
8	Высота стола над уровнем моря, мм	900
9	Ход выталкивателя, мм	250
10	Мощность привода, кВт	7,5
11	Габариты, мм	2200×1200×3800
12	Масса, кг	5180
13	Скорость ползуна при холостом и возвратном ходах, мм/сек	120
14	Скорость ползуна при рабочем ходе, мм/сек	4,2
15	Скорость выталкивателя при ходе вверх, мм/сек	17
16	Скорость выталкивателя при ходе вниз, мм/сек	45
17	Максимальная выдержка под давлением, мин	99
18	Цикл работы прессы	полуавтоматический
19	Напряжение, В	380
20	Частота, Гц	50
21	Установленная мощность, кВт	11

Для получения изделия прессованием используется пресс-форма того вида изделия, которое хотят получить. Пример пресс-формы представлен на рисунке 4.24, характеристики представлены в таблице 4.20 [32].

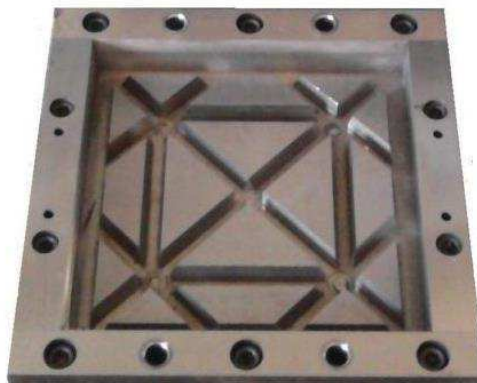


Рисунок 4.24 - пресс-форма «Плитка тротуарная»

Таблица 4.20 – Характеристики пресс-форм

Параметр	Характеристика
Материал формы	Ст40Х, 45Х
Количество мест в форме, шт	1 местная
Требуемая модель пресса	серии Д24
Размер изделия (в зависимости от пресс-формы), мм	350×350×45
Масса изделия (в зависимости от изделия), кг	1,8
Габариты изделия (в зависимости от пресс-формы), мм	330×330×35
Масса пресс-формы (в зависимости от пресс-формы), кг	255
Размер пресс-формы (в зависимости от пресс-формы), мм	420×420×300

4.2.4 Технология изготовления полимерпесчаных изделий

Технология изготовления изделий из отходов пластика и наполнителя в виде песка достаточно проста, включает в себя несколько основных этапов, а также вспомогательные, такие как транспортировка сырья, отрез композитной массы, загрузка сырья.

Поступающие на предприятие полимеры сортируются вручную: на ленточном конвейере подаются различные отходы пластика, рабочие сортируют их на мягкий и твердый пластик. К мягкому пластику относится полиэтилен, к твердому все остальное. А также при сортировке исключаются изделия, имеющие в составе резину, поликарбонат, фторопласт.

Затем отсортированный полимерный материал ленточным конвейером подается в дробилку, где происходит измельчение полимерного сырья. Загрузка полимерного сырья в дробилку для пластика (пластмасс) осуществляется сверху, через загрузочную горловину, тип загрузки ручной или автоматический (при наличии загрузочного устройства). Измельчаемое сырье поступает к ножам по касательной к окружности вращения ножей.

Далее при помощи системы пневмотранспорта измельченное сырье поступает в бункер-накопитель полимерного сырья.

Параллельно с подготовкой полимерного сырья подготавливают песок. При помощи ленточного конвейера песок поступает в бункер-накопитель хранения песка, оборудованный ворошителем, где происходит периодическое перемешивание песка. Затем из бункера-накопителя песок в заданной пропорции отправляется при помощи ленточного конвейера попадает в смеситель.

Также в смеситель после бункера-накопителя поступает полимерное сырье в заданной пропорции. Если при производстве используется пигмент, то он добавляется рабочим вручную с соблюдением пропорции.

Процесс смешения компонентов осуществляется за счет вращения расположенного в смесителе вала с лопатками, обеспечивающими зацепление и ворошение загруженных компонентов. Выгрузка промешанного сырья происходит через окно в нижней части смесителя.

Перемешивание смеси играет важную роль в получении прочного изделия. Многократное тщательное перемешивание гарантирует качество выпускаемого продукта. Это объясняется тем, что цель перемешивания состоит в покрытии каждой частицы наполнителя тонкой пленкой вяжущего. Время перемешивания смеси не должно быть меньше одной минуты.

После перемешивания готовая рабочая смесь при помощи конвейера поступает в плавно-нагревательный агрегат, выгружаясь в приемочный бункер плавно-нагревательного аппарата [27].

Процесс плавления полимер-песчаной смеси: основной нижний шнек, вращаясь, обеспечивает перемешивание композитной смеси и ее продвижение внутри рабочей камеры с прохождением через шесть зон нагрева. На первых двух зонах нагрева осуществляется разогрев смеси и ее осушение (удаляется остаточная влага), на следующих двух (средних) – происходит пластификация полимеров, и, таким образом, получение однородной композитной массы, на последней зоне – обеспечивается поддержание температуры массы и, соответственно, ее консистенции, требующейся для последующей ее формовки.

Готовая композитная масса продвигается основным шнеком к выпускному отверстию, расположенному в выходном (переднем) фланце корпуса. Данное отверстие закрывается заслонкой-шибером, открытие которой производится перемещением рукоятки вверх. Выдавливаемая экструдером смесь, имеет температуру около двухсот градусов, на выходе она отрезается при помощи ножа в нужном количестве и укладывается в предварительно смазанные формы рабочими вручную.

Готовая масса при выходе взвешивается на электронных весах, затем подается на матрицу пресс-формы для формирования изделия.

На финальной стадии, на стадии прессования, изделие принимает окончательный вид. Полуфабрикат подается в гидравлический пресс для прессования в готовое изделие. Уложенная в формы композитная масса под формовочным прессом не только получает готовый вид, а также во время прессования происходит и его одновременное охлаждение [30].

В итоге получают продукты необходимой формы, размеров. Какое изделие получится на выходе плитка, люк или черепица зависит только от формы пресса,

в которую подадут полуфабрикат. По желанию производителя изделиям придают разные габариты, цветовые оттенки и фактуру, для этого так же необходимо всего лишь иметь разные формы для гидравлического пресса и разных цветов красящие вещества.

К тому же что касается, в качестве экономии изделие могут выполнять послойно, то есть для начала верхним слоем кладут окрашенный слой полуфабриката – прессуют, затем неокрашенный – прессуют. На выходе получается более экономичное изделие, серое, неокрашенное дно устанавливают не на поверхности, а лицевая сторона будет выглядеть, как и требовалось – нужного цвета, формы и узора.

В целом данный технологический процесс можно считать практически безопасным, но для производства необходимы помещения с хорошей вентиляцией, работники должны быть обеспечены средствами индивидуальной защиты, а именно: защитные перчатки, респираторы, спецодежда, защитные очки.

5 Выгоды предприятия по переработке отходов пластмассы

Сегодня глобальная проблема может стать глобальным источником дохода и настоящим спасением для всего живого. В то время как горы пластикового мусора занимают целые полигоны, находится все больше людей, которые зарабатывают на его переработке. Важно понимать, что, если не наладить своевременный процесс сбора, сортировки и переработки пластикового мусора, уже очень скоро он выйдет далеко за границы полигонов.

Необходимость переработки пластиковых отходов вызвана не только большим количеством мусора, но и потребностью многих современных предприятий во вторичном сырье. Таким образом бизнес, построенный на переработке пластиковых отходов и изготовлении вторичного сырья, сегодня является одним из наиболее перспективных [27].

Благодаря своим физическим и химическим свойствам, пластик может проходить бесконечное количество циклов производства и переработки. Открытие перерабатывающих предприятий и их непрерывная работа помогут решить проблему излишков пластиковых отходов, а в перспективе убрать необходимость производства нового пластика.

Современные технологии работают на благо человечества. Однако не стоит забывать о том, что природа, которая нас окружает, нуждается также в нашей защите и заботе. Вторичная переработка мусора — это лучшее проявление заботы об окружающей среде и дальнейших поколениях людей.

Самое большое преимущество – это практически бесплатное сырье. И благодаря этому, бизнес по переработке отходов пластика выглядит достаточно привлекательно.



Рисунок 5.1 – Контейнер для сбора отходов пластика

Большое количество предприятий согласны бесплатно отдавать полиэтиленовый мусор, избегая тем самым самостоятельной утилизацией или вывозом

этого вида отхода [31]. Получить пластмассы в качестве исходного сырья можно следующими способами:

- организовать собственные пункты приема от населения;
- заключить договора с предприятиями, на получение от них бракованных изделий;
- сотрудничать с городскими муниципальными структурами и размещать специальные урны для пластиковых отходов.

Пример специальной урны для пластиковых отходов, устанавливаемой в общественных местах, представлен на рисунке 5.1.

Полимерные отходы перерабатывать достаточно выгодно, конечно, переработка макулатуры или стекла опережает по получаемой выгоде, но тем не менее. Рассмотрим диаграмму экономической выгоды при переработке отходов пластика по сравнению с переработкой других отходов на рисунке 5.2 [27].

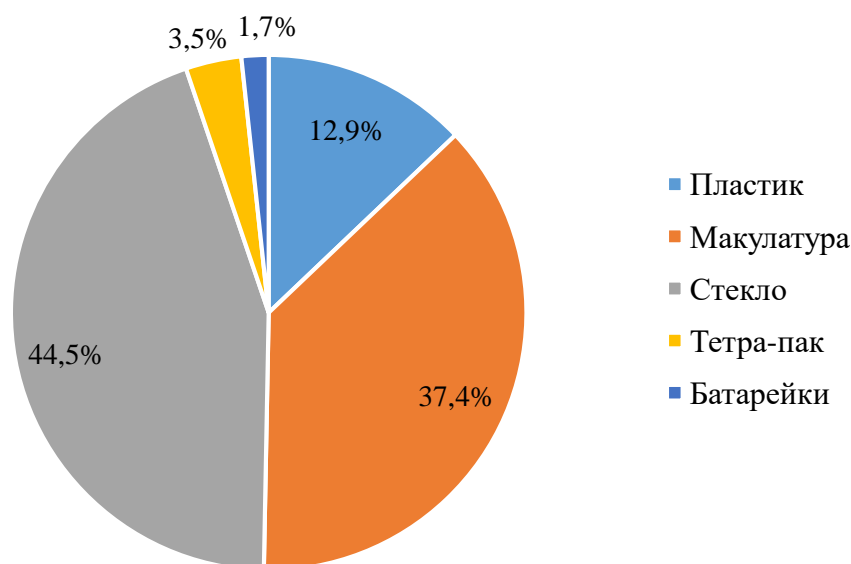


Рисунок 5.2 – Диаграмма экономической выгоды переработки пластика по сравнению с другими отходами

Также выгода предприятий по переработке отходов пластмассы состоит и в том, что для обслуживания таких заводов не нужен большой штат сотрудников. Самые большие инвестиции потребует оборудование. Учитывая то, что бизнес напрямую связан с охраной окружающей среды, можно получить льготный кредит на его приобретение и заручиться государственной поддержкой.

Зачастую, особенность оборудования состоит в том, что его с легкостью можно переносить и транспортировать. Существуют даже линии, которые помещаются в контейнер, а значит завод можно сделать мобильным.

5.1 Реализация и сбыт гранул полипропилена

Стоимость полипропилена грубой очистки (не для бытовых нужд) – до 30 000 за тонну, гранул высокого класса – до 55 000 за тонну. Из 5 тонн сырья получается 4 тонны гранул – это высокий показатель переработки.

По мнению промышленного портала «PromTu.ru», реализация 1 тонны гранул минимально может составлять около 20 000 рублей за вычетом стоимости сырья и затрат на производство. Соответственно, ежемесячный доход будет зависеть от мощности и производительности оборудования. Оборудование, как правило, окупается за 3-6 месяцев. Стоимость комплекта оборудования составляет в районе от 20 000 000 до 30 000 000 рублей.

Большое разнообразие производимой вторичной гранулы пластика позволяет использовать ее во многих сферах: в быту; промышленности; строительстве; медицине.

Самыми распространенными продуктами, которые при производстве могут использовать гранула – бытовые и технические пленки и разнообразную полимерную тару. А также: мягкий упаковочный материал (пленки и пакеты); твердую упаковку (пробки для бутылок, тара для продуктов, косметики и химии); полимерные трубы; бытовые емкости; сельскохозяйственный и бытовой инвентарь; детали для различного оборудования; применение для изготовления чернил для 3D-принтеров; упаковочные пленки, подносы и лотки; пробки для стеклянных бутылок; детские игрушки; пластиковая тара. В промышленной сфере он используется для производства: кровельных материалов; полимерно-песчаных стройматериалов; труб-каналов для кабеля, водостоков и вентиляции; изделий медицинского назначения.

Покупают полимерные гранулы заводы изготовители продукции в составе которой присутствует полимер [21].

5.2 Реализация и сбыт полимерпесчаных изделий

Помимо пластиковых отходов в производстве полимерпесчаных изделий, компонентами продукта являются обычный песок и сухой неорганический краситель - пигмент. Получается, что по себестоимости пластиковая плитка не дороже бетонной. Подробнее производительность, рентабельность и срок окупаемости линии полимерпесчаных изделий рассмотрим в следующем разделе.

Реализовывать полимерпесчаные изделия можно разными способами. Её покупателями могут быть как частные клиенты, так и коммерческие клиенты. Можно заключать договоры на поставку в розничные точки на строительных рынках и в сетевые магазины по продаже стройматериалов. А также полимерпесчаные изделия могут покупать строительные организации, государственные учреждения (по тендерам) [27].

5.3 Определение рентабельности и срока окупаемости на примере линии производства полимерпесчаных изделий

Рассматривается линия автоматизации по производству колодцев в сборе с люком и тротуарной плитки. Исходные данные предоставлены производственной компанией «Ростполикрафт» - Удмуртская республика, город Ижевск за 2016 год, цены указаны без НДС, для расчета взята упрощенная система налогообложения.

5.3.1 Исходные данные

Рассматриваемая производимая продукция представлена указана в таблице 5.1 и представлена на рисунке 5.3.

Таблица 5.1 – Производимый строительный материал

Изделие	Пояснения
Колодец в сборе глубиной два метра	Колодец состоит из: 1. переходная часть (конус); 2. кольца (10 шт); 3. дно колодца.
Люк в сборе	Люк в сборе состоит из: 1. корпус; 2. крышка.
Плитка тротуарная (330×330×35мм)	-



а – колодец в сборе; б – люк в сборе; в – тротуарная плитка

Рисунок 5.3 – Производимая продукция

Линия включает следующее оборудование:

1. Бункер хранения песка с устройством ворошения;
2. Ленточный конвейер на подачу песка;
3. Ленточный конвейер на подачу полимерного сырья;
4. Агрегат дробильный для полимеров (измельчитель) ИПР-500;
5. Система пневмотранспорта измельченного полимерного сырья (пневматический конвейер);
6. Бункер накопитель измельченного полимерного сырья со шнековым устройством выгрузки;
7. Смеситель СУ-1,5;
8. Конвейер на подачу сырья в АПН;
9. АПН-2-400 двухшнековый;
10. Весы электронные;
11. Пресс гидравлический Д2432;

12. Пресс-формы: Плитка тротуарная;
13. Пресс форма «Корпуса люка» диаметр корпуса 740 мм,
14. Пресс-форма «Крышки люка «Л», «С», «Т»» (диаметр крышки 620 мм, высота крышки 30/35/40 мм);
15. Пресс гидравлический Д2434;
16. Пресс- формы: Пресс-форма "Кольцо колодца", - Ø1090x200
17. Пресс-форма «Дно колодца»- Ø1090x40;
18. Пресс- форма «Переходная часть колодца» - Ø1090x Ø740x200
19. Система охлаждения пресс-форм с чиллерами 10А.
20. Блок управления автоматизацией.

Композит состоит из:

1. полимер – 24,58%;
2. песок – 75%;
3. пигмент – 0,42%.

В таблице 5.2 указано количество готовой продукции, которую позволяет получить комплектация за сутки и рыночная стоимость готовых изделий по прайс-листу на 2016 год Удмуртская республика.

Таблица 5.2 – Стоимостные и количественные характеристики единицы выпущенной продукции

Наименование	Стоимость одного изделия, руб	Количество в сутки	Вес изделия, кг
Плитка тротуарная (330×330×35мм)	106,00	300 м ²	4
Дно колодца	1000,00	6 шт	-
Кольца	1200,00	60 шт	-
Переходная часть	1450,00	6 шт	-
В итоге изделие: колодец в сборе глубиной 2 метра	14 450,00	6 шт	600
Люк в сборе (корпус + крышка)	1500,00	96 шт	44

Стоимость оборудования, оклад заработной платы, количество рабочих, затраты времени на единицу изделия, данные потребления и стоимость потребления электроэнергии указаны далее в расчётных таблицах.

5.3.2 Затраты на производство

Материалы и оборудование. Результаты расчета необходимого количества композита и сырья, составляющего композит представлены в таблице 5.3, стоимость составляющих композита и расчеты затрат на материалы на 1 тонну композита в таблице 5.4. Цена материала усредненная, взята за 2016 год, указана в рублях за тонну материала.

Количество выпускаемой в сутки тротуарной плиты (штук) можно рассчитать по формуле:

$$N = S/s_1, \quad (3.1)$$

где S – площадь выпускаемой тротуарной плиты в сутки (300 м² из таблицы 5.2), м²;

s_1 – площадь одной тротуарной плиты, м².

Площадь одной тротуарной плиты можно рассчитать по формуле:

$$s_1 = a^2, \quad (3.2)$$

где a – сторона плиты (330 мм из таблицы 5.1), м.

$$s_1 = 0,33^2 = 0,1089 \text{ м}^2$$

$$N = 300/0,1089 = 2754,821 \approx 2754 \text{ шт}$$

Таблица 5.3 – Результаты расчета количества материалов

Наименование	Вес одного изделия, кг	Количество, шт/сут	Вес композита в сутки, кг	Полимер (24,58%), кг/сут	Песок (75%), кг/сут	Пигмент (0,42%), кг/сут
Плитка тротуарная	4	2 754	11 016	2 707,733	8 262	46,267
Колодец в сборе глубиной 2 м	600	6 = 72 элемента	3 600	884,88	2 700	15,12
Люк в сборе	44	96	4 224	1 038,259	3 168	17,741
Итого:			18 840	4 630,872	14 130	79,128

Таблица 5.4 – Данные стоимости материалов

Наименование	Стоимость, руб/т	Состав композита, %	Стоимость на тонну композита, руб
Полимер дробленый	27 000,00	24,58	6636,6
Песок (кварцевый) строительный	320,00	75	240
Пигмент красящий	80 000,00	0,42	336
Итого стоимость одной тонны композита			7212,6

Исходя из данных таблиц 5.3 и 5.4, зная стоимость одной тонны композита и его необходимое количество в сутки, можно рассчитать затраты на материалы в сутки по формуле:

$$Z_c = M_k \times P_k, \quad (3.3)$$

где M_k – количество композита в сутки, т (таблица 5.3);

P_k – стоимость одной тонны композита, руб (таблица 5.4).

$$Z_c = 18,84 \times 7212,6 = 135\,885,384 \approx 135\,885,38 \text{ руб/сут}$$

Вывод: затраты на сырьевые ресурсы составляют 135 885 рублей 38 копеек в сутки.

Оборудование. Результаты расчета затрат на оборудование представлены в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Затраты на оборудование

№	Наименование	Кол-во, шт	Цена, руб	Сумма, руб
1	Бункер хранения песка с устройством ворошения	1	350 000,00	350 000,00
2	Ленточный конвейер на подачу песка (6 метров)	2	540 000,00	1 080 000,00
3	Ленточный конвейер на подачу полимерного сырья (6 метров)	1	540 000,00	540 000,00
4	Агрегат дробильный для полимеров ИПР-500	1	1 310 160,00	1 310 160,00
5	Система пневмотранспорта измельченного полимерного сырья (пневматический конвейер - 6 метров)	1	540 000,00	540 000,00
6	Бункер-накопитель измельченного полимерного сырья со шнековым устройством выгрузки	1	350 000,00	350 000,00
7	Смеситель СУ-1,5	1	450 765,00	450 765,00
8	Конвейер на подачу сырья в АПН (6 метров)	2	540 000,00	1 080 000,00
9	АПН-2-400 двухшнековый	2	1 499 900,00	2 999 800,00
12	Весы электронные	2	20 000,00	40 000,00
13	Весовая платформа	2	30 000,00	60 000,00
10	Пресс гидравлический Д2432 (для плитки и для люка)	4	1 183 760, 00	4 735 040,00
11	Пресс-формы: Плитка тротуарная	2	237 930,00	475 860,00
17	Пресс гидравлический Д2434 для колодца	1	1 881 477, 50	1 881 477,50
18	Пресс-форма "Кольцо колодца", - Ø1090x200 мм	1	1 378 000,00	1 378 000,00
19	Пресс-форма «Дно колодца» - Ø1090x40 мм	1	742 000,00	742 000,00
20	Пресс- форма «Переходная часть колодца» - Ø1090x Ø740x200 мм	1	1 272 000,00	1 272 000,00
21	Пресс форма «Корпуса люка» Ø 740 мм,	1	734 500,00	734 500, 00
22	Пресс-форма «Крышки люка «Л», «С», «Т» (Ø 620 мм, высота 30/35/40 мм)	1	734 500,00	734 500, 00
23	Система охлаждения пресс- форм с чиллерами 10А	2	708 618,00	1 417 236,00
14	Блок управления автоматизацией	1	1 800 000,00	1 800 000,00
Итого затраты на оборудование				23 971 338,50

Вывод: затраты на оборудование составляют 23 971 338 рублей 50 копеек.

Сколько времени затратится на формовку изделия отражено в таблице 5.6.

Таблица 5.6 – Затраты времени на формовку изделия

Изделие	Количество, шт	Время формовки на 1 изделие, мин	Всего времени на формовку, мин
Дно колодца	1	10	10
Кольца колодца основные	10	10	100
Переходная часть	1	10	10
Люк в сборе (крышка и корпус)	1	8	16
	1		
Плитка тротуарная	1	0,5	0,5

Производственные площади. Для размещения оборудования и зон хранения сырья и продукции необходимо предусмотреть порядка 2000 м² производственных площадей: производственные помещения 1000 м² и 1000 м² для складских помещений (могут находиться вне производственных), готовая продукция складирована в цеху, а затем перемещается на склад.

Расходы на содержание складских помещений площадью 1000 м² в месяц составляет 50 000 рублей, на содержание производственных помещений площадью 1000 м² – 80 000 рублей в месяц.

Соответственно, затраты на производственные площади в сутки можно рассчитать по формуле, при условии, что в месяце 30 дней:

$$Z_{\text{пр.пл.}} = (Z_{\text{пр.пом.}} + Z_{\text{скл.пом.}}) / 30, \quad (3.5)$$

где $Z_{\text{пр.пом.}}$ – затраты на содержание производственных помещений в месяц, руб;
 $Z_{\text{скл.пом.}}$ – затраты на содержание складских помещений в месяц, руб.

$$Z_{\text{пр.пл.}} = (50\,000 + 80\,000) / 30 = 4\,333,333 \approx 4\,333,33 \text{ руб}$$

Вывод: затраты на производственные площади составляют 4 333 рубля 33 копейки в сутки.

Фонд оплаты труда. Затраты на фонд оплаты труда в месяц представлены в таблице 5.7.

При условиях, что линия работает круглосуточно, на ее обслуживание нанято три бригады рабочих по графику сутки через двое и один управляющий, работающий по графику пять дней в неделю по восемь часов в день, а также при ЕСН равным 26%.

Единый социальный налог (ЕСН) был предназначен для мобилизации средств для реализации права граждан на государственное пенсионное и соци-

альное обеспечение (страхование) и медицинскую помощь. Таким образом взимание страховых платежей в социальные фонды было передано в ведение налоговой службы РФ.

Таблица 5.7 – Результаты расчета фонда оплаты труда

№	Должность	Человек в одну смену	Всего работников в месяц	Оклад в месяц, руб	Фонд оплаты в месяц, руб
1	Бригадир смены	1	3	50 000,00	150 000,00
2	Оператор автоматизации	1	3	50 000,00	150 000,00
3	Формовщик крупногабаритных изделий	2	6	35 000,00	210 000,00
4	Разнорабочий для складирования продукции	1	3	30 000,00	90 000,00
5	Управляющий	1	1	50 000,00	50 000,00
Итого на оплату труда:					650 000,00
ЕСН (26%)					169 000,00

Таким образом, затраты на оплату труда составляют 650 000 рублей в месяц, и отчисления ЕСН 169 000 рублей. Соответственно, при условии, что в месяце 30 дней, затраты на оплату труда в сутки:

$$Z_{\text{тр.сут.}} = Z_{\text{тр.}}/30, \quad (3.4)$$

где $Z_{\text{тр}}$ – затраты на оплату труда в месяц, руб (таблица 5.7).

$$Z_{\text{тр.сут.}} = 650\,000/30 = 21\,666,6667 \approx 21\,666,67 \text{ руб/сут.}$$

Затраты на отчисления ЕСН в сутки ($Z_{\text{ЕСН сут.}}$) рассчитываются аналогично с затратами труда по формуле 3.4, при $Z_{\text{тр}} = Z_{\text{ЕСН}}$ (затраты на отчисления ЕСН в месяц в рублях):

$$Z_{\text{тр.сут.}} = 169\,000/30 = 5\,633,3333 \approx 5\,633,33 \text{ руб/сут.}$$

Вывод: затраты на оплату труда составляют 21 666 рублей 67 копеек в сутки, а затраты на ЕСН – 5 633 рубля 33 копейки в сутки.

Потребление электроэнергии. Прежде чем рассчитать энергопотребление необходимо вычислить время работы оборудования, а также пояснить выбор значений параметров.

Потребление электроэнергии конвейером осуществляется только при транспортировке сырья, в режиме ожидания электроэнергия не потребляется. Производительность загрузки используемых конвейеров 50 т/ч.

Соответственно, количество песка необходимого подать бункер в сутки 14,130 т (таблица 5.3), затем этот же песок подают в смеситель, значит количество подаваемого песка в сутки увеличится вдвое. Количество полимера, необходимого подать в измельчитель в сутки 4 630,872 кг (таблица 5.3) – для упрощения расчетов примем 4,631 т, затем это же количество полимера нужно подать в смеситель, значит количество подаваемого полимерного сырья в сутки увеличится вдвое. Далее при использовании двух конвейеров готовый композит подается в АПН, количество транспортируемого композита в сутки 18,840 т (таблица 5.3).

Следовательно, суммарное количество транспортируемого материала в сутки можно рассчитать по формуле:

$$M_{\text{тр}} = 2 \times M_{\text{песка}} + 2 \times M_{\text{полимера}} + M_{\text{к}}, \quad (3.6)$$

где $M_{\text{песка}}$, $M_{\text{полимера}}$, $M_{\text{к}}$ - количество песка, полимера, композита в сутки соответственно, т.

$$M_{\text{тр}} = 2 \times 14,13 + 2 \times 4,631 + 18,84 = 56,362 \text{ т}$$

Соответственно время работы оборудования (конвейеров) в сутки можно рассчитать по формуле:

$$T = M/v, \quad (3.7)$$

где M – количество обрабатываемого оборудованием сырья, т (кг);
 v – производительность оборудования, т/ч (кг/ч).

Для расчета времени работы конвейеров $M = M_{\text{тр}}$.

$$T = 56,362 / 50 = 1,12724 \approx 1,13 \text{ ч}$$

Так как рассчитанное время работы учитывает все шесть конвейеров, при расчете потребления электроэнергии количество машин указать 1.

Агрегат дробильный для полимеров потребляет 45 кВт/ч при разогреве – максимальное энергопотребление. Количество подготавливаемого материала (полимера) в сутки составляет 4 630,872 кг. В разогретом состоянии потребление электроэнергии снижается на 25% и составляет 75% от максимального:

$$W = 0,75 \times W_{\text{max}}, \quad (3.8)$$

где W_{max} – максимальное энергопотребление, кВт/ч.

$$W = 0,75 \times 45 = 33,75 \text{ кВт/ч}$$

Так как рассматриваемое производство при использовании данной линии работает круглосуточно, следовательно, принимается для расчётов энергопотребление 33,75 кВт/ч.

При дроблении жестких полимеров производительность измельчителя 1 т/ч, мягких – 300 кг/ч. Для расчетов возьмем усредненный показатель производительности $\nu = 650$ кг/ч.

Соответственно, время работы оборудования можно рассчитать по формуле 3.6.

$$T = 4 \cdot 630,872 / 650 = 7,12442 \approx 7,13 \text{ ч}$$

Смеситель потребляет энергию только при перемешивании композита. За один перемес обрабатывает одну тонну, затрачивая на это пять минут. В сутки используется 18,84 т материала, подвергающегося перемешиванию, следовательно, время работы оборудования (смесителя) в сутки можно рассчитать по формуле:

$$T = (M \times t) / 60, \quad (3.9)$$

где t - время перемеса одной тонны материала, мин.

$$T = (18,84 \times 5) / 60 = 1,57 \text{ ч}$$

Энергопотребление АПН при разогреве – 61,5 кВт/ч, при разогретом АПН и круглосуточной его работе энергопотребление снижается в два раза до 30,75 кВт/ч, так как рассматриваемое производство при использовании данной линии работает круглосуточно, следовательно, принимается для расчётов энергопотребление 30,75 кВт/ч.

Прессы при формовке изделий не потребляют энергию круглосуточно. Их программа рассчитана на потребление электроэнергии в режиме подъема и опускания верхнего пуансона, при процессе самой формовки электроэнергия не потребляется. Время хода ползуна равна 15 секунд вниз, 15 секунд вверх, соответственно 30 секунд – 1 формовка.

За сутки осуществляется:

1. формовка тротуарной плитки при использовании двух прессов позволяет получить 2754 плиток, соответственно время работы оборудования (пресса для формовки тротуарной плитки) можно рассчитать по формуле 3.8, где M количество обрабатываемого материала в штуках, а t – время одной формовки в секундах.

$$T_{\text{п}} = (2754 \times 30) / 3600 = 22,95 \text{ ч}$$

2. формовка колодца при использовании одного пресса позволяет получить 6 комплектов за сутки, на один комплект 12 элементов (10 колец + 1 дно + 1 переходная часть), соответственно 72 элемента за смену. Время работы оборудования (пресса для формовки колодца) можно рассчитать по формуле 3.8, где M количество обрабатываемого материала в штуках, а t – время одной формовки в секундах.

$$T_k = (72 \times 30) / 3600 = 0,6 \text{ ч}$$

3. формовка люка (корпус + крышка) при использовании двух прессов позволяет получить 96 комплектов, соответственно 192 элемента за смену.

Время работы оборудования (пресса для формовки колодца) можно рассчитать по формуле 3.8, где M количество обрабатываемого материала в штуках, а t – время одной формовки в секундах.

$$T_l = (192 \times 30) / 3600 = 1,6 \text{ ч}$$

Суммарное время энергопотребления прессами рассчитывается по формуле:

$$T = T_{\text{п}} + T_k + T_l \quad (3.10)$$

$$T = 22,95 + 0,6 + 1,6 = 25,15 \text{ ч}$$

Так как рассчитанное время работы учитывает все пять прессов, при расчете потребления электроэнергии количество машин указать 1.

Таблица 5.8 – Потребление электроэнергии за смену

Наименование	Энергопотребление, кВт/ч	Количество машин, шт	Время работы в сутки, ч	Потребление в сутки, кВт
Устройство ворошения в бункере хранения песка	5	1	24	120
Конвейер	1,5	1	1,13	1,695
Агрегат дробильный ИПР-500	33,75	1	7,13	240,638
Шнековое устройство выгрузки	3,3	1	24	79,2
Смеситель СУ-1,5	5,5	1	1,57	8,635
АПН-2-400	30,75	2	24	1 476
Пресс Д2432 (Д2434)	11	1	25,15	276,65
Система охлаждения прессформ с чиллерами 10А	8,3	2	24	398,4
Блок управления автоматизацией	-	-	-	20,3
Освещение	-	-	-	30
Итого потребление электроэнергии				2 651,518

Результаты расчетов потребления и стоимости электроэнергии представлены в таблице 5.8.

Затраты на потребление электроэнергии в сутки можно рассчитать по формуле:

$$Z_{ээ} = W_{и} \times P_{э}, \quad (3.11)$$

где $W_{и}$ – итоговое потребление электроэнергии в сутки, кВт;

$P_{э}$ – стоимость электроэнергии за 1 кВт, руб.

Итого потребление электроэнергии в сутки составляет 2 651,518 кВт. Стоимость электроэнергии, установленная на 20.07.2016 год в городе Ижевске Удмуртской республики, составляет 4,03 руб за 1 кВт.

$$Z_{ээ} = 2\,651,518 \times 4,03 = 10\,658,6175 \approx 10\,658,62 \text{ руб}$$

Вывод: Затраты на потребление электроэнергии в сутки составят 10 658 рублей 62 копейки.

Амортизация. Установим, что амортизация оборудования составит 8 лет или 96 месяцев. Стоимость полного комплекта оборудования 23 971 338,50 рублей (таблица 5.5).

Норма амортизации рассчитывается по формуле:

$$N_A = 1/n \times 100\%, \quad (3.12)$$

где n – срок полезного использования данного объекта амортизируемого имущества, выраженный в месяцах.

$$N_A = 1/96 \times 100\% = 1,041667$$

Ежемесячная амортизация рассчитывается по формуле:

$$A = N_A \times C : 100\%, \quad (3.13)$$

где C – стоимость полного комплекта оборудования.

$$A = 1,041667 \times 23\,971\,338,5 : 100 = 249\,701,44271 \text{ руб}$$

Амортизация, закладываемая в стоимость изделия, рассчитывается по формуле:

$$A_{ст} = A/M_k \times 30 \quad (3.14)$$

$$A_{ст} = 249\,701,44271 / (18\,840 \times 30) = 0,441793 \approx 44 \text{ копейки}$$

Таким образом, амортизация, заложенная в стоимость готового продукта, равна 44 копейки на 1 кг изделия, следовательно, амортизация за одни сутки:

$$A_{\text{ст.сут.}} = A_{\text{ст}} \times M_{\text{к}} = 8\,323,381 \approx 8323,38 \text{ рублей}$$

Вывод: итоговая амортизация в сутки составит 8 323 рубля 38 копеек.

5.3.3 Расчет выручки

Результаты расчета выручки, получаемой от готовой продукции, реализуемой по рыночной цене Удмуртской республики, представлены в таблице 5.9.

Таблица 5.9 – Результаты расчета выручки

Наименование	Стоимость одного изделия, руб	Количество произведенного в сутки, шт	Выручка в сутки, руб	Выручка за месяц (30 дней), руб
Плитка тротуарная	106,00	2 754	291 924,00	8 586 000,00
Колодец в сборе глубиной два метра: 1. Дно колодца 2. Кольца (10 шт) 3. Переходная часть	1. 1000,00 2. 1200,00×10 3. 1450,00 Итого: 14 450,00	6	86 700,00	2 601 000,00
Люк в сборе (корпус + крышка)	1500,00	96	144 000,00	4 320 000,00
Итого:			522 624,00	15 678 720,00

Вывод: сумма выручки в сутки составит 522 624 рубля, а в месяц 15 678 720 рублей.

5.3.4 Итоговые расчеты

Себестоимость изделия складывается из затрат, таким образом на основе проведенных расчетов затрат можно рассчитать себестоимость всех изделий, выпускаемых линией за сутки.

Себестоимость — денежная оценка используемых в производстве продукции (работ, услуг) природных ресурсов, сырья, материалов, топлива, энергии, основных фондов, трудовых ресурсов и других затрат на её производство и сбыт.

Результаты расчета себестоимости всех выпущенных изделий за сутки представлены в таблице 5.10.

После расчета себестоимости необходимо выяснить чистую прибыль, рентабельность и срок окупаемости оборудования.

Таблица 5.10 – Результат расчета себестоимости всех выпущенных в сутки изделий

Вид затрат	Сумма на все изделия, руб/сут
Сырье	135 885,38
Оплата труда	21 666,67
ЕСН	5 633,33
Производственные площади	4 333,33
Электроэнергия	10 658,62
Амортизация оборудования	8323,38
Итого себестоимость	186 500, 71

Все итоговые расчеты представлены в таблице 5.11.

Таблица 5.11 – Итоговые расчеты

Наименование	Сумма на все изделия, руб
Себестоимость всех изделий в сутки	186 500, 71
Накладные расходы (10% от себестоимости) в сутки	18 650,07
Выручка в сутки	522 624,00
Выручка в месяц	15 678 720,00
Прибыль до налогообложения в сутки	317 473,22
Налог с прибыли (6%) в сутки	19 048,39
Чистая прибыль в сутки	298 424,83
Чистая прибыль в месяц (30 дней)	8 952 744,90

Накладные расходы – это дополнительные затраты, не относящиеся напрямую к основному производству, не входящие в оплату труда основного персонала и в стоимость сырья. Для предприятия такие затраты важны не меньше, чем прямые расходы, поскольку позволяют обеспечить работу всего предприятия. (аренда офиса и иных непроизводственных помещений, канцтовары, расходные материалы для офисной техники, хозяйственные товары, услуги связи и интернет, командировочные затраты, обучение и переподготовка сотрудников, реклама и информационно-консультационные услуги, услуги охраны и противопожарное обеспечение)

При 100% реализации чистая прибыль за сутки составляет 298 388 рублей 83 копейки, 8 951 664,9 рублей в месяц, при суточной выручке 522 624 рубля, месячная выручка – 15 678 720 рублей. Рентабельность можно рассчитать по формуле:

$$\text{Рен} = \frac{\text{П}}{\text{В}} \times 100\%, \quad (3.15)$$

где П – чистая прибыль в месяц, руб

В – выручка в месяц, руб.

$$\text{Рен} = \frac{8\,952\,744,9}{15\,678\,720} \times 100\% = 57,1 \%$$

Срок окупаемости при реализации 100% можно рассчитать по формуле, чистая прибыль – за сутки:

$$O_k = Z_{об} / П, \quad (3.16)$$

где $Z_{об}$ – затраты на оборудование, руб.

$$O_k = 23\,971\,338,5 / 298\,424,83 = 80,326 \approx 81 \text{ день}$$

Вывод: Исходя из полученных результатов можно сделать вывод о том, что рассматриваемая производственная линия и производство в целом полимер-песчаной продукции выгодно для предпринимателя. Чистая прибыль в месяц составляет 8 951 664,9, рентабельность 57,1 % и срок окупаемости 81 день или 2 месяца и 21 день.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проблема загрязнения отходами пластмассы на сегодняшний день требует большого и безотлагательного внимания к себе. Производя все больше пластмасс и не задумываясь об их утилизации, человечество тонет в мусоре. Особенно актуальна эта проблема для России. Зарубежные страны развивают отрасль переработки отходов пластмасс и отходов целом, чего нельзя сказать про Россию, где 79 % пластиковых отходов подвергаются захоронению.

Рассмотрев в данной работе две технологии использования отходов пластика в качестве вторичного материального ресурса, можно сделать вывод о том, что целесообразно их объединение в единый производственный комплекс.

Сбор и сортировка отходов пластмасс являются наиболее слабым звеном в процессе организации переработки как технологических отходов, так и в еще большей степени отходов потребления. Это связано с тем, что масса сортируемых отходов очень велика по сравнению с массой пригодной для переработки. Таким образом получается, что большая часть отходов опять же выбрасывается. Что исключает предложенный комплекс, состоящий из двух достаточно простых технологий.

Используя линию по переработке отходов пластмассы в гранулы, осуществляется переработка пластика сразу двумя основными способами.

1. Простое дробление отходов, что дает возможность его использования в качестве добавки к первичному сырью при производстве продукции.

2. Дробление с последующим изготовлением гранулята, который можно применять для изготовления товаров.

От линии можно получать не только подготовленное для дальнейшей переработки очищенное и измельченное сырье, но и реализовывать его в качестве добавки для других организаций. При отсутствии спроса возможно использование для производства полимерпесчаных изделий.

Конечным продуктом для реализации линии по переработке пластика в гранулы являются соответственно полимерные гранулы. Рассматриваемая линия имеет в составе комплекс универсального оборудования, благодаря которому получают гранулы хорошего качества.

Так как технология производства гранул может перерабатывать только некоторые типы полимеров, в зависимости от количества установленных линий – возможно, даже и один тип, то встает вопрос об использовании непригодных для этой технологии отходов пластика. В этом случае необходим комплекс по изготовлению полимерпесчаных изделий. Технология изготовления полимерпесчаных изделий предусматривает использование, в качестве сырья, различных типов отходов пластика.

Производство полимерпесчаных изделий из отходов пластика не предусматривает тщательной и глубокой очистки полимерного сырья, более того возможно использование множества различных полимерных отходов в одной смеси.

Таким образом, объединив две технологии, можно получить уникальный комплекс, который, кроме материальных выгод, позволит избавиться от большей части полимерного мусора.

Также после определения рентабельности и срока окупаемости линии, на примере полимерпесчаной, наблюдаются следующие значения: чистая прибыль в месяц составляет 8 951 664,9, рентабельность 57,09% и срок окупаемости 81 день или 2 месяца и 21 день. Расчет проводился по упрощенной системе налогообложения, но тем не менее результат достоин внимания.

Таким образом, предлагаемый комплекс переработки отходов пластмассы не только позволяет решить проблему пластикового загрязнения, решить сырьевые проблемы, сокращая потребление первичных материальных ресурсов, но и станет возможным получить от переработки материальную. выгоду.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2017 году»; глава 8 «Обращение с отходами производства и потребления», 72 с.
2. Утилизация мусора в России. Как реформируют отрасль [Электронный ресурс]: рубрика в стране // «ТАСС» - Режим доступа: <https://tass.ru/info/6000776>
3. Пресс-центр Greenpeace России, доклад от 2 марта 2017 года «Что делать с мусором в России?», 15 с.
4. Что входит в состав ТКО? [Электронный ресурс]: отходы // «Утилизация и переработка мусора» - Режим доступа: <https://bezotxodov.ru/othody/sostav-tko>
5. Международная финансовая корпорация (IFC, группа всемирного банка) - Консультативные программы IFC в Европе и Центральной Азии: Программа по стимулированию инвестиций в ресурсоэффективность, итоговый отчет «Отходы в России: мусор или ценный ресурс? Сценарии развития сектора обращения с твердыми коммунальными отходами», 92 с.
6. Пластмассы общего назначения, их классификация и свойства, области применения [Электронный ресурс]: Москва // «Studfiles – файловый архив студентов» - Режим доступа: <https://studfiles.net/preview/440406/>
7. Пластиковое загрязнение [Электронный ресурс]: свободная энциклопедия // «Википедия» - Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Пластиковое_загрязнение
8. Классификация отходов пластмасс и их идентификация [Электронный ресурс]: о ТБО // «Переработка мусора – инвестиции в будущее» - Режим доступа: <https://ztbo.ru/o-tbo/lit/tehnologii-otxodov/klassifikaciya-otxodov-plastmass-i-ix-identifikaciya>
9. : Справочник сокращений [Электронный ресурс]: о полимерах // «Полимерные материалы – изделия, оборудования, технологии» – Режим доступа: <http://www.polymerbranch.com/reduction.html>
10. Production, use, and fate of all plastics ever made [Электронный ресурс]: research article – plastics // «Science Advances» - Режим доступа: <https://advances.sciencemag.org/content/3/7/e1700782>
11. Утилизация отходов пластмасс [Электронный ресурс]: о ТБО // «Переработка мусора – инвестиции в будущее» - Режим доступа: <https://ztbo.ru/o-tbo/lit/pererabotka-promishlennix-otxodov/utilizaciya-otxodov-plastmass>
12. Разновидности процессов утилизации пластиковых отходов [Электронный ресурс]: утилизация и переработка // «Promzn.ru – промышленный портал» - Режим доступа: <https://promzn.ru/utilizatsiya-i-pererabotka-plastikovyh-otxodov.html#i-3>
13. Гоголь Э. В., Мингазетдинов И. Х., Гумерова Г. И. Анализ существующих способов утилизации и переработки отходов полимеров — 2013. — № 10. — 251 с.

14. Переработка пластика в России отходов [Электронный ресурс]: новости и статьи // «Утилизация по всем правилам» - Режим доступа: <http://1utilizator.ru/novosti/245-191120143.html>

15. Полимерные отходы, их переработка и утилизация [Электронный ресурс]: отходы // «Второтходы – утилизация и переработка отходов» – Режим доступа: <https://vtorothody.ru/othody/polimerov.html>

16. Власов С.В., Кандырин Л.Б., Кулезнев В.Н., Учебник для вузов, Основы технологий переработки пластмасс, 2006 г – 358 с.

17. Технологии переработки полимеров [Электронный ресурс]: статьи и блог // «Nomitech – статьи и блоги» - Режим доступа: https://nomitech.ru/articles-and-blog/tehnologii_pererabotki_polimerov/

18. Переработка пластика как бизнес [Электронный ресурс]: переработка // «VIP идеи» – Режим доступа: <https://vipidei.com/proizvodstvo/pererabotka/plastikovyx-butyluk/#tehnologiya-proizvodstva-fleksa>

19. Производство вторичного полипропилена гранулированного [Электронный ресурс]: использование // «Полипропилен 40» – Режим доступа: <http://polipropilen40.ru/ispolzovanie-vtorichnogo-polipropilena/>

20. Технологии вторичной переработки пластика в гранулы [Электронный ресурс]: статьи // «НЕТМУС – Производство, инжиниринг и продажа оборудования для переработки отходов» - Режим доступа: <http://netmus.ru/press-center/articles/tehnologii-vtorichnoy-pererabotki-plastika-v-granuly/>

21. Гранулирование отходов пластмасс гранулы [Электронный ресурс]: о ТБО // «Переработка мусора – инвестиции в будущее» - Режим доступа: <https://ztbo.ru/o-tbo/lit/tehnologii-otxodov/granulirovanie-otxodov-plastmass>

22. Линии грануляции полимеров [Электронный ресурс]: Казань // «Studfiles – файловый архив студентов» - Режим доступа: <https://studfiles.net/preview/6179998/>

23. Оборудование для переработки пластика в гранулы: обзор станков и линий [Электронный ресурс]: пластмассы // оборудование // «Recycle.net – все о переработке вторсырья и утилизации отходов»- Режим доступа: <https://rcycle.net/plastmassy/oborudovanie-pl/stanki-i-linii-dlya-pererabotki-plastika-v-granuly#i-6>

24. Грануляторы пластика: описание, принцип работы и особенности выбора [Электронный ресурс]: общество // Интернет-газета Нижнего Тагила «V-tagile.ru»- Режим доступа: <https://www.v-tagile.ru/obschestvo-may-2019/granulyatory-plastika-opisanie-printsip-raboty-i-osobennosti-vybora>

25. Оборудование [Электронный ресурс]: оборудование // «STANKOPolimer – Отечественный производитель оборудования» – Режим доступа: <https://stankopolimer.ru>

26. Технология производства вторичных гранул пластика: переработка полимеров и описание метода грануляции [Электронный ресурс]: пластмассы // «Recycle.net – все о переработке вторсырья и утилизации отходов» – Режим доступа: <https://rcycle.net/plastmassy/tehnologiya-proizvodstva-vtorichnyh-granul-plastika>

27. Производство пластиковой тротуарной плитки [Электронный ресурс]: бизнес-идеи // «Дело 360» – Режим доступа: <https://delo360.ru/proizvodstvo-plastikovoy-trotuarnoy-plitki/>

28. Полимерпесчаные изделия [Электронный ресурс]: проекты // «Планетный эколог» – Режим доступа: <https://www.xn--80agfqfcembmbc7bxi5a.xn--p1ai/polimerpeschanye-izdeliya>

29. Организация мини-завода, перерабатывающего пластик и ПЭТ-тары [Электронный ресурс]: мини-заводы // «PromTu.ru – промышленный портал» – Режим доступа: <http://promtu.ru/mini-zavodyi/mini-pererabotka-plastika>

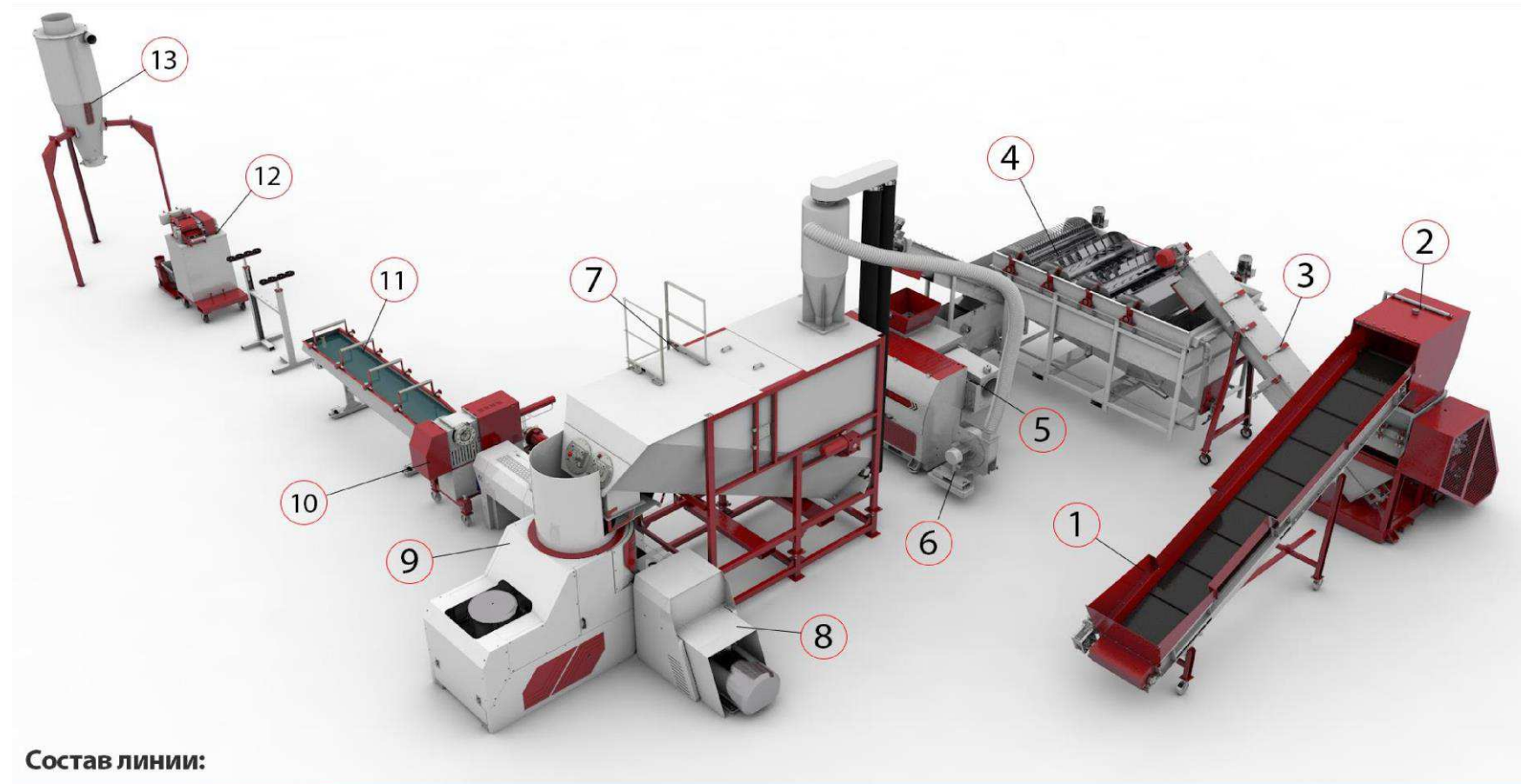
30. Оборудование для композитов [Электронный ресурс]: оборудование // «Rostpolikraft» - Режим доступа: <https://18ps.ru/catalog/oborudovanie-dlya-kompozitov>

31. Технология производства тротуарной плитки из пластика [Электронный ресурс]: утилизация и переработка // «Promzn.ru – промышленный портал» – Режим доступа: <https://promzn.ru/trotuarnaya-plitka/delat-iz-plastikovyh-butylok.html>

32. Игнатьева, Л. П. И26 Гигиенические аспекты обращения с бытовыми отходами (сбор, транспортировка, обезвреживание): учебное пособие / Л. П. Игнатьева, М. О. Потапова ; ФГБОУ ВО ИГМУ Минздрава России, Кафедра коммунальной гигиены и гигиены детей и подростков. – Иркутск : ИГМУ, 2016. – 72 с.

33. Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной деятельности. СТО 4.2-07-2014, Красноярск, СФУ.

ПРИЛОЖЕНИЕ А



Состав линии:

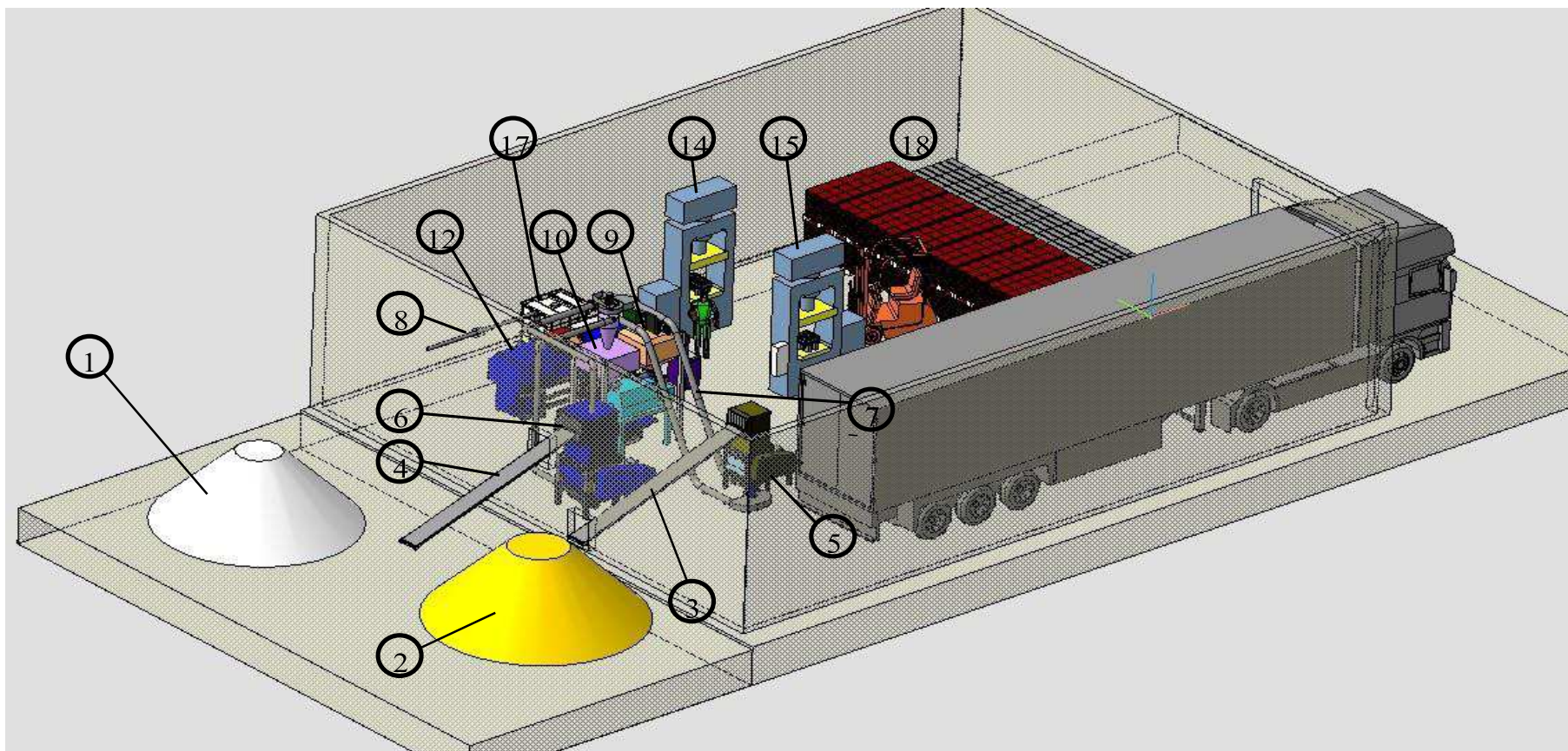
1. Ленточный транспортер С-ЛТР-600
2. Дробилка моющая SLF-1100
3. Шнековая выгрузка С-ШТ-550
4. Ванна флотации С-МФК-404
5. Пресс отжимной С-ПО-1

6. Пневмотранспорт С-ПНЗ-5
7. Бункер накопитель
8. Экструдер SLE 1-90
9. Вакуумная дегазация
10. Фильтр расплава NF-250

11. Ванна охлаждения
12. Стренговый гранулятор SL-GR-2.200
13. Циклон накопитель С-ЦН 62

Рисунок А1 – Линия переработки отходов пластмассы в гранулы

ПРИЛОЖЕНИЕ Б



1 - полимерное сырье; 2 – песок; 3,7 – ленточный конвейер; 4 – ленточный конвейер на подачу полимерного сырья; 5 – бункер хранения песка с устройством ворошения; 6 – дробилка ИПР-500; 8 – система пневмотранспорта измельченного полимерного сырья; 9 – смеситель СУ-1,5; 10 – бункер-накопитель измельченного полимерного сырья; 12 – АПН-2-400; 14,15 – Пресс гидравлический Д2434 и Д2432 соответственно; 18 – склад готовой продукции

Рисунок Б1 – Линия производства полимерпесчаных изделий из отходов пластмассы

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт
Кафедра «ИЭиБЖД»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

Кулагина
Т.А.Кулагина

подпись

«15» мая 2019 г

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

по направлению 20.03.01 «Техносферная безопасность»

«Использование отходов пластмассы
в качестве вторичных материальных ресурсов»

Научный консультант

Кулагина
подпись, дата 12.07.19

д.т.н., профессор

Т.А. Кулагина

Руководитель

Зайцева
подпись, дата 12.07.19

ст. преподаватель

Е.Н. Зайцева

Выпускник

Гутник
подпись, дата 12.07.19

А.А. Гутник

Нормоконтролер

Зайцева
подпись, дата 12.07.19

ст. преподаватель

Е.Н. Зайцева

Красноярск 2019

в
се