

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

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Химическая технология и ресурсосбережение»

(наименование)

18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической
технологии, нефтехимии и биотехнологии

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Рациональное природопользование, рециклинг и утилизация отходов

(направленность (профиль)/специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Модернизация технологического процесса получения гранулы
полиэтилена из вторичного сырья

Студент

В.С. Суворова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

к.б.н., доцент, Е.П. Загорская

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2020

АННОТАЦИЯ

Бакалаврскую работу выполнил(а): Суворова В. С.

Тема работы: «Модернизация технологии получения гранул полиэтилена из вторичного сырья»

Научный руководитель: к.б.н., доцент Загорская Е. П.

Цель бакалаврской работы - снижение негативного воздействия на окружающую среду за счет повышения эффективности использования вторичных материальных ресурсов.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ проблем обращения с полимерными отходами;
2. Модернизировать технологический процесс переработки полиэтиленовых пакетов на примере ООО «ТК Стройрегион» г.о. Тольятти;
3. Провести эколого-экономическую оценку предлагаемой модернизации.

Краткие выводы по бакалаврской работе: В работе был проведён поиск технических решений и анализ проблем обращения с полиэтиленовыми отходами и предложено технологическое решение по совершенствованию линии для переработки полиэтиленовых пакетов на производстве ООО «ТК Стройрегион».

Бакалаврская работа состоит из введения, четырёх разделов, заключения, списка используемой литературы.

Во введении обозначается актуальность проводимого исследования, описывается цель, задачи, объект и предмет исследования.

В первом разделе описаны существующие проблемы обращения с полиэтиленовыми отходами, химические свойства полиэтилена и его дальнейшее применение.

Во втором разделе идёт описание технологического процесса на производстве ООО «ТК Стройрегион» и предложено технологическое

решение по модернизации и совершенствованию линии для переработки полиэтиленовых пакетов на данном предприятии.

В третьем разделе описана разработка технологического процесса переработки полиэтиленового сырья с внедрением в линию нового оборудования на производстве ООО «ТК Стройрегион».

В четвертом разделе идёт экономическое обоснование проводимых мероприятий, рассчитан расход электроэнергии в процессе переработки полиэтиленов и проведен расчёт материального баланса.

Структура и объем работы. Работа состоит из введения, 4-х разделов, заключения, списка литературы из 24 источников. Общий объем работы, без приложений 45 страниц машинописного текста, так же в бакалаврскую работу включены 18 таблиц и 10 рисунков.

Содержание

Введение	5
1 Литературный обзор	7
1.1 Анализ проблем обращения с полиэтиленовыми отходами	7
1.2 Экологичность производства	11
2 Модернизация технологического процесса на предприятии ООО «ТК Стройрегион»	13
2.1 Технологический процесс переработки полиэтиленовых пакетов	13
2.2 Предложение по совершенствованию технологии переработки полиэтиленовых пакетов на производстве ООО «ТК Стройрегион»	20
3 Разработка технологического процесса переработки отходов полиэтиленового сырья	22
4 Экономическое обоснование проводимых мероприятий	27
4.1 Расход электроэнергии в процессе переработки полиэтиленов	27
4.2 Расчет материального баланса	29
Заключение	42
Список используемых источников	44

Введение

С каждым годом проблема загрязнения планеты полиэтиленом становится всё серьезнее. Использование этого материала настолько распространено, что встречается практически в каждой сфере человеческой жизни. Трудности утилизации и длительный срок разложения угрожают нашей планете. Для решения проблемы разрабатываются всё новые технологии переработки и вторичного использования вещества. Современная техника позволяет осуществлять вторичную переработку отходов полиэтилена на таком уровне, что материал становится вновь пригодным для использования. Это одновременно и способ экономии на новых материалах, и решение проблемы загрязнения природы.

Актуальность темы исследования – является одной из самых обсуждаемых проблем в мире. В настоящее время, перед нами стоит большая задача: научиться рационально использовать природные ресурсы и сохранять окружающую среду.

В связи с тем, что число производств полиэтилена, пластмасс, пластика, полимеров и других синтетических материалов с каждым годом увеличивается из-за возрастающего спроса на продукцию из этого материала, то, соответственно, увеличивается количество неразлагающегося мусора на полигонах. Неразлагающиеся отходы – серьёзный источник загрязнения окружающей среды. Учёные большинства стран применяют многочисленные проекты по рециклингу, а также разрабатывают новые процессы по эффективной утилизации и обезвреживанию отходов из полимеров.

Существует ряд причин, по которым уже стоит задуматься о своевременной и правильной переработке полимеров:

- «полиэтилен (ПЭ) составляет, примерно, 40% от общего спроса на пластмассовые изделия» [1];

- по данным Росприроднадзора, за последний год, в России образовалось 7,2 млрд т отходов производства и потребления — на 14% больше, чем годом ранее. Главным образом это отходы от добычи полезных ископаемых (94%), существенная часть которых утилизируется и перерабатывается.

- ежегодный объем ТКО в России составляет 70 млн т. Из них на переработку идет только 5 млн т — остальное отправляется на полигоны или (несущественная часть) сжигается [2];

- пластиковых отходов каждый год образуется порядка 3 млн т, а перерабатывается не более 12% из них;

- общая площадь российских свалок — более 4 млн га. Это примерно равно территории Швейцарии; [3]

- сжигание мусора ведёт к выделению в атмосферу вредных соединений, которые негативно влияют на здоровье живых существ и экологию в целом.

Цель работы: снижение негативного воздействия на окружающую среду за счет повышения эффективности использования вторичных материальных ресурсов.

В процессе является получение более качественной продукции из вторичного полиэтиленового сырья и увеличения прибыли с продаж с помощью модернизации технологического процесса производства ООО «ТК Стройрегион» г.о. Тольятти.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ проблем обращения с полимерными отходами;
2. Модернизировать технологический процесс переработки полиэтиленовых пакетов на примере ООО «ТК Стройрегион» г.о. Тольятти;
3. Провести эколого-экономическую оценку предлагаемой модернизации.

1 Литературный обзор

1.1 Анализ проблем обращения с полиэтиленовыми отходами

С принятием федеральных законов «Об охране окружающей среды», «Об отходах производства и потребления», «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения РФ», «Об экологической экспертизе» были определены основные принципы государственной политики в области обращения с отходами, в том числе и с твердыми коммунальными отходами (ТКО) [4]. основополагающим нормативным актом, регулирующим обращение с отходами, с 1998 года на территории всей Российской Федерации является Федеральный Закон от 24.06.1998 г. № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» (далее – ФЗ «Об отходах производства и потребления») [5].

Действующим российским законодательством (гл.2 ФЗ «Об отходах производства и потребления») полномочия в области обращения с отходами разграничены между 3 уровнями власти:

- органами власти Российской Федерации;
- органами власти субъектов Российской Федерации;
- органами местного самоуправления.

К полномочиям органов местного самоуправления поселений в области обращения с отходами согласно статье 8 ФЗ «Об отходах производства и потребления» отнесены организация сбора и вывоза бытовых отходов и мусора.

В настоящее время существуют два основных способа очистки окружающей среды от полимерных отходов: захоронение и утилизация. Захоронение пластмассовых отходов – это бомба замедленного действия [6]. При применении этого способа сегодняшние проблемы избавления от отходов лягут на плечи будущих поколений [7]. К тому же при захоронении

полимеров на полигонах вторичные материальные ресурсы безвозвратно теряются [8]. В частности, теряется 2 млн. т полимерных материалов.

Утилизация – относительно более щадящий способ.

Можно рассматривать 3 основные направления:

- сжигание;
- пиролиз;
- рециклинг (переработку).

Однако сжигание, также, как и пиролиз полиэтиленовых отходов, оказывает негативное воздействие на окружающую среду. При сгорании полимеров в атмосферу выделяются опасные компоненты, такие как диоксины, фураны, оксиды серы, хлористый водород и т.д. Также продуктом сжигания полиэтилена является зола, содержащая тяжелые металлы, для захоронения которой необходимы специализированные полигоны [9]. Таким образом, альтернативы рециклингу полиэтилена практически нет [10].

Таким образом, вторичная переработка полиэтилена – это выгодный и ресурсоемкий процесс, ориентированный на производство инновационной продукции [11]. Он позволяет использовать для производства имеющиеся вторичные ресурсы, что значительно сокращает ущерб, оказываемый на природную среду, а также экономит запасы полезных ископаемых на планете и удешевляет стоимость получаемой полимерной продукции.

Характеристика свойств полиэтилена

Впервые полученный в 1930-х гг., полиэтилен, первоначально предназначался для изготовления волокон, но уже в 1960-х гг. начал использоваться для производства пленки.

Полиэтилен представляет собой сложный термопластичный полиэфир [12]. Это прочный и легкий материал. Его плотность составляет $0,94 \text{ г/см}^3$ [13]. Различные виды полиэтилена обладают хорошей термостойкостью в диапазоне температур от минус 40^0 до плюс 2000^0 [14].

Полиэтилен устойчив к удару и растеканию, могут работать при температуре до плюс 700^0 , он так же устойчив к действию разбавленных

кислот, масел, спиртов, минеральных солей и большинству органических соединений, за исключением сильных щелочей и некоторых растворителей. Пластик не ядовит, без вкуса и запаха. Он минимально адсорбирует запахи и проявляет свойства хорошего газового барьера [15].

Полиэтилен существует в виде кристаллической и аморфной фаз [16]. При изготовлении изделий пластик аморфизуется резким охлаждением расплава от температуры плавления (плюс 2600⁰) до температуры, ниже температуры стеклования (плюс 730⁰), получаясь абсолютно прозрачным и блестящим [17].

В процессе переработки полиэтилен обладает низкой вязкостью расплава (средний показатель текучести расплава при плюс 2800⁰ - 7,5 г/10 мин) [18]. Перерабатывается экструзией, вакуум - пневмоформованием, литьем под давлением, вытяжкой из расплава и т.д. для защиты от деструкции (окисления) Полиэтилен перерабатывается в композиции с термостабилизаторами и другими компонентами для защиты от деструкции. Материал подвержен гидролизу даже при наличии в воздухе влажности при температуре выше точки плавления, поэтому перед пластификацией полиэтилен необходимо сушить до уменьшения содержания в нем влаги по крайней мере до 0,01 % [8].

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

Свобода в выборе дизайна и относительно низкая стоимость полиэтиленов привели к тому, что одним из самых значительных направлений их использования стало изготовление бутылок (для газированных напитков, минеральной воды, соков, пива, растительных масел, майонеза, косметики, бытовых очистителей и других пищевых и непищевых емкостей).

В последнее время, полимеры стали использовать не только для напитков, но и для продуктов быстрого питания. Начали изготавливать

тарелки, стаканы, рюмки, вилки, ложки, и еще много разновидностей посуды одноразового использования.

Использование полиэтилена высокого давления по-прежнему развивается в различных отраслях.

Применение вторичного полиэтилена

Вторичная полиэтиленовая гранула применяется для:

- упаковки (вторичной стрейч-плёнки, технической плёнки, полиэтиленовых пакетов);
- бахил и мусорных пакетов;
- бутылей для безалкогольных или слабоалкогольных жидкостей;
- одноразовой посуды;
- предметов декора;
- материалов для гидро- и теплоизоляции;
- водопроводных труб (применяемых в системах низкого давления);
- полимерной плитки;
- пластиковой садовой мебели;
- автомобильных топливных баков [18];

- любых других изделий, которые в процессе работы должны выдерживать значительные физические и электрические нагрузки. Но, к примеру, изоляцию для электрических кабелей из чистой «вторички» ПВД уже не делают, а добавляют 50 % от массы, в целях удешевления производства.

Из вторичного ПВД изготавливают трубы, детали автомобилей, шланги, нетканый материал, кабельную изоляцию, рубероид и полимерную черепицу, а также корпуса различных машин и механизмов.

1.2 Экологичность производства

На предприятии существуют факторы, которые могут негативно влиять на здоровье рабочих: высокий уровень шума, повышенная вибрация, высокие температуры, выделение в воздух рабочей зоны летучих вредных веществ.

В процессе переработки, а именно при агломерации и экструзии, полиэтилен нагревается выше 140°C, что дает возможность выделения в воздух летучих продуктов термоокислительной деструкции, содержащих уксусную кислоту, формальдегид, ацетальдегид, оксид углерода.

При концентрации перечисленных веществ в воздухе рабочей зоны выше предельно допустимой, согласно ГОСТ 12.3.030, возможны острые и хронические отравления [16].

Формальдегид – раздражающий газ, обладающий общетоксичным действием, оказывает сильное действие на центральную нервную систему.

Пары ацетальдегида вызывают раздражение слизистых оболочек верхних дыхательных путей, удушье, резкий кашель, бронхиты, воспаление легких.

Пары уксусной кислоты раздражают кожу и слизистые оболочки верхних дыхательных путей.

Оксид углерода вызывает удушье вследствие вытеснения кислорода из оксигемоглобина крови, поражает центральную и периферическую нервную систему.

Предельно допустимые концентрации рабочей зоны (ПДК), по ГОСТ 12.1.005, выделяющиеся в воздух летучих продуктов термоокислительной деструкции и их класс опасности занесены в таблицу 1 [17].

Гранулированный полиэтилен является горючим продуктом, то есть при контакте с открытым огнем он горит коптящим пламенем с образованием расплава и выделением газообразных продуктов, указанных в таблице 7. Температура воспламенения плюс 300 °С, самовоспламенения

плюс 400°С, нижний концентрационный предел воспламенения полиэтиленовой пыли - 12 г/м³.

Таблица 1 – Показатели предельно допустимых концентраций продуктов термоокислительной деструкции и их класс опасности

Наименование вещества	ПДК в воздухе рабочей зоны мг/м ³	Класс опасности
Формальдегид	0,5	2
Ацетальдегид	5,0	3
Уксусная кислота	5,0	3
Оксид углерода	20	4
Аэрозоль полиэтилена	10	3

Таким образом, в разделе были рассмотрены и описаны химические и физические свойства полиэтилена, а также экологичность его вторичной переработки и дальнейшее применение. Вторичная переработка полиэтилена – это выгодный и ресурсоемкий процесс, ориентированный на производство инновационной продукции

2 Модернизация технологического процесса на предприятии ООО «ТК Стройрегион»

2.1 Технологический процесс переработки полиэтиленовых пакетов

Переработка полиэтиленовых пакетов на предприятии ООО «ТК Стройрегион» начинается с сортировки сырья. Затем, отходы проходят переработку в несколько последовательных шагов:

- измельчение сырья,
- центрифугирование,
- агломерация,
- экструдирование,
- охлаждение стренг и их нарезка на гранулы,
- транспортировка и хранение продукции.

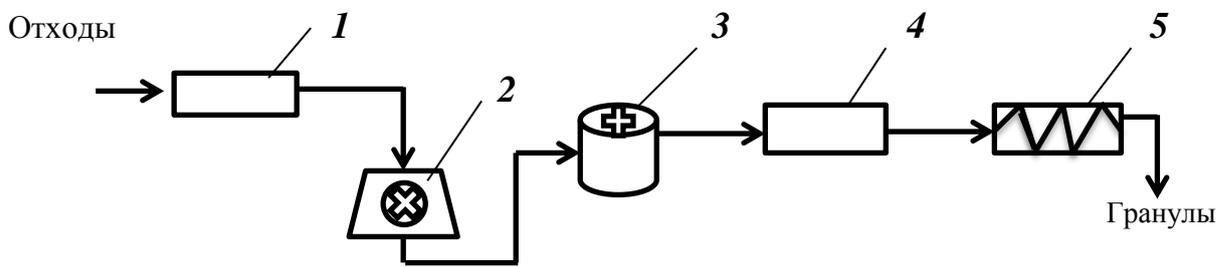
Сбор сырья и его сортировка - начало процесса. На этом этапе отходы делят на категории, которые соответствуют виду сырья. Сортировка производится вручную и с использованием механизированных устройств.

Отсортированные отходы очищают от деталей из инородного материала. Далее подготовленное сырьё измельчают в специальных машинах, с помощью дробления. Затем, очищают в специальных машинах для сухой мойки, после чего, измельчённый и очищенный полиэтилен переходит на следующий шаг обработки - центрифугирование. Это избавляет материал от примесей. После измельчения следует термическая обработка материала и его превращение в гранулу.

Для переработки вторсырья на предприятии используются следующее оборудование:

- машина для измельчения отходов;
- циклон;
- агломератор - для уменьшения объема сырья;

- гранулятор (экструдер) – для формирования однородного сырья, с помощью использования температуры. Схема линии по переработке ПЭ представлена на рисунке 1.



1 – узел сортировки полиэтилена; 2 – дробилка; 3 – циклон; 4 – агломератор; 5 – экструдер

Рисунок 1 – Принципиальная схема линии переработки ПЭ в гранулы на предприятии ООО «ТК Стройрегион»

Технические характеристики аппаратуры

Дробилка и циклон

После сортировки подготовленный утиль загружают в дробилку, рисунок 2.

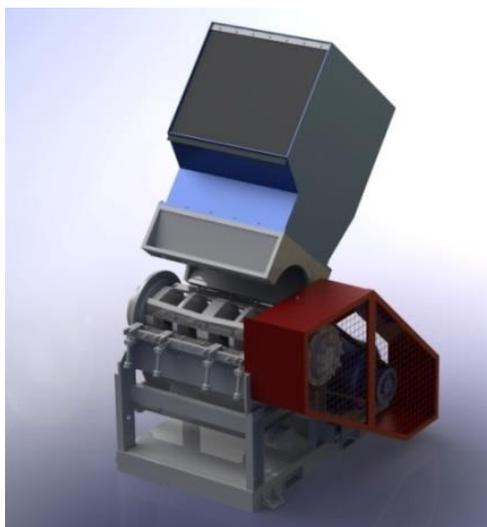


Рисунок 2 – Дробилка модели AMD-200D

Над дробилкой установлена вытяжка с влажным пылеуловителем.

Технические характеристики дробилки представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Технические характеристики дробилки модели AMD-200D

Габариты дробилки, ВхШхД (мм)	1500x400x600
Загрузочное отверстие, ВхШ (мм)	225x230
Хар-ки электродвигателя	4,0 кВт 16 А 380 В
Масса дробилки (кг)	160
Частота вращения ротора (об/мин):	1500
Ножей на роторе (шт):	3
Ножей на станине	2
Толщина измельчаемого материала (мм):	4-5
Производительность (кг/час)	35 - 50

Циклон

Далее измельчённый полиэтилен всасывается в циклонный бункер, рисунок 3.



Рисунок 3 – Циклон модели СП-100

Система предназначена для очистки дробленого материала или сырья от более лёгких летучих включений, очищает сырьё без предварительной мойки и сушки. Оборудование позволяет очищать разнообразное сырьё, в том числе ПЭ, ПЭТ, ПВХ, резину и другие материалы [18].

Дробленый материал высасывается из дробилки в циклонный бункер. После очистки, летучая фракция собирается в фильтр-рукав, а очищенная дроблёнка падает вниз и собирается в контейнеры.

Основные технические характеристики циклона указаны в таблице 3.

Таблица 3 – Основные технические характеристики циклона. Модель СП-100

Частота вращения вентилятора, об/мин	900
Габариты Д*Ш*В, мм	2850*1940*2120
Производительность, кг/ч	до 800
Мощность, кВт	30

Агломератор

Использования агломератора - один из способов повышений эффективности и экономичности переработки, рисунок 4.



Рисунок 4 – Двухроторный агломератор модели АПР-30х2М

На выходе получается товарный продукт – агломерат.

Измельчённый и отсортированный пластиковый утиль поступает в зону разогрева, где приобретает пластичное состояние. Размягчённая таким образом масса перемещается шнековыми транспортёрами.

На этом этапе происходит перемешивание пластика и его дегазация – удаление выделяющихся при нагревании летучих веществ [19].

На предприятии установлен двухроторный агломератор модели АПР-20х2М, его технические характеристики указаны в таблице 4.

Таблица 4 – Технические характеристики двухроторного агломератора АПР-30х2М

Производительность на отходах ПВД не менее	120 кг/час
Производительность на отходах ПВД максимальная	350 кг/час
Установленная мощность	60 кВт
Количество роторных ножей	4 или 8
Количество стационарных ножей	4
Тип корпуса	овальный
Объём корпуса	400 мл
Тип выгрузки	механический
Габаритные размеры Д*Ш*В	1325*1050*1250 мм
Вес	1080 кг

Экструдер

Для улучшения процесса смешивания и создания более высокого значения усилия сжатия массы применяется двухкаскадный шнековый экструдер, рисунок 5. Такой агрегат обладает более высокой производительностью, чем однокаскадный экструдер, поэтому, считается самым востребованным.



Рисунок 5 – Двухкаскадный шнековый экструдер

Масса расплавленных полимеров под давлением, создаваемым шнеками, пропускается через круглые отверстия в стальной матрице – фильтре. На выходе матрицы образуются жгуты (стренги). Внешне это напоминает выход фарша из мясорубки. Далее происходит водяное охлаждение жгутов и их нарезка на гранулы.

Каскадная линия грануляции имеет 2 фильтра, благодаря чему сырье проходит двойную очистку, и требования к чистоте входящего сырья можно снизить [20.].

Линия грануляции каскадного типа серии STR состоит из двух одношнековых экструдеров:

- в первом экструдере происходит предварительный расплав сырья, смешивание, уплотнение сырья. Удаляются влага и различные загрязнения сырья, в том числе краска с пленки. Получаемый расплав отличается неоднородной плотностью.

- во втором экструдере происходит пластификация и гомогенизация сырья. Получаемые на выходе из экструдера стренги, которые впоследствии режутся специальным инструментом, отличаются одинаковой толщиной, одинаковыми размерами и свойствами.

Режутся стренги холодным методом. После экструзии, стренги охлаждаются в ванне, обдуваются, а затем режутся на гранулы и калибруются. Данная технология получения гранулированного полимерного материала является самой распространенной и наиболее применяемой.

Технические характеристики стренговой линии (двухкаскадного экструдера) указаны в таблице 5.

Готовые охлаждённые гранулы транспортируют контейнерами в помещение для хранения готовой продукции, где в дальнейшем будет происходить отбор проб для контроля качества, фасовка и маркировка.

Полиэтилен хранят, согласно ТУ 2211-145-05766801-2008, в закрытом сухом помещении, исключая попадание прямых солнечных лучей, на полках или поддонах, отстоящих от пола не менее чем на 5 см и от

нагревательных приборов не менее чем на 1 м, при температуре не выше 30°C, относительной влажности – не более 80 % [20].

Таблица 5 – Технические характеристики стренговой линии (двухкаскадного экструдера). Модель STR 115/90

Диаметр шнека	1-й экструдер	115 мм
	2-ой экструдер	90 мм
Мощность двигателя	1-й экструдер	50 кВт
	2-ой экструдер	11-30 кВт
Скорость вращения шнека		10-120 об/мин
Общая нагревательная мощность		50 кВт
Производительность		180-200 кг/ч
Мощность гранулятора		2.2 кВт
Вес		3000 кг
Габариты		6000×3500×1500 мм

На сегодня, производительность гранулированного полиэтилена из вторичного сырья на предприятии ООО «ТК Стройрегион», составляет ~150–200 кг/ч, в сутки ~ 2500-3200 кг.

2.2 Предложение по совершенствованию технологии переработки полиэтиленовых пакетов на производстве ООО «ТК Стройрегион»

На данный момент, на производстве ООО «ТК Стройрегион» существует ряд проблем, связанных с получением продукции заявленного качества, соответствующего основным техническим параметрам, прописанным в ТУ 63-178-74-88, разработанным в соответствии с требованиями ГОСТ 2.114 [21]:

- в связи с тем, что в основном сырьё закупается со сложными загрязнениями (цемент, органический мусор, сера и другие загрязнения) ухудшается качество получаемой продукции;

- сильнозагрязнённое сырьё требует долгой дополнительной очистки;

- сложная и дорогостоящая транспортировка частично очищенного сырья.

Для того, чтобы улучшить качество продукции, получаемой на производстве ООО «ТК Стройрегион», а также для уменьшения количества брака, который впоследствии вместе с отходами переборки сырья поступает на полигоны, необходимо модернизировать технологическую линию, с помощью внедрения в неё моечной и сушильной установки.

Тогда появится возможность проводить дополнительную мойку и очистку сильнозагрязнённого сырья, тем самым позволяя улучшить качество гранулы, которая далее пойдёт на производство новых полиэтиленовых изделий, а не на полигон в виде мусора.

На рынке представлено множество моделей этого оборудования:

- Сухая мойка для полимеров. Минусами этого оборудования является то, что оно, в основном, нацелено на очистку лёгких «плавающих отходов» (шелуха, бумага, мелкий песок, пыль, грязь), так как более крупный и тяжёлый мусор застревает на сите. В связи с этим, сито придётся часто очищать. Плюсами является то, что на очистку сырья не потребуется вода.

- Горизонтальная моющая центрифуга имеет множество плюсов, но единственным минусом является слишком высокая производительность. Такая высокая производительность, на данный момент, непосильна существующей линии производства.

- Ванная флотации имеет множество плюсов: потребление малой мощности, простота в использовании и эксплуатации, а также функционирование в составе различных технологических линий по сбору и удалению тонущих частиц, что облегчает процесс удаления осевшего мусора. Из минусов: требуется 3000 л воды для очистки 1 т сырья.

- Фрикционная мойка обеспечивает наилучшую степень очистки пленочных материалов.

- Центрифуга для сушки полимеров является отличным вариантом для существующей линии, но, в совокупности с мойкой, слишком дорогой. Окупаемость такой линии наступит после года эксплуатации.

- Пресс-сушилка или шнековый отжим направлен на сушку пленочных материалов, степень влажности пленки, по завершению процесса, не превышает 7 %. Из минусов: оборудование дорогостоящее.

- Сушилка горячим воздухом. Из минусов: высокое потребление энергии. Из плюсов: самый дешевый вариант из предложенных [22]. Изучив различные предложения производителей этих аппаратов, был сделан вывод, что наилучшим выбором будет установка фрикционной мойки с флотационной ванной и пресс-сушилки.

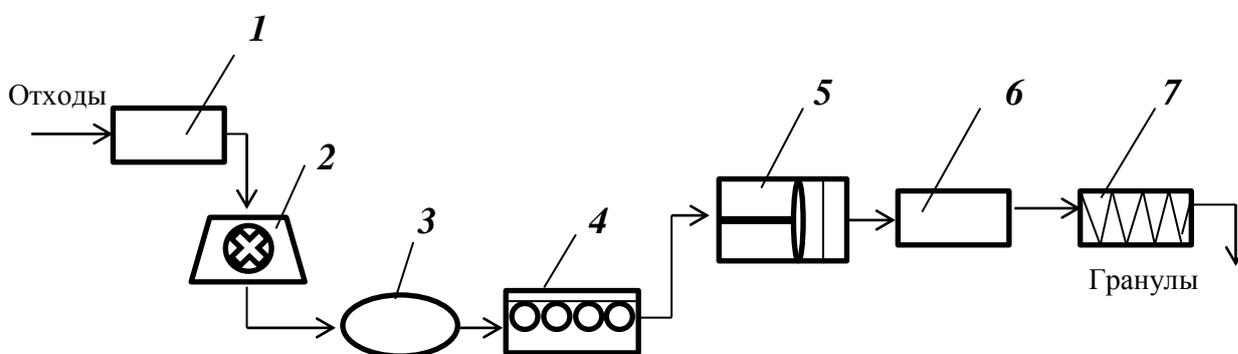
В данном разделе был рассмотрен технологический процесс переработки полиэтилена из вторичного сырья; выявлен ряд проблем, которые можно решить с помощью предложения по модернизации производства.

3 Разработка технологического процесса переработки отходов полиэтиленового сырья

Технологический процесс на предприятии ООО «ТК Стройрегион» после внедрения в технологическую линию моечно-сушильной установки, будет состоять из следующих стадий:

- измельчение сырья,
- мойка в две стадии,
- сушка,
- агломерация,
- экструдирование,
- охлаждение стренг и их нарезка на гранулы,
- транспортировка и хранение продукции.

Схема новой технологической линии по переработке ПЭ представлена на рисунке 6.



1 – узел сортировки; 2 – дробилка; 3 – флотационная ванна; 4 – фрикционная мойка; 5 – пресс-сушка; 6 – агломератор; 7 – экструдер

Рисунок 6 – Схема новой технологической линии по переработке ПЭ на предприятии ООО «ТК Стройрегион»

Далее рассмотрим технические характеристики выбранной аппаратуры и их принцип действия.

Мойка

После дробилки измельчённое сырьё будет поступать во флотационные ванны, рисунок 7.



Рисунок 7 – Флотационная ванна

Принцип действия флотационных ванн заключается в следующем. В резервуаре измельчённое сырьё и инородные частицы разделяются при помощи конвейера (за счёт разной относительной плотности). Измельченный материал остаётся на поверхности и за счёт циркуляции воды транспортируется к оборудованию следующего этапа в линии мойки. Чистое сырьё не только обеспечивает получение чистых гранул, но также оберегает оборудование от абразивного воздействия песка и грязи.

Ванна флотации используется для отделения мусора от плёночных материалов. Функционирует она в составе различных технологических линий по принципу сбора и удаления тонущих частиц. Сырьё, находящееся на поверхности воды, отделяется от инородных частиц (песка, мелких камней, грязи и тяжёлых фракций) в процессе перемешивания. Загрязнения оседают на дне ванны и доставляются к узлу выгрузки шнековым винтом. Плёнка,

прошедшая стадию очистки, отправляется на следующий этап переработки – во фрикционную мойку.

Для данного производства, выбрана была флотационная ванна модели S-MFK-400, ее технические характеристики указаны в таблице 6.

Таблица 6 – Технические характеристики флотационной мойки для плёнки, модель S-MFK-400

Технические характеристики	Показатель
Производительность, кг/час	200-1000
Мощность, кВт	3-5
Количество лопастей, шт	3
Размеры (д*ш*в), мм	7340*1595*3250

Дальнейшим этапом процесса переработки плёночных материалов будет мойка трением (фрикционная мойка), рисунок 8.



Рисунок 8 – Фрикционная мойка

Она направлена на очистку материалов от загрязнений (бумаги, земли, песка, и пищевых органических отходов).

В состав мойки трением входят:

- загрузочный бункер,

- корпус,
- ротор с лопатками,
- экран с перфорационными отверстиями, образующий цилиндр (барабан),
- форсунки для подачи воды в барабан.

Подача измельчённого материала осуществляется в непрерывном режиме в загрузочный бункер (воронку) мойку. Моющий эффект достигается благодаря высокой интенсивности трения частиц полимерных материалов как между собой, так и о внутренние поверхности мойки.

За счёт центробежной силы лёгкие частички грязи, бумаги и полимеров удаляются из барабана через перфорационные отверстия, а материал перемещается к зоне выгрузки. Удаленные частицы из бака, сечка (мелкая фракция) полимера смываются с наружной поверхности барабана водой и далее сливаются в систему водооборота.

Рассмотрим особенности и технические характеристики мойки трением, серии FRIK-ТМ, в таблице 7.

Таблица 7 – Технические характеристики фрикционной мойки серии FRIK-ТМ

Технические характеристики	Показатель
Мощность, кВт	17-30
Обороты ротора, об/мин	1500
Диаметр ротора, мм	400
Производительность, кг/ч	300
Мощность водяного насоса, кВт	2,2

Сушильная установка

После тщательного промывания плёнки, наступает следующий шаг – сушка. Традиционно процесс сушки осуществляется с помощью горячего воздуха и центрифуги. Тем не менее, значительные затраты на энергию, требуемую для процесса сушки полиэтиленовой плёнки, можно заменить на отжим воды из влажной плёнки при помощи пресс-отжима (Рисунок 9).

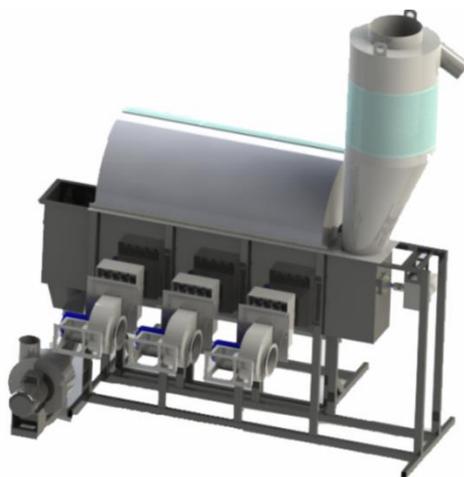


Рисунок 9 – Пресс-сушка, модель СТАНКО ПО-300

Процесс отжима уменьшает содержание воды до 3% при низком потреблении энергии всего 25 кВт на 500 кг полиэтиленовой плёнки, что в 3 раза меньше, чем при стандартной сушке. Процесс отжима также быстрее стандартных сушек, что увеличивает пропускную способность, и в дополнении к экономии энергии уменьшает износ и затраты на обслуживание.

По техническим характеристикам был выбран пресс-сушка, модели СТАНКО ПО-300 (Таблица 8).

Таблица 8 – Технические характеристики пресс-сушки, модель СТАНКО ПО-300

Технические характеристики	Показатель
Общая длина шнека, мм	1124
Рабочая длина шнека, мм	776
Мощность привода, кВт	25
Габариты, мм	2570*1500*2100
Масса, кг	2890
Производительность, кг/ч	200-300

В данном разделе была рассмотрена разработка технологического процесса переработки отходов полиэтиленового сырья и дано технологическое предложение по модернизации производства.

4 Экономическое обоснование проводимых мероприятий

4.1 Расход электроэнергии в процессе переработки полиэтиленов

Производительность линии до модернизации составляет 150кг/ч.

Расход электроэнергии при переработке полиэтиленовых пакетов в час представлен в таблице 9.

Таблица 9 – Расход электроэнергии на переработку полиэтиленов до модернизации

Вид ресурсов	Затрачено в час	Стоимость одной единицы (рубль)	Затраты (рубль)	Затраты на единицу продукции (рубль)
Электроэнергия на дробление, кВт	35	6	210	1,4
Электроэнергия на центрифугирование, кВт	30	6	180	1,2
Электроэнергия на агломерирование, кВт	30	6	180	1,2
Электроэнергия на гранулирование, кВт	50	6	300	2
		Итого	870	5,8

Таким образом затраты на электроэнергию при производстве 1 кг гранулы составили 5,8 руб.

После внедрения предложенных решений, затраты на электроэнергию изменятся, т.к. в линию добавится фрикционная мойка, ванна флотации и пресс-сушка, которые при работе на 40-60% будут суммарно потреблять 53 кВт/ч.

Представим в таблице 10 расход энергии на переработку полиэтиленов после модернизации.

Таблица 10 – Расход энергии на переработку полиэтиленов после модернизации

Вид ресурсов	Затрачено в час	Стоимость одной единицы (рубль)	Затраты (рубль)	Затраты на единицу продукции (рубль)
Электроэнергия на дробление, кВт	35	6	210	1,4
Электроэнергия на мойку во флотационной ванне, кВт	12	6	72	0,48
Электроэнергия на мойку во фрикционной мойке, кВт	18	6	108	0,72
Электроэнергия на пресс-сушку, кВт	23	6	138	0,8
Электроэнергия на агломерацию, кВт	30	6	180	1,2
Электроэнергия на экструдирование, кВт	50	6	300	2
		Итого	993	6,62

Таким образом затраты на электроэнергию при производстве 1 кг гранулы составили 6,62 руб.

Отклонение составит 0,82 руб.

Значит, затраты энергоресурсов на одну тонну продукции до модернизации составит:

$$5,8 \frac{\text{руб}}{\text{кг}} \times 1000 \text{ кг} = 5800 \text{ руб};$$

А затраты энергоресурсов на одну тонну продукции после модернизации составит:

$$6,62 \frac{\text{руб}}{\text{кг}} \times 1000 \text{ кг} = 6620 \text{ руб};$$

Затраты возрастут на 820 руб на 1000 кг.

4.2 Расчет материального баланса

Расчёт материального баланса процесса производства до модернизации

В процессе переработки могут наблюдаться следующие потери:

- потери при приеме сырья, хранении и транспортировке сырья;
- потери в виде летучих продуктов при экструзии, сушке и в виде пыли при резке;
- частично оплавленное сырьё при чистке фильтров, шнека, экструзионной головки, а также затвердевшие куски массы, вытекающие из материального цилиндра и уплотнений. Включаются также отходы, образующиеся при наладке и запуске оборудования, выходе оборудования на заданные технологические режимы, переходе с одного размера пленки на другой, при отборе контрольных образцов в установленном порядке, некондиционная пленка при внезапных остановках;
- потери на анализ сырья и готовой продукции [23].

1) Сначала составим пооперационную схему материальных потоков при переработке полиэтилена, рисунок 9.

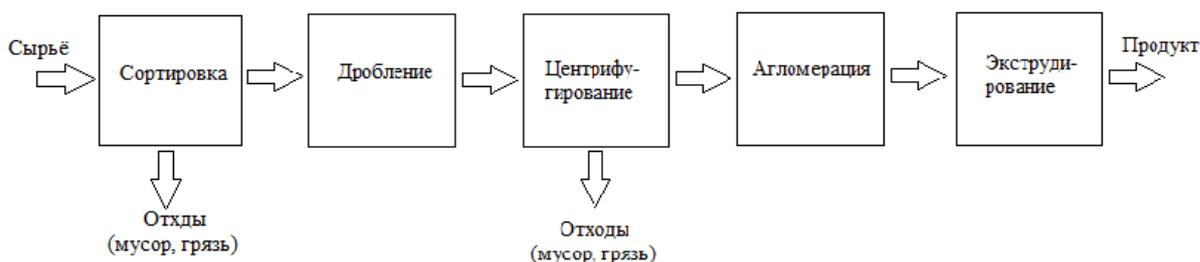


Рисунок 9 – Схема материальных потоков при переработке полиэтилена

Поэтапно рассчитаем материальный баланс на 1000 кг готовых гранул. Общие потери составляют 10 – 15% от 1000 кг готовой продукции.

Расчет начнём с последней технологической операции.

2) Внесём в таблицу 11 процентное соотношение возвратных и безвозвратных потерь для каждой стадии производства.

Таблица 11 – Процент потерь на каждой стадии производства

Стадия производства	Потери, %	
	возвратные	безвозвратные
Сортировка	-	2,0
Дробление и измельчение	-	0,5
Центрифугирование	-	2,5
Агломерация	0,5	0,5
Экструдирование	1,0	2,0
Транспортирование и хранение	-	0,5
Контроль качества	0,5	-
ИТОГ	2,0	8,0

3) После прохождения стадии контроля качества, у нас имеется 1000 кг =1,0 т готовой продукции.

Так как возвратные потери на контроле качества и невозвратные потери на стадии транспортировки, составили по 0,5%, то можем рассчитать массу, т, возвратных и невозвратных потерь на этих стадиях, воспользовавшись формулой (1):

$$M_x \cdot w = M_{\text{потери}} \quad (1)$$

где M_x – масса полиэтилена, на x стадии переработки, т;

w – процентная доля потерь;

$M_{\text{потери}}$ – масса потери, т.

$$1,0 \cdot 0,005 = 0,005 \text{ т};$$

Значит, возвратные потери на стадии контроля качества составили 0,005 т и невозвратные потери при транспортировке составили 0,005 т. Суммарная масса, т, потери составляет:

$$0,005 + 0,005 = 0,01 \text{ т};$$

Далее, по формуле (2), найдем массу полиэтилена, пошедшего на стадию контроля качества:

$$M_x + \sum M_{\text{потери}} = M_y \quad (2)$$

где M_y – масса полиэтилена на предыдущей x стадии переработки.

Значит, масса полиэтилена, пошедшего на стадию контроля качества, равна:

$$1,0 + 0,01 = 1,01 \text{ т};$$

4) Рассчитаем массу полиэтилена, пошедшего на этап экструзии, с учётом возвратных и безвозвратных потерь, по формулам (1) и (2):

Так как общие потери: безвозвратные потери 2% и возвратные потери 1%, в сумме составили 3%, то

масса потери на этапе экструзии равна:

$$1,01 \cdot 0,03 = 0,03 \text{ т};$$

масса полиэтилена, пошедшего на этап экструзии, равна:

$$1,01 + 0,03 = 1,04 \text{ т};$$

5) Рассчитаем массу полиэтилена, пошедшего на этап агломерации, с учётом возвратных и невозвратных потерь, по формулам (1) и (2). Общие потери на этом этапе составили 1%, значит, масса потери равна:

$$1,04 \cdot 0,01 = 0,0104 \text{ т};$$

Масса, т, полиэтилена, пошедшего на этап агломерации, равна:

$$1,04 + 0,0104 = 1,0504 \text{ т};$$

6) Рассчитаем массу полиэтилена, пошедшего на этап отсеивания осадка и мусора в циклоне, где безвозвратные потери составляют 2,5%, из них 2,2% - отход, содержащий мусор и грязь, 0,3% - потеря полиэтилена.

Масса грязного полиэтилена, пошедшего на этап отсеивания осадка и мусора в циклоне, с учётом массы безвозвратной потери полиэтилена и отходов, равна:

$$1,0504 + 1,0504 \cdot 0,025 = 1,077 \text{ т};$$

Значит, масса отходов равна:

$$1,0504 \cdot 0,022 = 0,023 \text{ т};$$

А масса потери полиэтилена:

$$1,0504 \cdot 0,003 = 0,0031 \text{ т};$$

7) Так же сделаем расчёты массы полиэтилена, пошедшего на этап дробления (с учётом безвозвратных потерь 0,5%) и на этап сортировки (с учётом безвозвратных потерь, которые являются отходами, 2%).

Масса грязного полиэтилена, пошедшего на этап дробления равна:

$$1,077 + 1,077 \cdot 0,005 = 1,082 \text{ т};$$

Тогда масса грязного полиэтилена, пошедшего на этап сортировки равна:

$$1,082 + 1,082 \cdot 0,02 = 1,104 \text{ т};$$

Значит, масса отходов равна:

$$1,082 \cdot 0,02 = 0,02164 \text{ т};$$

8) Рассчитаем суммарную массу отходов со всех этапов производства по формуле (3):

$$\sum M_{\text{отходов}} = M_1 + M_2 + \dots + M_n \quad (3)$$

где M_1, M_2, M_n – масса отходов на каждом этапе производства.

$$0,02164 + 0,023 = 0,04464 \text{ т};$$

Составим таблицу 12 со сводным материальным балансом.

Таблица 12 – Сводный материальный баланс

Приход, т	Расход, т	
Сырье: 1,104	Готовое изделие:	1,000
	Отходы (мусор, грязь)	0,04464
	Потери полиэтилена на этапах производства, т	
	Дробление	0,005385
	Центрифугирование	0,0031
	Агломерация	0,0104
	Экструдирование	0,03
	Транспортировка	0,005
	Оценка качества	0,005
	Итого: 1,104	Итого:

Суммарная масса потери с 1,0 т составила 0,104 т, то есть 10,4% от изначальной массы сырья.

Расчёт потерь на каждой стадии процесса модернизированного производства

1) Сначала составим пооперационную схему материальных потоков при переработке полиэтилена на новой линии производства, рисунок 10.

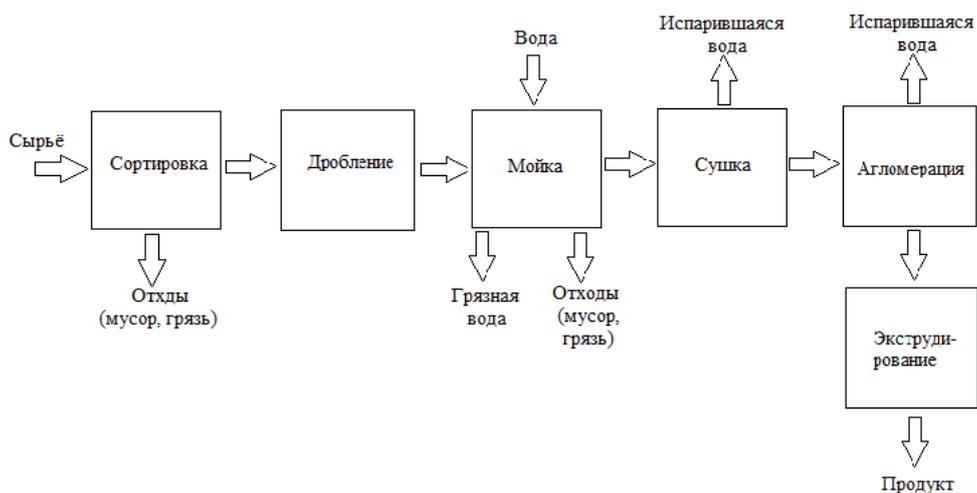


Рисунок 10 – Схема материальных потоков при переработке полиэтилена

Далее поэтапно рассчитаем материальный баланс на 1000 кг готовых гранул. Расчет начнём с последней технологической операции.

2) Расчёт процентного соотношения возвратных и безвозвратных потерь для каждой стадии производства представлен в таблице 13.

Таблица 13 – Процент потерь твёрдого вещества на каждой стадии процесса переработки

Стадия производства	Потери, %	
	возвратные	безвозвратные
Сортировка	-	1,5
Дробление и измельчение	-	0,5
Мойка	-	2,5
Сушка	0,5	0,5
Агломерация	0,5	0,5
Экструдирование	1,0	2,0
Транспортировка и хранение	-	0,5
Контроль качества	0,5	-
ИТОГ	2,5	8,0

Рассчитаем расход воды на каждой стадии производства. На мойку ~1000 кг сырья затрачивается 3000 л воды, исходя из этих данных составим

таблицу 14, в которой представлены процентные соотношения влажности сырья и этапов мойки, сушки и агломерации.

Таблица 14 – Влажность сырья после некоторых стадий производства

Стадия производства	Влажность сырья, %
Мойка	50
Сушка	3
Агломерация	0

3) После прохождения стадии контроля качества, у нас имеется 1000 кг =1,0 т готовой продукции.

Рассчитаем массу полиэтилена, пошедшего на этап контроля качества и транспортировку, воспользовавшись формулами (1) и (2) из раздела 2.1:

$$1,0 + 1,0 \cdot 0,005 + 1,0 \cdot 0,005 = 1,01 \text{ т};$$

4) Рассчитаем массу полиэтилена, пошедшего на этап экструдирования, с учётом возвратных и безвозвратных потерь, по формулам (1) и (2):

Так как общие потери: безвозвратные потери 2% и возвратные потери 1%, в сумме составили 3%, то

масса потери на этапе экструзии равна:

$$1,01 \cdot 0,03 = 0,03 \text{ т};$$

масса полиэтилена, пошедшего на этап экструзии, равна:

$$1,01 + 0,03 = 1,04 \text{ т};$$

5) Рассчитаем массу полиэтилена, пошедшего на этап агломерации, с учётом возвратных и невозвратных потерь, по формулам (1) и (2). Общие потери на этом этапе составили 1%, значит, масса потери равна:

$$1,04 \cdot 0,01 = 0,0104 \text{ т};$$

Масса полиэтилена, пошедшего на этап агломерации, равна:

$$1,04 + 0,0104 = 1,0504 \text{ т};$$

Рассчитаем массу воды, испарившейся на этапе агломерации, зная, что влажность сырья перед агломерацией была 3% от общей массы:

$$1,0504 \cdot 0,03 = 0,0315 \text{ т};$$

Значит, общая масса сырья и воды перед этапом агломерации составляет:

$$1,0504 + 0,0315 = 1,0819 \text{ т};$$

б) Рассчитаем массу полиэтилена, пошедшего на этап сушки, с учётом всех потерь, где суммарно они равны 1%:

масса потерь полиэтилена:

$$1,0504 \cdot 0,01 = 0,0105 \text{ т};$$

Значит, масса полиэтилена, пошедшего на этап сушки, равна:

$$1,0504 + 0,0105 = 1,0609 \text{ т};$$

Рассчитаем массу воды, испарившейся на этапе сушки, зная, что влажность сырья перед сушкой составляла 50% от общей массы:

$$1,0819 \cdot 0,5 = 0,54095 \text{ т};$$

7) На этапе мойки было затрачено 3,0 т воды, которые примем за 100%.

На этапе сушки и агломерации испарилось соответственно 0,54095 т и 0,0315 т воды, значит, на этапе мойки в слив ушло:

$$3,0 - 0,54095 - 0,0315 = 2,42755 \text{ т};$$

Рассчитаем массу полиэтилена, пошедшего на этапы мойки, где безвозвратные потери, в виде отходов (мусора, грязи), составили 2,5%:

$$1,0609 + 1,0609 \cdot 0,025 = 1,0874 \text{ т};$$

Значит, масса отходов составляет:

$$1,0609 \cdot 0,025 = 0,0265 \text{ т};$$

8) Так же сделаем расчёт массы полиэтилена, пошедшего на этап дробления (с учётом безвозвратных потерь 0,5%) и на этап сортировки (с учётом безвозвратных потерь, в виде отходов (мусора и грязи), которые составили 1,5%):

Масса полиэтилена, пошедшего на этап дробления равна:

$$1,0874 + 1,0874 \cdot 0,005 = 1,0928 \text{ т};$$

Значит, масса потерь полиэтилена составила:

$$1,0874 \cdot 0,005 = 0,0054 \text{ т};$$

Тогда масса полиэтилена, пошедшего на этап сортировки равна:

$$1,0928 + 1,0928 \cdot 0,015 = 1,1092 \text{ т};$$

Значит, масса отходов составила:

$$1,0928 \cdot 0,015 = 0,0164 \text{ т};$$

9) Рассчитаем суммарную массу отходов со всех этапов производства по формуле (3) из раздела 2.1:

$$0,0265 + 0,0164 = 0,0429 \text{ т};$$

Составим таблицу 15 со сводным материальным балансом.

Таблица 15 – Сводный материальный баланс

Приход, т	Расход, т	
Сырье: 1,1092 Вода: 3,0	Готовое изделие:	1,000
	Отходы (мусор, грязь)	0,0429
	Расход воды на этапах производства, т	
	Мойка (слив)	2,42755
	Сушка (испарение)	0,54095
	Агломерация (испарение)	0,0315
	Потери полиэтилена на этапах производства, т	
	Дробление	0,0054
	Сушка	0,0105
	Агломерация	0,0104
	Экструдирование	0,03
	Транспортировка	0,005
	Оценка качества	0,005
	Итог: 4,1092	Итог:

Суммарная масса потерь с 1,0 т составила 0,1092 т, то есть 10,9% от изначальной массы сырья.

Отходы в виде грязи и мусора собираются в специальные контейнеры и вывозятся автотехникой на специально отведённые полигоны.

Расчет себестоимости гранулы

Для начала рассчитаем количество затрачиваемого на производство гранул сырья в год по формулам (3) и (4):

$$P_{\text{год}} = P_{\text{час}} \cdot F_{\text{эф}} \quad (3)$$

где $P_{\text{год}}$ – годовой расход сырья, кг;

$P_{\text{час}}$ – расход сырья за 1 час, кг;

$F_{\text{эф}}$ – эффективное время работы оборудования в год, ч;

$$F_{\text{эф}} = T_{\text{сут}} \cdot T_{\text{год}} \quad (4)$$

где $T_{\text{сут}}$ – рабочих часов в сутки, ч;

$T_{\text{год}}$ – рабочих дней в году;

Исходя из тех данных, что рабочие работают в 2 смены по 8 часов 5 дней в неделю, то есть 20-21 день в месяц (не учитывая праздничные дни), а производительность у предприятия составляет ~150-200 кг/час, следует:

$$T_{\text{год}} = 20 \text{ дней} \times 12 \text{ месяцев} = 240 \text{ дней};$$

Далее рассчитаем эффективное время работы оборудования в год $F_{\text{эф}}$, которое по подсчетам составляет:

$$F_{\text{эф}} = 16 \cdot 240 = 3840 \text{ ч/год};$$

$$P_{\text{год}} = 150 \cdot 3840 = 576\,000 \text{ кг/год};$$

Значит, расход сырья в год на производстве ООО «ТК Стройрегион» составляет 576000 кг.

Расчет себестоимости гранул до модернизации производства

Рассчитаем себестоимость 1 кг гранул до модернизации, исходя из таблицы 16 затрат на ремонт и потерь при производстве.

Таблица 16 – Расчет себестоимости гранулы до модернизации производства

Наименование статьи затрат	Расходы в рублях на 1кг продукции
Закупка сырья	28
Электроэнергия	5,8
Ремонт оборудования	5,7
Заработная плата рабочим	14
Внутрипроизводственные расходники (снаряжение, бируши, перчатки, инструменты и прочие расходники)	0,002
Внепроизводственные расходники	0,0015
Транспортировка	4,17
СЕБЕСТОИМОСТЬ ГРАНУЛЫ	57,67

В итоге получается, что себестоимость 1 кг готовых гранул составляет 57,67 руб. В связи отсутствия на производстве мойки, приходится закупать частично очищенное сырье для того, чтобы получать требуемое качество продукции. Поэтому лишние затраты идут на поиски и доставку нужного сырья.

Расчет себестоимости гранул после модернизации производства

Рассчитаем себестоимость гранулы после модернизации производства, и, для удобства, занесем значения в таблицу 17.

Таблица 17 – Расчет себестоимости гранулы после модернизации производства

Наименование статьи затрат	Расходы в рублях на 1кг продукции
Закупка сырья	25
Электроэнергия	6,62
Ремонт оборудования	5,8
Заработная плата рабочим	15
Внутрипроизводственные расходники (снаряжение, бируши, перчатки, инструменты и прочие расходники)	0,002
Внепроизводственные расходники	0,0015
Транспортировка	2,02
СЕБЕСТОИМОСТЬ ГРАНУЛЫ	54,44

По подсчётам получается, что несмотря на повышение затрат на заработную плату, электроэнергию и ремонт оборудования – себестоимость гранулы будет составлять 54,44 руб, что на 3,23 руб дешевле, чем в варианте до модернизации производства, так как будут уменьшены затраты на закупку частично очищенного сырья и транспортировку сырья и готовой продукции.

Контроль качества готовой продукции

Готовая продукция отвечает основным техническим параметрам, прописанным в ТУ 63-178-74-88, разработанным в соответствии с требованиями ГОСТ 2.114 [21].

Рассмотрим в таблице 18 основные технические параметры гранул вторичного ПВД, прописанные в ТУ 63-178-74-88 и показатели качества

гранул, полученных на предприятии ООО «ТК Стройрегион», до и после модернизации линии производства [24].

Все показатели предприятия взяты из полученных опытным путём данных.

Таблица 18 – Показатели качества вторичного полиэтилена, полученного на предприятии ООО «ТК Стройрегион», до и после модернизации линии производства и основные технические параметры

Наименование показателя	Требования ТУ 63-178-74-88 для вторичной ПВД	Показатели качества вторичной ПВД до модернизации линии производства	Показатели качества вторичной ПВД после модернизации линии производства
Диаметр, мм	2-6 мм, не более 7 мм	2-4	2-4
Относительное удлинение при разрыве, %	100	100	100
Насыпная плотность, г/см ³	не менее 0,5	0,55	0,55
Массовая доля гранул с включениями, размером не более 0,2мм, %	-	7	5
Массовая доля брака по размеру, количеству слипшихся гранул на 1000 кг готовой продукции, %	не более 1%	0,96	0,85
Плотность, г/см ³	0,91-0,925	0,91-0,925	0,91-0,925
Показатель текучести расплава г/10мин	0,2-0,35	0,25	0,25

Таким образом, по расчётам из раздела следует, что производству ООО «ТК Стройрегион» необходима модернизация линии, так как показатели по улучшению качества продукции, а именно уменьшение массовой доли брака продукции и уменьшение массовой доли гранул с включениями не более 0,2 мм, отличается на 0,11% и 2% соответственно.

Заключение

На основании всех полученных результатов, были сделаны выводы о пользе проводимых исследований.

Во-первых, при анализе систем обращения с полиэтиленовыми отходами мы узнали, что ежегодный объем ТКО в России составляет 70 млн т. Из них на переработку идет только 5 млн т, остальное отправляется на полигоны или (несущественная часть) сжигается, тем самым нанося непоправимый ущерб экологии.

Также в ходе анализа методов переработки полиэтиленовых отходов, выяснили, что современная техника позволяет осуществлять вторичную переработку отходов полиэтилена на таком уровне, что материал становится вновь пригодным для использования. Это одновременно и способ экономии на новых материалах, и решение проблемы загрязнения природы. На настоящее время существующие технологии позволяют перерабатывать до 90% ПЭ отходов, при условии раздельного сбора и обеспечение высокого качества вторсырья.

Во-вторых, в процессе исследования технологии переработки на производстве ООО «ТК Стройрегион» были выявлены следующие недостатки:

- 1) В связи с тем, что в основном сырьё закупается со сложными загрязнениями (цемент, органический мусор, сера и другие загрязнения) ухудшается качество получаемой продукции;
- 2) Сильнозагрязнённое сырьё требует долгой дополнительной очистки;
- 3) Сложная и дорогостоящая транспортировка частично очищенного сырья.

В-третьих, все вышеперечисленные недостатки могут быть решены с помощью модернизации данного производства по переработке полиэтиленового сырья.

Расчёты показали, что после установки в линию моечного и сушильного оборудования, снизится количество выбрасываемого на полигоны Самарской области полиэтиленового мусора на 576 000 кг в год.

Из них 552 960 кг/год переработанного в гранулу полиэтилена пойдёт на дальнейшее производство новой продукции. И только 4% от общего количества перерабатываемого сырья, а именно 23 040 кг/год, в виде не перерабатываемого мусора будет отправляться на захоронение на полигоны. К тому же, очистка грязных полиэтиленовых пакетов с помощью мойки на производстве ООО «ТК Стройрегион» гарантирует сохранение чистоты окружающей среды, так как загрязненная вода проходит очистку через фильтровальные установки, после чего возвращается обратно в использование. Отфильтрованные отходы собираются в специальные контейнеры, после чего вывозятся заказанной автотехникой на полигоны.

Практический опыт показал, что наличие возможности закупать грязное сырье без предварительной очистки, позволяет экономить на его транспортировке, так как закупка грязного сырья может происходить у ближайших к производству поставщиков. Экономия составляет 2,02 руб за кг, что в 2 раза меньше базового (домодернизационного) варианта производства. И ещё одним большим плюсом является снижение затрат на закупку сырья, а точнее на 3 руб за кг.

Экономические расчеты показали, что после модернизации производства, учитывая увеличение затрат на заработную плату рабочим, электроэнергию и ремонт оборудования, себестоимость гранулы уменьшилась на 3,23 руб/кг, что составляет 3230 руб на одну тонну готовой продукции.

Список используемых источников

- 1- Akio Makishima, in Biochemistry for Materials Science, 2019
- 2- Ветрова Т. П. Экономические аспекты утилизации твердых бытовых отходов // Вест. МГУ. Сер. 6. 1998. № 5. С.99-107
- 3- РБК. Экономика. Новости 2019 г. – URL: <https://www.rbc.ru/economics/> (Дата обращения 04.02.2020).
- 4- ГОСТ Р 57701-2017 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Программы в области обращения с твердыми коммунальными отходами. – Введ. 2018-01-05 [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200147102> (Дата обращения 21.12.2019)
- 5- Федеральный закон Российской Федерации от 24.06.1998, № 89-ФЗ: «Об отходах производства и потребления»// Собрание законодательства РФ -10.06.1998
- 6- Воинов Н.А., Волова Т.Г. Проблема накопления и пути утилизации полимерных отходов / Н.А. Воинов, Т.Г. Волова // Журнал MedBe.ru [Электронный ресурс]. – URL: <https://medbe.ru/materials/problems-i-metody-biotekhnologii/problems-nakopleniya-i-puti-utilizatsii-polimernykh-otkhodov/> (Дата обращения 10.01.2020)
- 7- Смышляева Е. Г. Экономическая эффективность проекта по реконструкции химического производства: метод. указания по выполнению курсовой работы по дисциплине «экономика и управление производством» / Тольятти: ТГУ, 2008. – 36с.
- 8- Клинков А. С., Беляев П. С., Соколов М. В. Утилизация и вторичная переработка вторичных материалов; Тамбов 2005.
- 9- Бельямовский Д. Н. Сжигание и пиролиз твердых бытовых отходов // Жил. и коммун. хоз-во. 1993. № 6. С.28-29.
- 10- Долгих А. А., Кот В.И. // Тез. докл. конф. «Экологическая безопасность Урала» - Екатеринбург: «Урал-Принт». 2002. С.229.

- 11- Соловьева М.В. Проблема твердых бытовых отходов: ее история и современные масштабы // Экология ЦЧО РФ, 2000. № 2(5).
- 12- Mustafa Culha, in *New Polymer Nanocomposites for Environmental Remediation*, 2018.
- 13- Julius M. Ndambuki, in *Polyolefin Fibres (Second Edition)*, 2017
- 14- Уайт Дж.Л., Чой Д.Д. Полиэтилен, полипропилен и другие полиолефины / пер. с англ. яз. под. ред. Е.С. Цобкалло — СПб.: Профессия, 2006. – 13 с.
- 15- Ильиных Г.В. Морфологический состав отходов: основные тенденции изменения // *Твердые бытовые отходы*. 2011. №8;
- 16- Vincent Ojijo, in *Polyolefin Fibres (Second Edition)*, 2017.
- 17- Систер В. Г., Мирный А. Н., Скворцов Л. С. и др. *Твердые бытовые отходы (сбор, транспорт и обезвреживание)*. Справочник. – М., Академия коммунального хозяйства им. К. Д. Памфилова, 2001.
- 18- Odunayo Imoru, in *Polyolefin Fibres (Second Edition)*, 2017.
- 19- Петров В. Г., Чечина А. А. *Линии сортировки мусора. Перспективы применения*. – Изд-во Института прикладной механики УрО РАН, 2005. 112 с.
- 20- Гомоницкая А. О. Модернизация системы обращения с твердыми бытовыми отходами городского округа Тольятти // *Материалы XI городской научной студенческой конференции «Молодежь. Наука. Общество»*. – 2013. – С.224.-226.
- 21- ГОСТ 12.3.030-83 Система стандартов безопасности труда. *Переработка пластических масс. Требования безопасности*. – Введ. 1984-01-01. [Электронный ресурс]. – URL: <http://gostexpert.ru/gost/gost-12.3.030-83> (Дата обращения 12.01.2019).
- 22- ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). *Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением N 1 от 01.06.2000г)*. – Введ. 1989-01-01, – (Система стандартов безопасности труда).

- 23- [Электронный ресурс]. – URL: Tridan.ru. – <http://www.tridan.ru/vozdushnaya-ochistka-droblennoj-plastmassy-i-droblenki-plastika.html> (Дата обращения 01.02.2020).
- 24- [Электронный ресурс]. – URL: Rcycle.net. – <https://rcycle.net/plastmassy/oborudovanie-pl/stanki-i-linii-dlya-pererabotki-plastika-v-granuly> (Дата обращения 01.02.2020).
- 25- [Электронный ресурс]. – URL: <https://zerma-america.com/granulators/slow-speed-plastics-granulators/> (Дата обращения 02.02.2020)
- 26- ТУ 2211-145-05766801-2008. Полиэтилен. Технические условия. – Введ. 2008 г. [Электронный ресурс]. – URL: <https://elarum.ru/info/standards/tu-2211-145-05766801-2008/> (Дата обращения 01.02.2020).
- 27- ГОСТ 2.114-2016. Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Технические условия. – Введ. 2017-04-01. – М. : Изд-во стандартов, [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200138642> (Дата обращения 20.12.2019)
- 28- [Электронный ресурс]. – URL: https://www.eximpack.com/oborudovanie/pererabotka_polimernyh_othodov/mojka_a/moyka_treniem (Дата обращения 01.02.2020).
- 29- [Электронный ресурс]. – URL: <https://mirznanii.com/a/325941-4/protsess-proizvodstva-trub-iz-pe-metodom-ekstruzii-2-4/> (Дата обращения 12.03.20)
- 30- ТУ 63-178-74-88 Полиэтилен вторичный. Технические условия. – Введ. 1988-01-03, [Электронный ресурс]. – URL: <http://nd.gostinfo.ru/document/3249325.aspx> (Дата обращения 12.03.20)