

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 мусоросортировочного комплекса ООО «ЭкоРесурсПоволжье»

Студент

А.К. Игошина

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Д.А. Мельникова

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

## Аннотация

Тема работы: Модернизация мусоросортировочного комплекса ООО«ЭкоРесурсПоволжье».

Цель данной работы является увеличение процентного отбора вторичных материальных ресурсов из общего потока твердых коммунальных отходов, поступающих на мусоросортировочный комплекс ООО«ЭкоРесурсПоволжье».

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- провести литературный обзор по теме: «сортировка ТКО»;
- изучить действующий технологический процесс мусоросортировочного комплекса ООО «ЭкоРесурсПоволжье»;
- предложить вариант модернизации данного комплекса, с переходом от ручной к автоматической сортировке; провести расчет материальных балансов применяемого и предлагаемого технологических процессов и дать оценку эффективности предлагаемого решения.

В первом разделе произведен литературный обзор патентов и статей, посвященных сортировке ТКО.

Во втором разделе описан применяемый технологический процесс сортировки ТКО мусоросортировочного комплекса ООО«ЭкоРесурсПоволжье». Проведен поиск технических решений и предложен вариант добавления в уже существующий комплекс новых элементов, благодаря которым можно повысить процент отбора ВМР.

В третьем разделе произведены расчеты материальных балансов применяемого и предлагаемого процессов сортировки твердых коммунальных отходов. Также произведен расчет оценки эффективности предлагаемой схемы сортировки.

Объем работы составляет 64 страниц, в том числе 17 рисунков, 22 таблицы и 31 источник, включая 5 иностранных источников.

## **Abstract**

The topic of the graduation work is «Modernization of the waste sorting plant of LLC «Ekoresurspovolzhye»».

The aim of the work is modernization of the existing sorting plant of LLC «Ekoresurspovolzhye» to increase the percentage of secondary material resources from the total flow of solid municipal waste entering the waste sorting plant.

The object of the graduation work is the existing system of sorting solid municipal waste at LLC «Ekoresurspovolzhye».

The subject of the graduation work is the development of the technological process for automatic sorting of municipal solid waste.

The special part of the project gives details about patents, articles and the best available technologies for sorting municipal solid waste.

The general part of the project describes in detail the applied technological process of sorting solid household waste entering the waste sorting plant of LLC «Ekoresurspovolzhye». Also in this part, the search for technical solutions was carried out and the option of adding new elements to the existing complex was proposed, thanks to which it is possible to increase the percentage of selection of secondary material resources and switch to a more modern type of sorting – automatic.

Finally, we present the calculations of the material balances of the applied and proposed municipalsolid waste sorting processes. The efficiency of the proposed scheme for sorting solid household waste is also calculated.

The graduation work consists of an explanatory note on 64 pages, including 17 figures, 22 tables and the list of 31 references including 5 foreign sources.

The results of the study show that the introduction of this technological process will increase the percentage of selection of secondary material resources from the total flow of municipal solid waste.

## Содержание

Введение.....	6
1 Литературный обзор. Обоснование темы исследования .....	8
1.1 Понятие процесса сортировки ТКО и ее виды .....	8
1.3 Обоснование актуальности модернизации действующего.....	18
сортировочного комплекса ООО «ЭкоРесурсПоволжье».....	18
2 Модернизация действующего сортировочного комплекса ООО«ЭкоРесурсПоволжье».....	20
2.1 Описание технологического процесса сортировки, применяемого на ООО «ЭкоРесурсПоволжье».....	20
2.2 Определение путей совершенствования предлагаемого технологического процесса. Описание предлагаемого технологического процесса .....	23
2.3 Выбор основного оборудования для модернизации действующего сортировочного комплекса ООО«ЭкоРесурсПоволжье» .....	27
3 Расчетная часть.....	37
3.1 Расчет материального баланса применяемого технологического процесса сортировки .....	37
3.2 Расчет материального баланса предлагаемого технологического процесса сортировки .....	43
3.2 Анализ преимуществ предлагаемого технологического процесса и оценка эффективности.....	54
Заключение .....	62
Список используемой литературы и используемых источников.....	62
Приложение А 67Схема предлагаемого процесса от ООО «Экомашгрупп» .	67

## Перечень сокращений

ТКО – твердые коммунальные отходы (ранее использовался термин ТБО – твердые бытовые отходы)

ПЭТ – полиэтилентерефталат

ПВД – полиэтилен высокого давления

ПНД – полиэтилен низкого давления

РР – полипропилен

ВМР – вторичные материальные ресурсы

КГМ – крупногабаритные материалы

АСУ – автоматизированная система управления

## Введение

В среднем в России ежегодно образуется около 5,4 миллиардов отходов, из которых 60 миллионов приходится на твердые коммунальные отходы, как наиболее ценный вид отходов. В настоящее время из этого объема ТКО перерабатываются от 5 до 13 %, 10 % подлежит захоронению на объектах, соответствующих природоохранному законодательству, до 85% отходов ТКО размещается на свалках (большой частью несанкционированных) [11].

В процессе захоронения ТКО ежегодно в Российской Федерации безвозвратно теряется не менее 9 миллионов тонн макулатуры, 2 миллиона тонн полимерных материалов и 0,5 миллионов тонн стекла. По экспертным оценкам, на ценные компоненты приходится более 40 % ТКО, то есть около 15 миллионов тонн ежегодно [19].

Анализируя опыт зарубежных стран, где применяются не только технологии ручной сортировки твердых коммунальных отходов, но и автоматические мусоросортировочные комплексы, можно сделать вывод о том, что добавление автоматизированных элементов в комплекс ручной сортировки поможет увеличить процент извлечения вторичных материальных ресурсов из поступающего потока твердых коммунальных отходов.

Цель выпускной квалификационной работы – увеличение процентного отбора вторичных материальных ресурсов из общего потока твердых коммунальных отходов, поступающих на мусоросортировочный комплекс ООО «ЭкоРесурсПоволжье».

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- провести литературный обзор по теме: «сортировка твердых коммунальных отходов»;
- изучить действующий технологический процесс мусоросортировочного комплекса ООО «ЭкоРесурсПоволжье»;

– предложить вариант модернизации действующего мусоросортировочного комплекса, с переходом от ручной к автоматической сортировке;

– провести расчет материальных балансов применяемого и предлагаемого технологических процессов и дать оценку эффективности предлагаемого решения.

Объектом исследования в выпускной квалификационной работе является применяемая система сортировки твердых коммунальных на ООО «ЭкоРесурсПоволжье».

Предметом исследования является разработка технологического процесса автоматической сортировки твердых коммунальных отходов.

## **1 Литературный обзор. Обоснование темы исследования**

### **1.1 Понятие процесса сортировки ТКО и ее виды**

«Управление твердыми коммунальными отходами является глобальной проблемой, с которой сталкиваются все развивающиеся страны. Быстрые темпы роста населения, экономического роста, урбанизации и индустриализации сочетаются с ускоренным образованием твердых отходов» [28].

«В Китае говорят о том, что система управления должна быть снабжена технологиями, количественно и качественно улучшающими сбор (маршрутизация транспортного средства, техническое обслуживание транспортного средства), передачу (на промежуточные точки и станции), восстановление (компостирование, сортировка объектов и организация) и окончательное захоронение (санитарные свалки, рекуперация энергии из свалочного газа) отходов» [27].

«При управлении твердыми бытовыми отходами в Южной Африке предлагается технология «отходы в энергию», способствующая утилизации отходов и производству энергии. Исследования показывают, что при правильных инвестициях в технологии и институциональные изменения отходы могут потенциально стать ресурсом, который может способствовать социально-экономическому развитию городов» [29].

«Твердые коммунальные отходы (ТКО) считаются одним из наиболее важных видов отходов из-за их природы и воздействия на население. Ожидается, что к 2025 году уровень образования ТКО удвоится. Состав твердых отходов отличается от одного сообщества к другому в зависимости от их культуры и социально-экономического уровня» [30].

Они представляют собой смесь различных по физическому состоянию, крупности и свойствам органических и неорганических элементов сложного компонентного и химического состава (макулатура, черный и цветные



металлы, пластмассы, текстиль, пищевые и растительные отходы и т.д.). Состав ТКО (рисунок 1) может меняться во времени (в том числе по сезонам года) и зависит от места расположения населенного пункта, его величины, уровня развития промышленности и ряда других показателей [25].

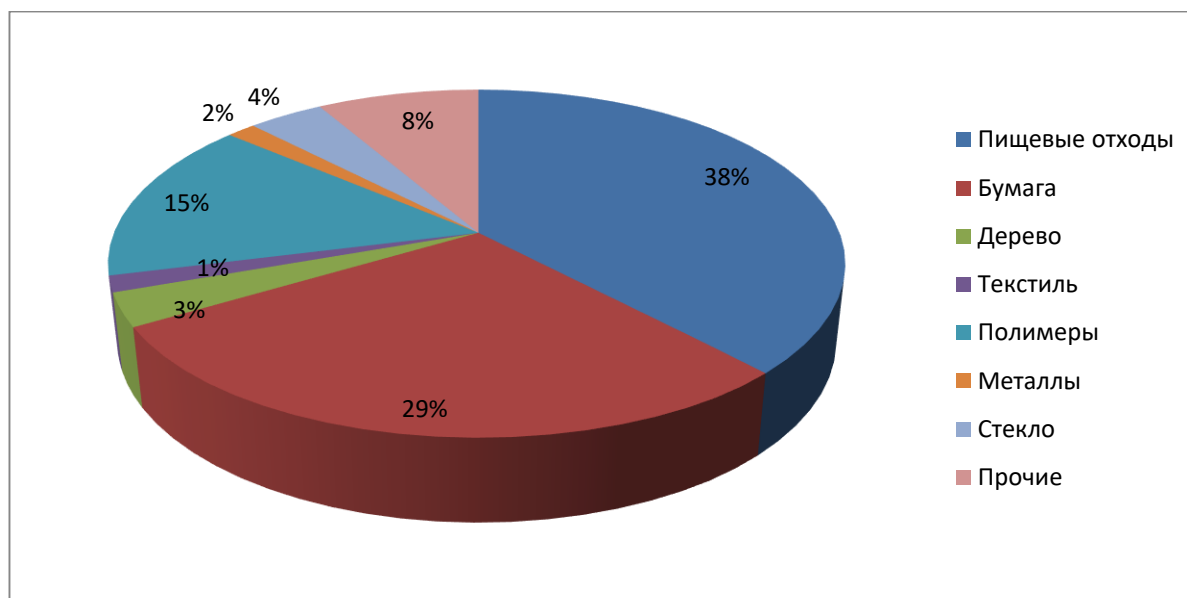


Рисунок 1 – Состав ТКО

Фракционный состав твердых коммунальных отходов – это процентное содержание массы компонентов, проходящих через сита с ячейками различного размера (таблица 1).

Таблица 1 – Ориентировочный фракционный состав ТКО, % по массе

Компонент	Размер фракции, мм				
	более 250	150-250	100-150	50-100	менее 50
Бумага, картон	3-8	8-10	9-11	7-8	2-5
Пищевые отходы	-	0-1	2-10	7-12,6	17-21
Дерево	0,5	0-0,5	0-0,5	0,5	0-0,5
Металл	-	0-1	0,5-1	0,8-1,6	0,3-0,5
Текстиль	0,2-1,3	1-1,5	0,5-1	0,3-0,8	0-0,6
Пластмасса	0-0,2	0,5-1	1-2,2	1-2,5	0,2-0,5
Стекло	-	0-0,3	0,3-1	1-2	1-1,6
Кости	-	-	-	0,3-0,5	0,5-0,9

Продолжение таблицы 1

Компонент	Размер фракции, мм				
	более 250	более 250	более 250	более 250	более 250
Кожа, резина	-	0-1	0,5-2	0,5-1,5	-
Камни	-	-	0,2-1	0,5-1,8	0,5-2
Прочее	0-0,3	0,2-0,6	0-0,5	0-0,4	0-0,5
Отсев	-	-	-	-	4-6

Ресурсный потенциал твердых коммунальных отходов определяется как отношение суммарной массы компонентов ТКО, представляющих ценность как вторичные ресурсы, к общей массе отходов. При этом перечень компонентов, считающихся вторичными ресурсами, может быть принципиально разным. В самом общем случае к потенциально ценным компонентам относят совокупность металлов, стекла, полимеров и макулатуры, иногда в этот перечень также включается текстиль. Ресурсный потенциал ТКО состоит из материального, энергетического и биологического потенциалов [13].

«Материальный потенциал оценивается с точки зрения возможного извлечения вторичного сырья. Потенциал вторичного сырья – отношение суммарной массы компонентов твердых коммунальных отходов, представляющих ценность как вторичное сырье к общей массе отходов. Энергетический потенциал – процент суммарной массы компонентов ТКО, способных разлагаться и/или окисляться в условиях высоких температур с выделением энергии. Биологический потенциал – соотношение суммарной массы компонентов твердых коммунальных отходов, способных разлагаться в результате биохимических трансформаций с образованием углекислого газа, биогаза и гумусоподобных соединений, и общей массы ТКО» [15].

Сортировка – разделение и/или смешение отходов согласно определенным критериям на качественно различающиеся составляющие. Метод обычно позволяет выделить из общего потока ТКО вторичное сырье (извлечение материального потенциала) определенного состава и качества для

последующей переработки, мелкую фракцию (извлечение биологического потенциала), которая может быть подвергнута компостированию. Оставшаяся после сортировки часть ТКО, так называемые «хвосты», может быть использована для получения топлива или отправлена на захоронение с возможностью получения биогаза (извлечение энергетического потенциала) [4]-[8].

Первичный процесс сортировки твердых коммунальных отходов может осуществляться непосредственно в жилых помещениях или на контейнерных площадках, которые предполагают отдельный сбор отходов. Первоначальная сортировка отходов в местах их образования значительно облегчает все последующие процедуры обращения с отходами. Отходы транспортируются либо на мусоросортировочный комплекс (смешанные отходы), либо на мусороперерабатывающий завод, также транспортировка может производиться на мусороперегрузочную станцию и полигон как итоговое место захоронения отходов [1], [8].

Сортировка смешанных твердых коммунальных отходов на мусоросортировочных комплексах подразделяется на:

- ручную;
- с элементами автоматической;
- автоматическую.

Ручная сортировка подразумевает под собой ручной отбор вторичного сырья. После мусоровоза отходы поступают на распределительный конвейер, а затем на сортировочный конвейер, где люди отбирают определенный вид вторичного сырья. Количество постов для отбора (бумага, картон, пластик, стекло и т. д.) вторичного сырья зависит от количества отбираемых фракций, каждый пост обслуживается одним или двумя рабочими. Оставшиеся отходы доставляются на полигон захоронения твердых коммунальных отходов с помощью спецтехники. Иногда отходы перед транспортировкой проходят через процесс прессования [2], [8].

При сортировке с элементами автоматической вручную отделяются крупногабаритные и мешающие включения (крупные пленки, крупный текстиль и металлолом и т. п.). Разрыв пакетов с отходами производится вручную или с помощью специальных устройств (разрывателей пакетов), обеспечивающих также ворошение вскрытых пакетов. С помощью специальных устройств (барабанных грохотов, вибросит) отходы разделяются на различные по крупности фракции. При помощи магнитного и электродинамического сепаратора отделяются соответственно черные и цветные металлы. Для повышения качества выделения целевых компонентов отходов возможно использование дополнительных сепарирующих устройств (например, сепаратор барабанного типа и др.) [3], [9].

Автоматическая сортировка основана на определении пригодных для вторичного использования компонентов твердых коммунальных отходов с помощью рентгеновского или инфракрасного излучения. Автоматизированные системы отбора вторичного сырья значительно повышают эффективность и производительность процесса сортировки [10], [18].

Преимущества и недостатки ручного и автоматического метода сортировки приведены в таблицы 2.

Таблица 2 – Преимущества и недостатки ручного и автоматического метода сортировки

Вид сортировки	Преимущества	Недостатки
Ручная	– простота оборудования; – чистота выделенных компонентов; – низкая стоимость.	– высокие требования к технике безопасности; – неполное извлечение различных фракций ТКО; – сложность проведения идентификации материала на основе только лишь визуального осмотра; – низкая скорость отбора;
Автоматическая	– чистота выделенных компонентов; – высокая скорость сортировки;	– высокая стоимость оборудования; – необходимость предварительной подготовки к автоматической сортировке;

	– возможность сортировки по	
--	-----------------------------	--

Продолжение таблицы 2

Вид сортировки	Преимущества	Недостатки
	многим параметрам (цвет, форма, плотность и т.д.).	– появление новых материалов, отсутствующих в базе данных оптического сканера.

Процент отбора вторичных материальных ресурсов при ручной сортировке составляет порядка 7-10 %. При автоматической сортировке данный показатель составляет порядка 16-20 %.

## **1.2 Патентный поиск процесса сортировки твердых коммунальных отходов**

Сортировка твердых коммунальных отходов является одним из важных элементов системы обращения с отходами и позволяет решить следующие основные задачи:

- выделение из состава ТКО компонентов дальнейшей переработки;
- выделение опасных фракций для дальнейшего обезвреживания;
- минимизация объема хвостов для их последующего захоронения.

Для оптимизации сортировки ТКО с целью максимального извлечения компонентов, обладающих ресурсным потенциалом, и минимизации затрат необходимо провести патентный поиск по теме: «Сортировка ТКО на мусоросортировочных комплексах». Данные патентного поиска сведены в таблицу 3.

Таблица 3 – Патентный поиск процесса сортировки ТКО

Номер патента и название	Сущность патента

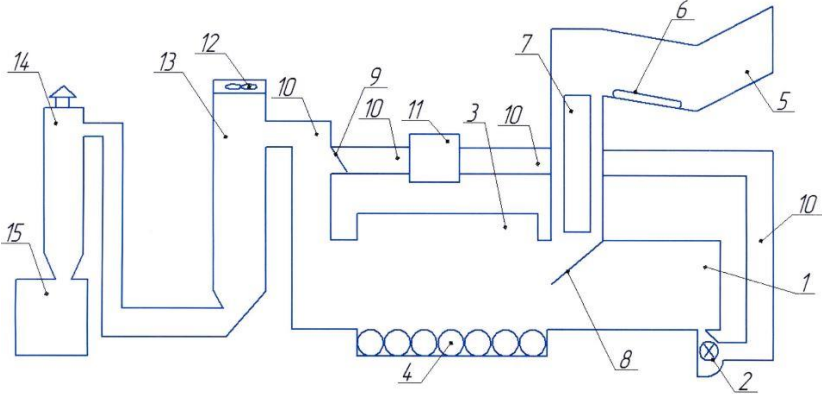
RU 2517225 C1 «Способ сортировки твердых бытовых отходов»	«Способ предусматривает подачу отходов на транспортировку загрузочным конвейером с последующей передачей на сортировочный конвейер» [23].
--	---

Продолжение таблицы 3

Номер патента и название	Сущность патента
отходов и устройство для его осуществления».	«Отходы в виде отдельных фрагментов друг за другом последовательно дозатором подают на каждую из не менее семи секций сортировочного конвейера. В головной части конвейера фрагменты облучают направленным сверху электромагнитным излучением и получают закодированное в виде сигнала изображение фрагмента отходов определенных типоразмеров. Изображение фрагмента сканируют в приемнике, оцифровывают и запоминают. Затем полученный сигнал сравнивают с помощью блока сравнения с контрольным. Контрольный сигнал соответствует каждому типоразмеру фрагмента отходов. Распознанный с помощью задающего устройства сигнал подают на приемное устройство соответствующего типоразмеру отходов рабочего органа сбрасывателя и осуществляют сброс заданного типоразмера фрагмента отходов в соответствующий бункер. Способ сортировки отличается тем, что облучение фрагментов твердых бытовых отходов производят рентгеновским или инфракрасным излучением, либо светодиодом» [23].
RU 2731052 C1 «Роботизированный автоматический комплекс по сортировке твердых коммунальных отходов на основе нейронных сетей»	<p>Роботизированный автоматический комплекс представлен на рисунке 2.</p> <p>1 – система машинного зрения, 2 – блок оптических сенсоров, 3- цифровая камера и компьютер, 4 – ленточный конвейер, 5 – АСУ, 6 – центральный сервер АСУ, 7 – модуль синхронизации АСУ, 8 – робот с системой захвата и перемещения</p> <p>Рисунок 2 – Схема роботизированного комплекса</p>

	«Он включает систему машинного зрения с цифровой камерой и компьютером с программным обеспечением на основе сверхточной нейронной сети, ленточный конвейер, робот с
--	---

Продолжение таблицы 3

Номер патента и название	Сущность патента
	<p>системой захвата и перемещения. Блок оптических сенсоров установлен над лентой конвейера за область распознавания объектов цифровой камерой и включает излучатели и камеры-регистраторы и автоматизированную систему управления. Центральный сервер автоматизированной системы управления соединен по локальной линии связи с компьютером системы машинного зрения, модулем синхронизации, контроллером робота, датчиком измерения скорости движения конвейерной ленты. Модуль синхронизации автоматизированной системы управления соединен по локальной линии связи с камерой системы машинного зрения, блоком оптических сенсоров и центральным сервером. Компьютер системы машинного зрения соединен по локальной линии связи с цифровой камерой, блоком оптических датчиков, центральным сервером автоматизированной системы управления» [20].</p>
<p>RU 2677297 C1 «Способ переработки твердых коммунальных отходов и устройство для переработки твердых коммунальных отходов»</p>	<p>«Изобретение описывает способ переработки твердых коммунальных отходов, где предварительно извлекают крупногабаритные отходы, а оставшуюся массу измельчают и сушат, при этом измельчение и сушку осуществляют одновременно в барабанной мельнице до конгломерации твердых составляющих оставшейся массы» [21]. Схема переработки твердых коммунальных отходов представлена на рисунке 3.</p>  <p>1 – тепловой узел, 2 – вентилятор теплового узла, 3 – барабанная мельница, 4 – мелящие тела барабанной мельницы, 5 – загрузочный узел, 6 и 7 – подающие конвейеры, 8 – отсекабель 9 – заслонка, 10 – воздуходувы, 11 – конденсор, 12 – вентилятор циклона, 13 – циклон, 14 – дозатор, 15 – бункер готовой продукции</p>

	«Также раскрывается устройство для переработки твердых коммунальных отходов, которое содержит подающие конвейеры, тепловой узел, бункер готовой продукции,
--	--

Продолжение таблицы 3

Номер патента и название	Сущность патента
	<p>барабанную мельницу, циклон с одним вентилятором, конденсатор, воздухопроводы, заслонку, тепловой узел снабжен отсекателем и другим вентилятором, выход теплового узла через отсекаТЕЛЬ и выход подающего конвейера подключены ко входу барабанной мельницы, выход которой через воздухопроводы подключен ко входу циклона и через заслонку - ко входу конденсатора, выход которого подключен ко входу теплового узла, выход циклона через дозатор подключен ко входу бункеров готовой продукции» [21].</p>
<p>RU 2624288 «Способ сортировки мусора»</p>	<p>«Способ сортировки мусора включает захват предметов с конвейера манипуляторами, которые управляются системами распознавания предметов, содержащими устройства сканирования, спектрометрирования и детектирования сортируемых предметов, путем сравнения их данных с образцами в компьютерном программном обеспечении. Системы распознавания предметов содержат маркирующие устройства, которые наносят кодированные метки на сортируемые предметы, а захват предметов манипуляторами осуществляют с помощью детекторов кода меток» [22].</p>
<p>RU 2408443 «Комплекс сортировки и утилизации твердых бытовых отходов»</p>	<p>Комплекс сортировки и утилизации твердых бытовых отходов представлен на рисунке 4.</p>  <p>1 – заглубленные цепные конвейера, 2 – устройство озонирования воздуха, 3 – барабан, для выравнивания отходов на цепном конвейере, 4 – сортировочные конвейера, 5 – заглубленный цепной конвейер, 6 – упаковочная станция, 7 – сборный конвейер, 8 – измельчитель отходов, 9 – цепной</p>



	<p>конвейер, 10 – реверсивный ленточный конвейер, 11 – бункер-накопитель, 12 – капсулообразователь, 13 – контейнер</p> <p>Рисунок 4 – Схема комплекса сортировки и утилизации твердых бытовых отходов</p>
--	---

Продолжение таблицы 3

Номер патента и название	Сущность патента
	<p>«Он включает приемную площадку, две линии цепных питающих и сортировочных конвейеров, посты ручной сепарации отходов со средствами прессования и упаковки выделенных материалов для вторичного использования, установки прессования и герметизации остаточных органических отходов в капсулы для последующего использования в пиролизной установке и утилизации» [12].</p> <p>«Питающие цепные конвейеры снабжены вращающимися от приводов барабанами с продольными ребрами для образования более плотного и равномерного слоя отходов» [12].</p> <p>«Под вращающимися барабанами установлено устройство озонирования воздуха для нагнетания озона в слой отходов, обеспечивая их обезвреживание» [12].</p>

Существует множество разнообразных технических решений процесса сортировки ТКО на мусоросортировочных комплексах. Одни отличаются своей простотой и низкими материальными затратами и содержат в своей основе использование ручной сортировки с некоторыми элементами автоматизации процесса. Другие наоборот сложны в эксплуатации, имеют достаточно большую технологическую цепь и большие затраты на этапе проектировки и строительства. Они включают применение технологии для распознавания ВМР на базе рентгеновского или инфракрасного излучения с дальнейшим их извлечением с помощью различного вида сепараторов.

Выбор того или иного варианта технологии сортировки твердых коммунальных отходов зависит от таких факторов как:

- финансовые возможности на проектирование и содержание мусоросортировочного комплекса;
- расположение мусоросортировочного комплекса и размер промышленной площадки, выделяемой под застройку;

- заданная производительность;
- компонентный состав твердых коммунальных отходов;
- число компонентов, входящих в состав ТКО, которые в данных технико-экономических условиях представляют практическую ценность и должны извлекаться в самостоятельный продукт (черные металлы, цветные металлы и т.д.), наличие потребителей этой продукции;
- число компонентов, которые являются опасными и должны быть удалены из ТКО либо по экологическим соображениям, либо исходя из требований процессов дальнейшей обработки;
- требования экологических и санитарно-гигиенических норм с учетом фонового загрязнения территории.

### **1.3 Обоснование актуальности модернизации действующего сортировочного комплекса ООО «ЭкоРесурсПоволжье»**

Технологическая схема сортировки твердых коммунальных отходов индивидуальна для каждого предприятия и подбирается исходя из массы (объема) входящего потока отходов, их компонентного состава, спроса на отдельные виды вторичного сырья и имеющихся площадей [24].

Необходимость модернизации действующего сортировочного комплекса ООО «ЭкоРесурсПоволжье» заключается в том, что в связи с отсутствием в городе Тольятти отдельного сбора мусора линии ручной сортировки, применяемые на данном предприятии, не дают возможности достаточного отбора вторичных материальных ресурсов, из-за этого происходит их частичная потеря. Это негативно сказывается на экономике и экологии предприятия и города в целом, т.к. вместо рециклинга отходов и возвращения их в товарооборот, они отправляются на полигоны и свалки, тем самым теряя свою материальную ценность. Данное высказывание можно

подтвердить, изучив морфологический состав второго хвоста, приведенный в таблице 4.

Таблица 4 – Морфологический состав второго хвоста

№	Фракция	Средняя доля от общего тоннажа второго хвоста, %	Масса, т/ч
1	Органические вещества (природная органика)	3,97	0,70
2	Бумага, картон	22,48	3,95
3	Древесина	19,34	3,40
4	Текстиль	8,02	1,41
5	Резина	1,76	0,31
6	Полимерные материалы	17,33	3,04
7	Черный металл	1,73	0,30
8	Стекло	11,35	1,99
9	Песок, грунт	14,02	2,46

Во втором хвосте содержится 22,48 % бумаги и картона, 17,33 % полимерных материалов. Данные материалы являются вторичными материальными ресурсами и могут быть повторно вовлечены в товарооборот после рециклинга.

На данный момент линия ручной сортировки работает в оптимальном режиме. Если попробовать добиться увеличения процента отбора ВМР за счет увеличения скорости конвейера, то может произойти еще большая потеря, так как люди физически не будут успевать отделять их от общего потока. Если же наоборот снизить скорость конвейера, то может произойти перегрузка самого комплекса в результате не достаточной скорости переработки всего потока.

На основании этого, можно сделать вывод о том, что добавление оборудования и линии сортировки, усложнение технологического процесса поможет увеличить процент отбора вторичных материальных ресурсов и снизить объем отходов поступающих на полигон.

Вывод по разделу:

В данном разделе произведен литературный обзор патентов, статьей и наилучших доступных технологии, посвященных сортировке твердых коммунальных отходов, дано обоснование актуальности модернизации действующего сортировочного комплекса ООО «ЭкоРесурсПоволжье».

## **2 Модернизация действующего сортировочного комплекса ООО«ЭкоРесурсПоволжье»**

### **2.1 Описание технологического процесса сортировки, применяемого на ООО «ЭкоРесурсПоволжье»**

Доставка твердых коммунальных отходов на мусоросортировочный комплекс происходит с помощью специального автотранспорта: мусоровозов и автопоездов.

Каждый мусоровоз, прибывающий на комплекс, проходит взвешивание на автоматических весах.

Разгрузка мусоровозов с неразделенными отходами, которые поступают на комплекс, производится в отделении приема ТКО. При разгрузке, работниками контроля ТКО производится визуальный осмотр принятых отходов, в результате которого отбираются опасные компоненты. Отобранные опасные компоненты накапливаются отдельно согласно их классу опасности и передаются для дальнейшей утилизации и обезвреживания специализированным организациям, имеющим соответствующую лицензию [26].

Приемное отделение комплекса представляет собой бетонированную площадку, в которой находятся три заглубленных конвейера, подающие отходы на три сортировочных линии, расположенные в закрытом помещении.

Предварительная ручная сортировка проводится в приемном отделении путем извлечения из подготовленного слоя ТКО следующих компонентов:

– крупногабаритных и массивных предметов (КГМ), способных вывести из строя оборудование комплекса;

- древесных отходов;
- картона.

Отобранные компоненты складываются в отдельные бункера, установленные в непосредственной близости от зоны предварительной сортировки, и по мере заполнения вывозятся на технологические участки или отправляются на полигоны.

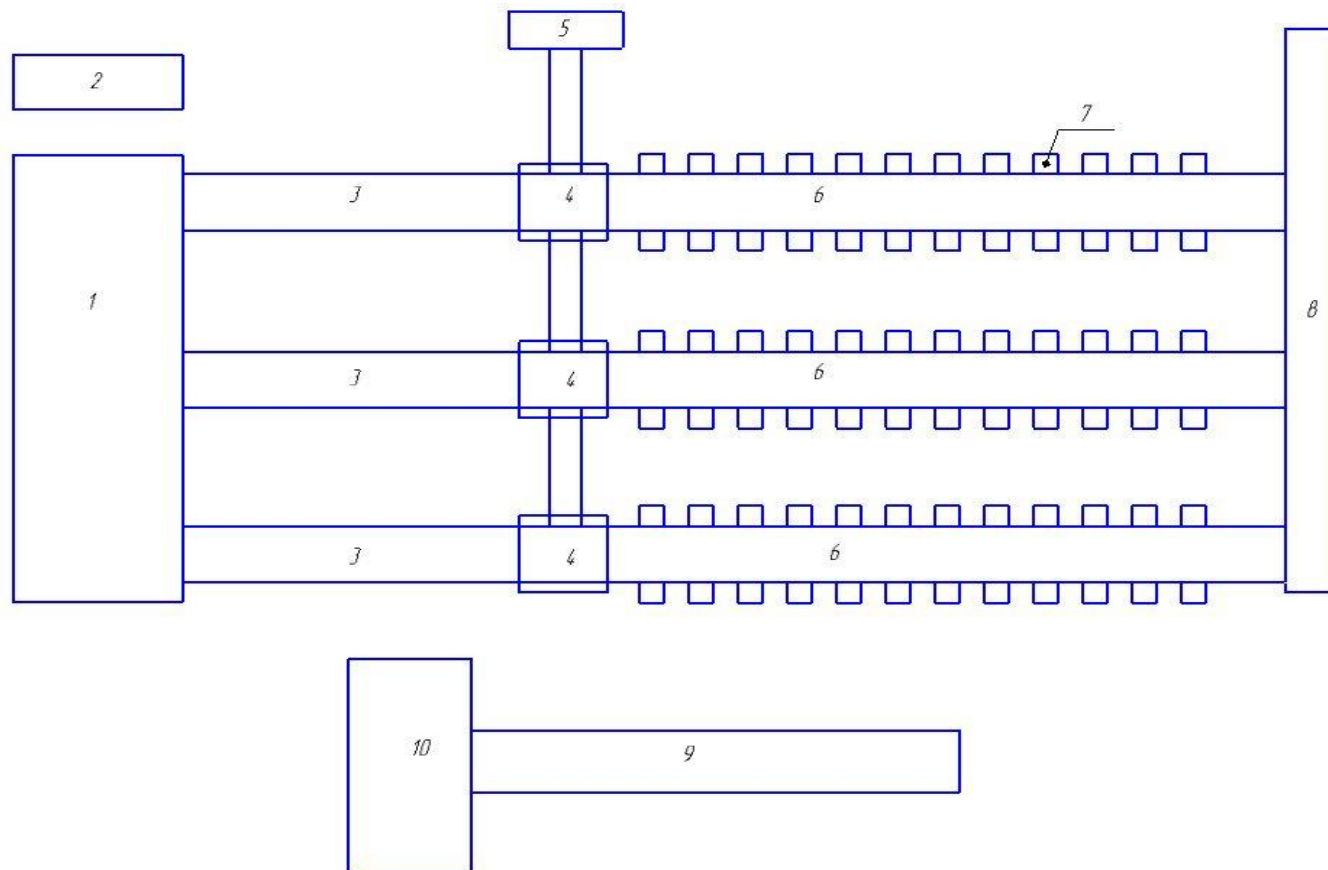
После завершения предварительной сортировки слой отходов сдвигается с помощью трактора на подающий конвейер. По конвейеру отходы подаются в динамический сепаратор.

«В процессе сепарирования отходы разделяются на два потока, представленные нижним и верхним продуктами. Нижний продукт представлен мелкими фракциями отходов менее 50 мм, содержащими в основном органические (пищевые) остатки, смет. Они накапливаются в передвижном бункере и по мере заполнения вывозятся на полигон для захоронения» [26].

Верхний продукт представляет собой фракции ТКО, содержащие вторичные материальные ресурсы, которые поступают на линию ручной сортировки, то есть подается на три горизонтальных конвейера, распределяющие отходы к рабочим местам производственных рабочих, где вручную осуществляется отбор вторичных материальных ресурсов (ВМР).

Отбираемые ВМР сбрасываются вручную в приемные ячейки, расположенные у каждого рабочего места. Вторичные материальные ресурсы, пригодные для прессования, отправляют в зону прессования. Спрессованные ВМР отправляют на склад [26].

Технологическая схема изложенного выше процесса приведена на рисунке 5.



1 – пункт приема ТКО, 2 – бункер для хранения КГМ, 3 – подающий конвейер, 4 – динамический сепаратор, 5 – передвижной бункер для фракции отходов менее 50 мм, 6 – линия ручной сортировки, 7 – приемные ячейки для ВМР, 8 – ленточный транспортер, 9 – подающий конвейер, 10 – пресс

Рисунок 5 – Технологическая схема процесса сортировки, применяемого на ООО «ЭкоРесурсПоволжье»

Отходы, оставшиеся после ручной сортировки, представляет собой не утилизируемую смесь, и направляются по ленточному транспортеру в кузов спецтранспорта, который вывозит отходы на полигон.

## **2.2 Определение путей совершенствования предлагаемого технологического процесса. Описание предлагаемого технологического процесса**

Для модернизации сортировочного комплекса необходимо разработать технологическую схему, благодаря которой можно будет повысить процент отбора вторичных материальных ресурсов.

Введение в начало технологического процесса разрывателей пакетов позволит создать единый поток твердых коммунальных отходов, пригодный для сортировки.

Для более полного отбора фракции не только менее 50 мм, ввести последовательную линию, состоящую из трех сепараторов (барабанного, оптического и баллистического).

Барабанный сепаратор позволит разбить поток ТКО на три фракции:

- от 0 до 70 мм, которая будет уходить в первый отсев;
- от 70 до 300 мм, из которой будет происходить отбор вторичных материальных ресурсов
- более 300 мм, которая будет проходить платформу контроля качества и далее уходить во второй отсев.

Оптический и баллистический сепараторы позволят отбирать пластики и не пластики и направлять их на соответствующие платформы контроля качества.

Также необходимо отдельно ввести магнитные сепараторы, для отбора черных металлов. Для отбора цветных металлов предназначены вихретоковые магнитные сепараторы, но их установка в данной технологической схеме не рентабельна, так как процент отбора цветных металлов не велик.

Поступившие на комплекс цветные металлы будут отбираться в одном из пунктов контроля качества.

Весь процесс совместить в один неразрывно связанный комплекс с помощью различных видов конвейеров (цепного и ленточного).

Внедрение указанного выше оборудования позволит сократить число линии сортировки до двух.

Согласно описанным вариантам модернизации, предлагаемый технологический процесс будет включать в себя следующие операции:

- взвешивание мусоровоза на автоматических весах;
- разгрузка мусоровоза в отделении приема твердых коммунальных отходов, визуальный осмотр и отбор КГМ;
- загрузка отходов на линии сортировки, с помощью цепного конвейера;
- проход отходов через оборудование для разрывания пакетов, тем самым создание однородной смеси отходов доступной для дальнейшей сортировки;
- далее поток отходов с помощью ленточных конвейеров направляется на пункт предварительной сортировки, в котором происходит отбор КГМ и стеклотары различных цветов (коричневая, зеленая, прозрачная), также часть ВМР будет отправляться на платформу контроля качества (mix);
- после этого поток ТКО по ленточным конвейерам отправляется в барабанный сепаратор, в котором происходит его разделение на три фракции (от 0 до 70 мм, от 70 до 300 мм и более 300 мм);
- далее фракция от 0 до 70 мм направляется в магнитный сепаратор, а после него уходит в первый отсев;
- фракция более 300 мм направляется на платформу контроля качества (> 300), где происходит отбор картона и пленки ПВД;
- фракция от 70 до 300 мм проходит оптический сепаратор, в котором она разделяется на два потока: полимеры и непалимеры;



– полимеры отправляются в баллистический сепаратор, в котором они делятся еще на два потока: 3D и 2D;

– 3D фракция уходит на платформу контроля качества (ПЭТ и 3D), в которой происходит отбор ПЭТ, ПНД канистры, ПНД тубика и пластика 3D;

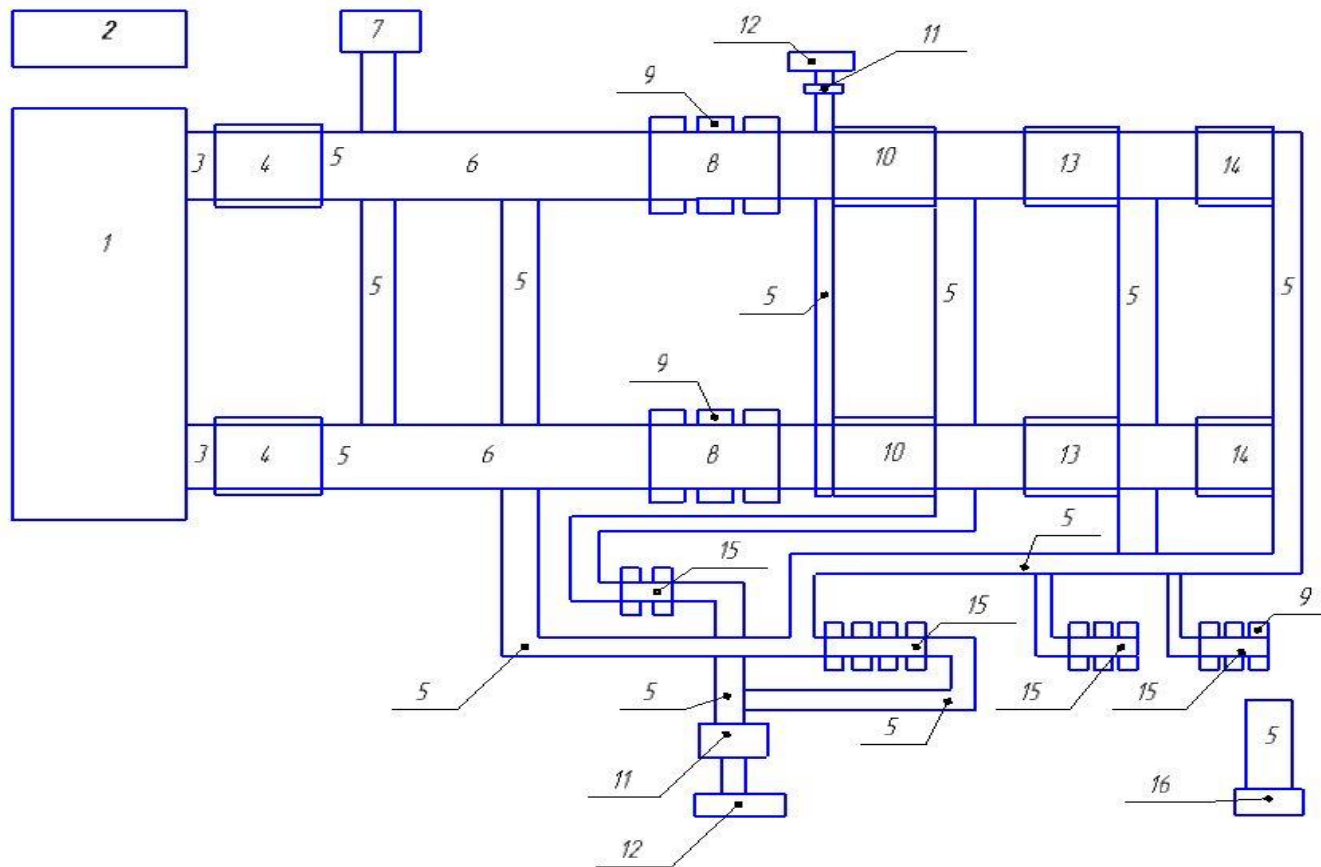
– 2D фракция уходит на платформу контроля качества (2D), в которой происходит отбор пленки ПВД и пластика 2D;

– неполимеры направляются на платформу контроля качества (mix), где отбирается бумага, картон, пластик и цветной металл;

– после платформ контроля качества (mix) и (> 300) поток ТКО направляет на магнитный сепаратор, где отбираются черные металлы;

– со всех постов качества ВМР направляются на пресс.

Данный технологический процесс представлен на рисунке 6.



1 – пункт приема ТКО, 2 – бункер для хранения КГМ, 3 – цепной конвейер, 4 – разрыватель пакетов, 5 – ленточный конвейер, 6 – платформа предварительной сортировки, 7 – бункер для хранения КГМ, 8 – пункт отбора стеклотары, 9 – приемные ячейки для ВМР, 10 – барабанный сепаратор, 11 – магнитный сепаратор, 12 – бункер для сбора отсева, 13 – оптический сепаратор, 14 – баллистический сепаратор, 15 – пункт контроля качества, 16 – пресс

Рисунок 6 – Технологическая схема предлагаемого процесса сортировки

Отходы, оставшиеся после платформ контроля качества (mix) и (> 300) и магнитного сепаратора, представляет собой отсев, освобожденный от металлических включений, который направляется по ленточному транспортеру в бункер для сбора и дальнейшей утилизации.

### **2.3 Выбор основного оборудования для модернизации действующего сортировочного комплекса ООО«ЭкоРесурсПоволжье»**

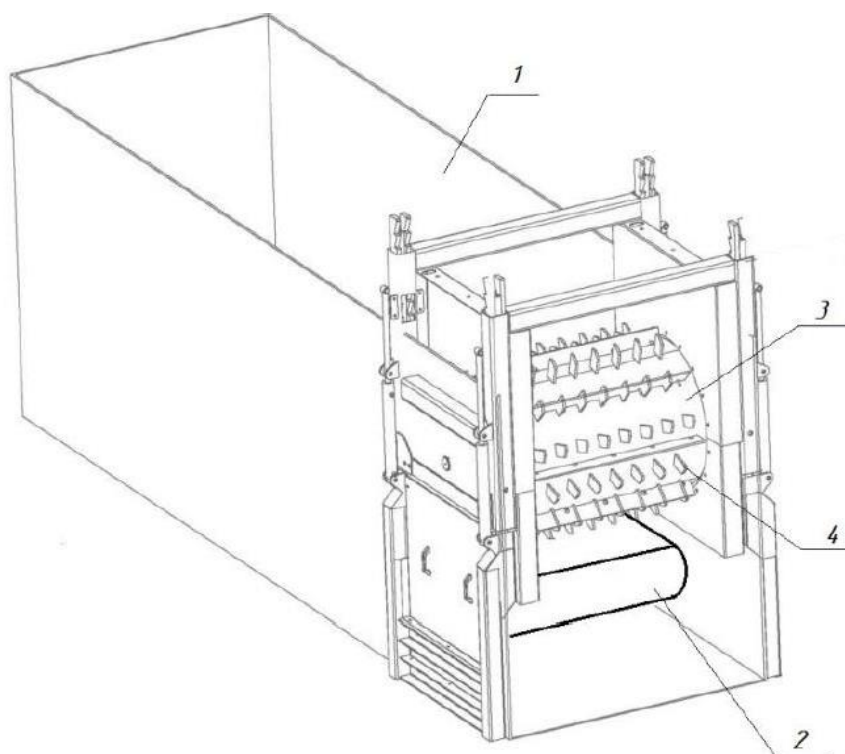
Разрыватель мусорных пакетов. Разрыватель представляет собой стационарную установку, предназначенную:

- для вскрывания и опорожнения мешков из полимерных пленок, заполненных отходами и/или вторичным сырьем;
- для равномерной подачи в сортировочную или подготовительную установку.

Конструкция разрывателя представляет собой сварную раму из стальных труб, закрытую стальными листами, с защитным покрытием. Внутри рамы располагается разрывающий барабан. Его корпус состоит из двух частей, на которых с внешней стороны установлены кольцевые сегменты. На кольцах закреплены разрывающие элементы усеченной формы.

Разрывающий барабан приводится в движение двумя гидравлическими моторами. Пакеты разрываются из-за асинхронного движения кольцевых сегментов относительно друг друга, что приводит к почти 100 % разрыву и опорожнению мусорных мешков. Разрезающие ножи навариваются на разрывающий барабан. Кроме того, на раме расположены прижимы, которые изготовлены из жестких стальных труб. Прижимы закреплены к верхней части рамы с возможностью поворота и приводятся в рабочее движение в направлении разрывающего барабана с помощью гидравлического цилиндра.

Схема разрывателя пакетов представлена на рисунке 7.



1 – бункер-накопитель, 2 – питающий конвейер, 3 – барабан, 4 – барабанный нож

Рисунок 7 – Схема разрывателя пакетов

Сепаратор барабанный. Сепаратор барабанный предназначен для отсева наиболее мелкой и тяжелой фракции твердых коммунальных отходов (грунт, песок, снег и лед – в зимнее время, щебень, осколки стекла, пищевые отходы).

Сепаратор представляет собой горизонтально установленный винтовой транспортирующий барабан с секциями просеивающих сит. На внутренней поверхности барабана наварены лопасти, образующие шнековую поверхность, перемещающие отходы вдоль оси барабана к выходному торцу и дополнительно разрыхляющие их.

«Барабан вращается в опорах, приводимых в движение электродвигателем через редуктор и цепную передачу. При пуске (вращении) барабана твердые коммунальные отходы, поданные к нему с переднего конца, перемещаются по шнековой поверхности вдоль оси барабана и высыпаются с

другого конца. При этом происходит отсеивание мелкой фракции сквозь ячейки сит и разрыхление перемещаемой массы отходов» [15].

Схема барабанного сепаратора приведена на рисунке 8.

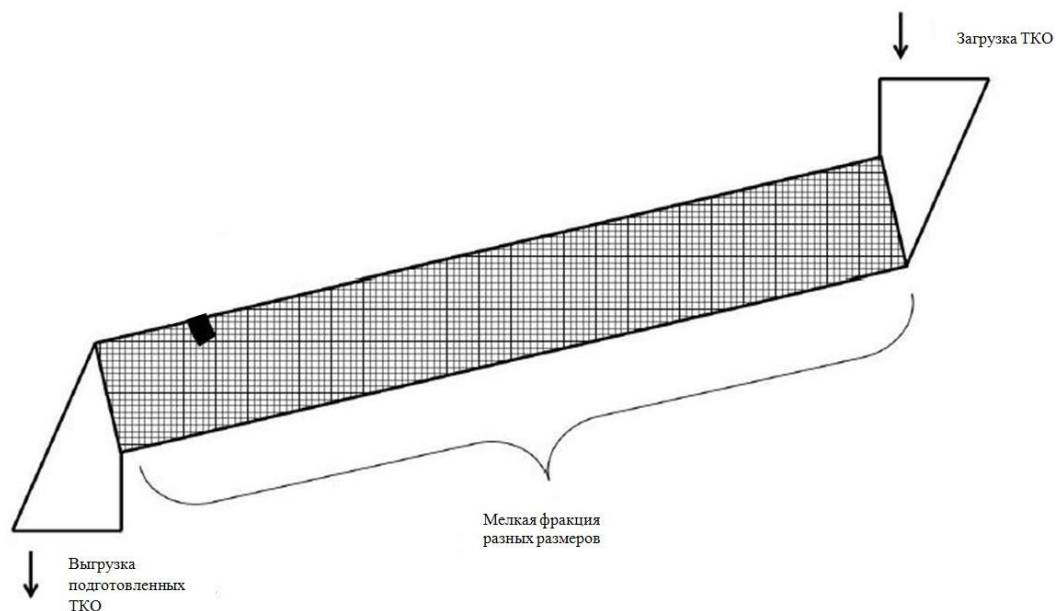


Рисунок 8 – Схема барабанного сепаратора

Сепаратор магнитный черных металлов. Сепаратор выполнен в виде короткого ленточного конвейера с постоянным магнитом, закрепленным на подвесах. Сепаратор расположен над конвейером ленточным сортировочным перпендикулярно его оси и предназначен для отбора и удаления магнитных фракций ТКО. Принцип действия сепаратора заключается в притягивании чёрных металлов постоянным магнитным полем к движущейся транспортной ленте с последующим сбросом их в месте сбора (рисунок 9).

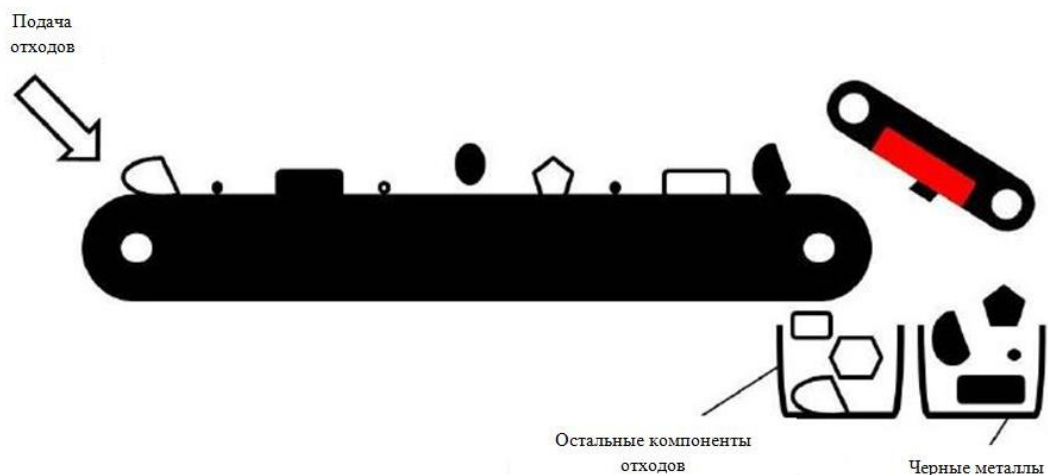
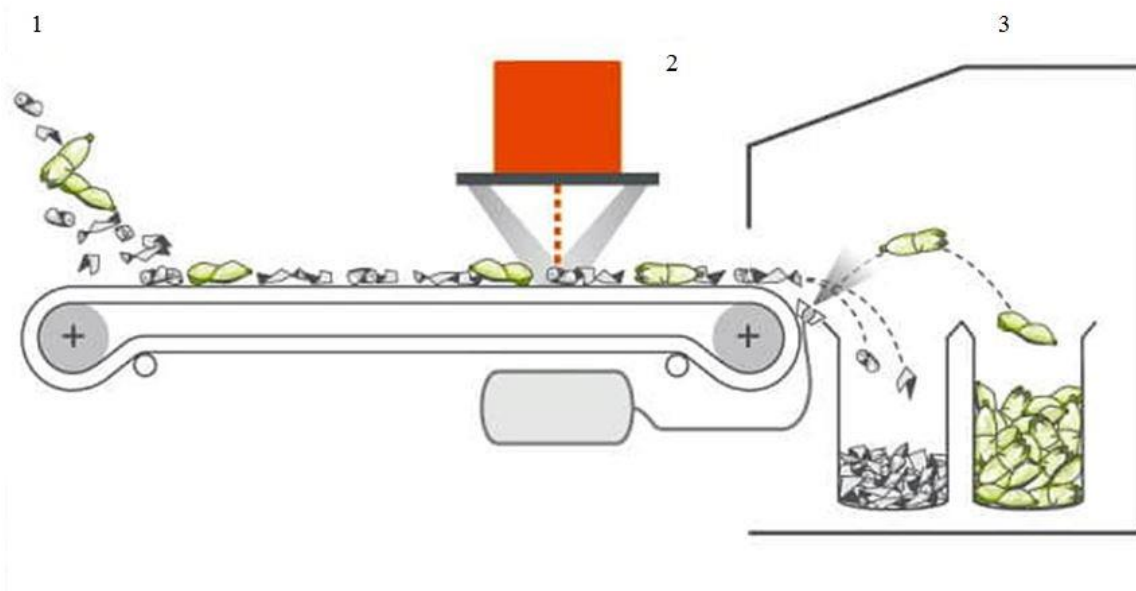


Рисунок 9 – Схема магнитного сепаратора

Транспортер магнитного сепаратора располагается перпендикулярно движению и на расстоянии до 250 мм выше транспортной ленты с отходами. Во время перемещения отходов через зону действия магнитного поля сепаратора, создаваемым постоянными магнитами на участке определенной длины, магнитные фракции притягиваются к сепаратору, а их перемещение и сброс осуществляется движением транспортной ленты сепаратора [15].

Оптический сепаратор. «Спектроскопия в видимой области или фотосортировка – технология распознавания материалов по цвету. Технология позволяет определять материал, сравнивая спектральную характеристику отраженного от поверхности распознаваемого материала светового сигнала с информацией, содержащейся в базе данных системы. Изучаемый материал облучается монохроматическим светом (т.е. светом с одинаковой длиной волны) при помощи специальных ламп или лазеров» [15].

Схема оптического сепаратора представлена на рисунке 10.



1 – подача несортированного материала, 2 – спектрометрическое сканирование, 3 – разделительная камера

Рисунок 10 – Схема оптического сепаратора

Сырье (1) поступает на ленту конвейера, где оно распознается детектором с ближней инфракрасной или визуальной спектрометрией (2). Если сенсоры сигнализируют, что данный материал должен быть отделен, блок управления получает команду на продувку соответствующих клапанов на выходном модуле, расположенном в конце конвейерной ленты.

Отсортированный материал отделяется от потока отходов струей сжатого воздуха. Отсортированный материал делится на две или три фракции в камере отделения (3).

Сепаратор баллистический. Баллистический сепаратор применяется для разделения потоков отходов по физическим параметрам: объем, вес, форма.

«Внутри сепаратора размещена наклонная поверхность, которая совершает круговые движения. Наклонная поверхность состоит из секций, на которых смонтированы лопасти-зацепы, которые определяют характер движения различных компонентов отходов по физическим параметрам (плоская фракция – пленки, картон, бумага и т.п. и объемная фракция – ПЭТ-

бутылки, ПЭ-тара, «Тетрапак»). Плоские легкие компоненты при зацеплении лопостями транспортируются вверх по наклонной поверхности, тяжелые объемные компоненты, совершая сложное движение, перемещаются вниз по наклонной поверхности» [15].

«Для оптимального использования баллистического сепаратора можно регулировать угол наклона поверхности в зависимости от назначения извлечения требуемых компонентов. Сепаратор данного типа позволяет разрыхлять и равномерно распределять материалы на конвейерных лентах, что способствует более эффективному разделению на компоненты на последующих операциях технологического процесса» [15].

Схема баллистического сепаратора представлена на рисунке 11.

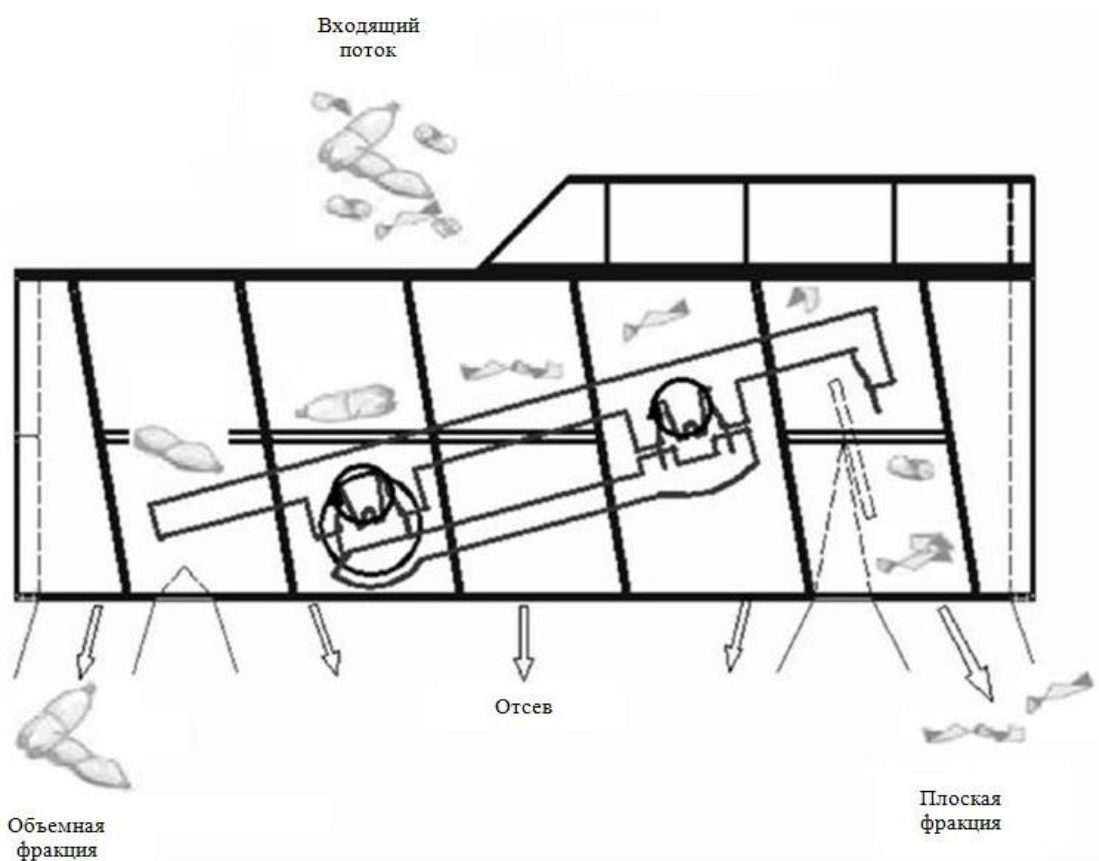


Рисунок 11 – Схема баллистического сепаратора



Для выбора основного оборудования необходимо сравнить несколько типовых вариантов оборудования применяемого на автоматических сортировочных комплексах. Для удобства представим его в таблице 4.

Таблица 5 – Оборудование, применяемое на автоматических сортировочных комплексах

№	Марка	Наименование характеристики	Значение
<b>Разрыватель пакетов</b>			
1	DKZ-B 50/M3	Производительность т/ч	до 19
		Номинальная мощность, кВт	30
2	ЭМГ РП 1-15-18	Производительность т/ч	до 28
		Номинальная мощность, кВт	34
<b>Сепаратор барабанный</b>			
3	«Экомашгруп»	Производительность, т/ч	20
		Мощность, кВт	15
		Количество фракции	3
4	«Ecotech»	Производительность, т/ч	15
		Мощность, кВт	7,5
		Количество фракции	2
<b>Сепаратор магнитный</b>			
5	Gauss Magnetti SM 80.100 NS	Мощность, кВт	2,2
		Высота подвеса, мм	200-300
		Ширина ленты, мм	1000
6	Steinert UMP 60 100	Мощность, кВт	1,5
		Высота подвеса, мм	250
		Ширина ленты, мм	1000
7	Gauss Magnetti SM 120.120 NS	Мощность, кВт	3
		Высота подвеса, мм	300-400
		Ширина ленты, мм	1200
8	Steinert UMP 90 120	Мощность, кВт	2.2
		Высота подвеса, мм	360
		Ширина ленты, мм	1200
<b>Сепаратор оптический</b>			
9	AUTOSORT NIR/VIS 1400	Разделение на фракции	ПЭТ
		Номинальная мощность, кВт	1,6
10	TOMRA AUTOSORT Sattelite 1/2 (B-2800)	Разделение на фракции	полимер/неполимер
		Номинальная мощность, кВт	1,9

Сепаратор баллистический			
11	BRT Hartner	Производительность, м <sup>3</sup> /ч	100
		Номинальная мощность, кВт	5,5

Продолжение таблицы 5

№	Марка	Наименование характеристики	Значение
12	BIANNA SB 40	Производительность, м <sup>3</sup> /ч	70
		Номинальная мощность, кВт	5,5

На основе таблицы 5 выберем оборудование, которое подойдет для модернизации сортировочного комплекса.

Разрыватель пакетов должен соответствовать следующим параметрам: производительность до 20 т/ч и мощность 34 кВт. Данным параметрам соответствует разрыватель пакетов марки ЭМГ РП 1-15-18.

Барабанный сепаратор должен соответствовать следующим параметрам: производительность до 20 т/ч и обеспечивать разделение на три фракции (0-70 мм, 70-300 мм, > 300 мм). Данным параметрам соответствует барабанный сепаратор марки «Экомашгруп».

Магнитный сепаратор для первого хвоста должен соответствовать следующим параметрам: мощность 2,2 кВт и ширина ленты 1000 мм. Данным параметрам соответствует магнитный сепаратор марки Gauss Magnetti SM 80.100 NS.

Магнитный сепаратор для второго хвоста должен соответствовать следующим параметрам: мощность 3 кВт и ширина ленты 1200 мм. Данным параметрам соответствует магнитный сепаратор марки Gauss Magnetti SM 120.120 NS.

Оптический сепаратор должен соответствовать следующим параметрам: мощность 1,9 кВт и разделение фракции на полимер и неполимер. Данным параметрам соответствует оптический сепаратор марки TOMRA AUTOSORT Sattelite 1/2 (B-2800).

Баллистический сепаратор должен соответствовать следующим параметрам: мощность 5,5 кВт и производительность 100 м<sup>3</sup>/ч. Данным параметрам соответствует баллистический сепаратор марки BRT Hartner.

Сведем выбранное оборудование в таблицу 6.

Таблица 6 – Оборудование для модернизации сортировочной комплекса

№	Марка	Наименование характеристики	Значение
1	Разрыватель пакетов, ЭМГ РП 1-15-18	Производительность т/ч	до 28
		Номинальная мощность, кВт	34
		Габариты, мм	8600 × 2300 × 2800
2	Сепаратор барабанный, «Экомашгруп»	Производительность, т/ч	20
		Мощность, кВт	15
		Количество фракции	3
		Габариты, мм	13000 × 6000 × 3000
3	Сепаратор магнитный, Gauss Magnetti SM 80.100 NS	Мощность, кВт	2,2
		Высота подвеса, мм	200-300
		Ширина ленты, мм	1000
		Габариты, мм	2185 × 1192 × 390
4	Сепаратор магнитный, Gauss Magnetti SM 120.120 NS	Мощность, кВт	3
		Высота подвеса, мм	300-400
		Ширина ленты, мм	1200
		Габариты, мм	2410 × 1595 × 540
5	Сепаратор оптический, TOMRA AUTOSORT Sattelitte 1/2 (B-2800)	Разделение на фракции	полимер/неполимер
		Номинальная мощность, кВт	1,9
		Габариты, мм	9000 × 5500 × 1554
6	Сепаратор баллистический, BRT Hartner	Производительность, м <sup>3</sup> /ч	100
		Номинальная мощность, кВт	5,5
		Габариты, мм	7750 × 3246 × 1452

Размеры данного оборудования вписываются в размеры действующего комплекса, благодаря чему возможно осуществить привязку линии сортировки ТКО к параметрам эксплуатируемого здания.

Вывод по разделу:

В данном разделе описан применяемый технологический процесс сортировки твердых коммунальных отходов, поступающих на мусоросортировочный комплекс ООО «ЭкоРесурсПоволжье». Проведен поиск технических решений и предложен вариант добавления в уже существующий комплекс новых элементов, благодаря которым можно повысить процент отбора вторичных материальных ресурсов и перейти к более современному виду сортировки – автоматической.

Также было произведено сравнение оборудования, применяемое на мусоросортировочных комплексах, и на основе данного сравнения подобрано оборудование, которое не только соответствует необходимым для увеличения процентного отбора вторичных материальных ресурсов параметрам, но и вписывается в размеры действующего комплекса, благодаря чему возможно осуществить привязку линии сортировки ТКО к параметрам эксплуатируемого здания.

### 3 Расчетная часть

#### 3.1 Расчет материального баланса применяемого технологического процесса сортировки

Материальный баланс любого технологического процесса или части его составляется на основании закона сохранения веса (массы) вещества (формула 1):

$$\sum G_{исх} = \sum G_{кон}, \quad (1)$$

где  $\sum G_{исх}$  – сумма весов (масс) исходных продуктов процесса;

$\sum G_{кон}$  – сумма весов (масс) конечных продуктов процесса в тех же единицах измерения.

В таблице 7 приведены данные сортировочного комплекса ООО«ЭкоРесурсПоволжье».

Таблица 7 – Основные данные сортировочного комплекса ООО«ЭкоРесурсПоволжье»

№	Параметр	Данные
1	Производительность комплекса, тыс. т/год	300
2	Годовой баланс рабочего времени, часов/год	7500
3	Часовая производительность, т/ч	40

Для расчета материального баланса будем использовать процент отбора вторичных материальных ресурсов сортировочного комплекса ООО«ЭкоРесурсПоволжье», который приведен на рисунке 12.

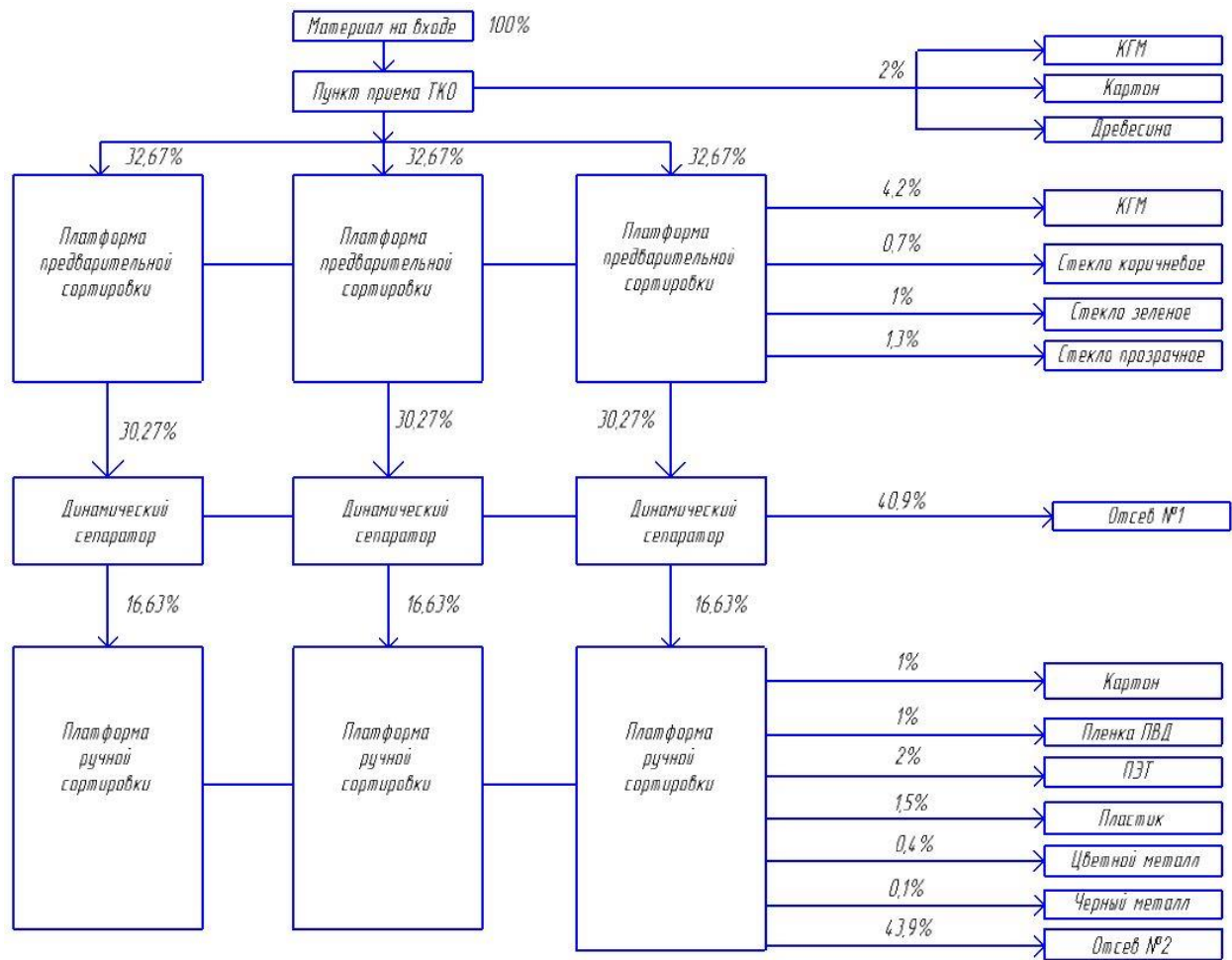


Рисунок 12 – Процент отбора вторичных материальных ресурсов сортировочного комплекса ООО «ЭкоРесурсПоволжье»

Для удобства выпишем процент отбора различных фракции из общего потока ТКО, поступающего на сортировочный комплекс ООО«ЭкоРесурсПоволжье», в таблицу 8.

Таблица 8 – Процент отбора различных фракции сортировочного комплекса ООО «ЭкоРесурсПоволжье»

№	Пост сортировки	Фракция	% отбора
1	Пункт приема ТКО	КГМ	2,0
		Картон	
		Древесина	
2	Предварительная сортировка	КГМ	4,2
		Стекло коричневое	0,7
		Стекло зеленое	1,0
		Стекло прозрачное	1,3
3	Динамический сепаратор	Отсев №1	40,9
4	Линия ручной сортировки	Картон	1,0
		Пленка ПВХ	1,0
		ПЭТ	2,0
		Пластик	1,5
		Цветной металл	0,4
		Черные металлы	0,1
		Отсев №2	43,9

Блок-схема материальных потоков технологического процесса применяемого на сортировочном комплексе ООО «ЭкоРесурсПоволжье» приведена на рисунке 13.

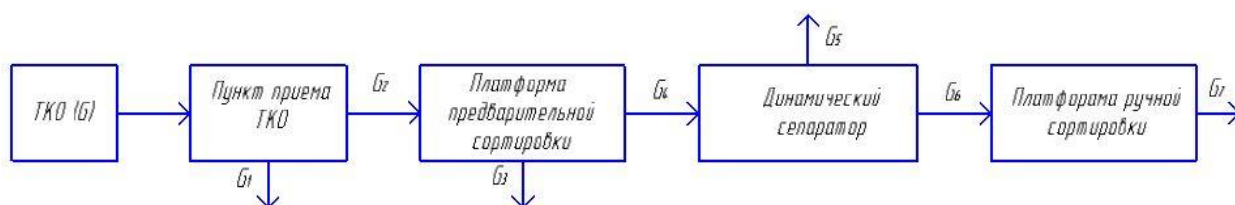


Рисунок 13 – Схема материальных потоков применяемого технологического процесса

Применительно к данному процессу эту формулу 1 можно представить в следующем виде (формула 2):

$$G = \sum G_i^i, \quad (2)$$

где  $G_i^i$  –  $i$ -й поток.

Расчет материального баланса ведем, используя данные предприятия из таблиц 5 и 6, рассчитывая каждый компонент по формуле 3:

$$G_i^i = V \cdot n_i / n_{общ}, \quad (3)$$

где  $V$  – часовая производительность/общий поток ТКО, кг/час;

$n_i$  – содержание  $i$ -ого компонента, %;

$n_{общ}$  – общий поток ТКО, %.

В пункте приема ТКО отбирается 2 % КГМ, картон и древесину, что соответствует:

$$G_1^1 = 40000 \cdot 2/100 = 800 \text{ кг/ч}$$

После пункта приема ТКО поток составляет:

$$G_2^1 = 40000 - 800 = 39200 \text{ кг/ч}$$

После пункта приема ТКО смесь направляется пункт предварительной сортировки, где отбирается 4,2 % КГМ, 0,7 % коричневого стекла, 1 % зеленого стекла и 1,3 % прозрачного стекла, что соответствует:

$$G_3^1 = 39200 \cdot 4,2/98 = 1680 \text{ кг/ч}$$



$$G_3^2 = 39200 \cdot 0,7/98 = 280 \text{ кг/ч}$$

$$G_3^3 = 39200 \cdot 1/98 = 400 \text{ кг/ч}$$

$$G_3^4 = 39200 \cdot 1,3/98 = 520 \text{ кг/ч}$$

После пункта предварительной сортировки поток ТКО составляет:

$$G_4^1 = 39200 - 1680 - 280 - 400 - 520 = 36320 \text{ кг/ч}$$

Далее поток ТКО направляется в динамический сепаратор, в котором происходит отбор фракции менее 50 мм (40,9 %), после чего данная фракция уходит в отсеб №1, что соответствует:

$$G_5^1 = 36320 \cdot 40,9/90,8 = 16360 \text{ кг/ч}$$

После динамического сепаратора поток ТКО составляет:

$$G_6^1 = 36320 - 16360 = 19960 \text{ кг/ч}$$

Затем поток ТКО направляется на линию ручной сортировки, где происходит отбор 1 % картона, 1 % пленки ПВД, 2 % ПЭТ, 1,5 % пластика, 0,4 % цветных металлов и 0,1 черных металлов, что соответствует:

$$G_7^1 = 19960 \cdot 1/49,9 = 400 \text{ кг/ч}$$

$$G_7^2 = 19960 \cdot 1/49,9 = 400 \text{ кг/ч}$$

$$G_7^3 = 19960 \cdot 2/49,9 = 800 \text{ кг/ч}$$

$$G_7^4 = 19960 \cdot 1,5/49,9 = 600 \text{ кг/ч}$$

$$G_7^5 = 19960 \cdot 0,4/49,9 = 160 \text{ кг/ч}$$

$$G_7^6 = 19960 \cdot 0,1/49,9 = 40 \text{ кг/ч}$$

С линии ручной сортировки оставшийся поток уходит в отсев №2 (43,9 %), что соответствует:

$$G_7^7 = 19960 \cdot 43,9/49,9 = 17560 \text{ кг/ч}$$

Полученные значения сведены в таблицу 9.

Таблица 9 – Материальный баланс применяемой технологической схемы

Приход			Расход		
Вещество	кг/ч	%	Вещество	кг/ч	%
ТКО	40000	100,0	КГМ		
			Картон	800	2,0
			Древесина		
			КГМ	1680	4,2
			Стекло коричневое	280	0,7
			Стекло зеленое	400	1,0
			Стекло прозрачное	520	1,3
			Отсев №1	16360	40,9
			Картон	400	1,0
			Пленка ПВХ	400	1,0
			ПЭТ	800	2,0
			Пластик	600	1,5
			Цветной металл	160	0,4
			Черные металлы	40	0,1
			Отсев №2	17560	43,9
Итого:	40000	100,0	Итого:	40000	100,0

По данным полученным в ходе расчета материального баланса можно вычислить процент извлечения вторичных материальных ресурсов на

сортировочном комплексе ООО «ЭкоРесурсПоволжье». Вычисления сведем в таблицу 10.

Таблица 10 – Процент извлечения ВМР с помощью автоматизированной сортировки твердых коммунальных отходов

№	ВМР	Процент отбора, %
1	Стекло коричневое	0,7
2	Стекло зеленое	1,0
3	Стекло прозрачное	1,3
4	Картон	1,0
5	Пленка ПВХ	1,0
6	ПЭТ	2,0
7	Пластик	1,5
8	Цветной металл	0,4
9	Черные металлы	0,1
	Итого:	9,0

Процент извлечения вторичных материальных ресурсов на сортировочном комплексе ООО «ЭкоРесурсПоволжье» составил 9 %.

### **3.2 Расчет материального баланса предлагаемого технологического процесса сортировки**

Для расчета нам необходимо определить процент извлечения вторичных материальных ресурсов. Для этого рассмотрим полученную схему процесса, представленную на рисунке 14.

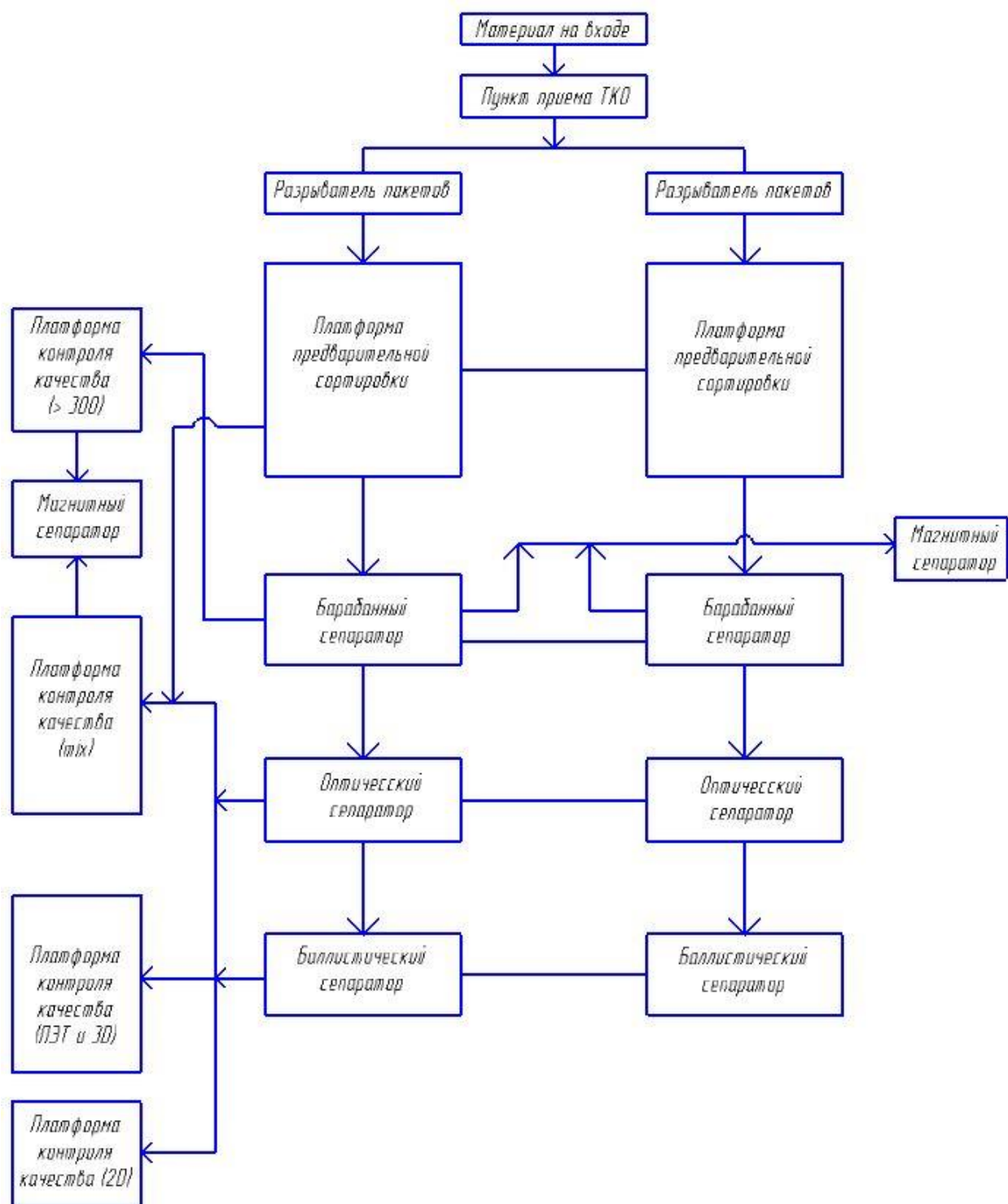


Рисунок 14 – Предлагаемая схема процесса автоматической сортировки ТКО

На данной схеме видно, что начало процесса не изменяется, следовательно, процент отбора ВМР на платформе предварительной сортировки останется прежним.

Оборудование для сортировки дает свой процент извлечения ВМР из потока ТКО. Исходя из этого, выпишем процент отбора ВМР для предлагаемого оборудования, приведенного в таблице 6 (таблица 11).

Таблица 11 – Процент отбора вторичных материальных ресурсов для предлагаемого оборудования

№	Марка	Фракция	Процент отбора, %
1	Сепаратор барабанный, «Экомашгруп»	Картон	0,5
		пленка ПВД	0,6
2	Сепаратор магнитный, Gauss Magnetti SM 80.100 NS	Черный металл	0,1
3	Сепаратор оптический, TOMRA AUTOSORT Sattelite 1/2 (B-2800)	Бумага А4	0,8
		Картон	0,4
		Бумага mix	0,5
		Пластик	0,2
		Цветной металл	0,2
4	Сепаратор баллистический, BRT Hartner	ПЭТ	3,2
		ПНД канистра	0,4
		ПНД тюбик	0,2
		РР	0,7
		Пластик 3D	1,0
		Пленка ПВД	1,5
		Пластик 2D	2,0
5	Сепаратор магнитный, Gauss Magnetti SM 120.120 NS	Черный металл	0,7

Для удобства перерисуем схему предлагаемого процесса сортировки с отмеченными на ней процентами отбора вторичных материальных ресурсов (рисунок 15).

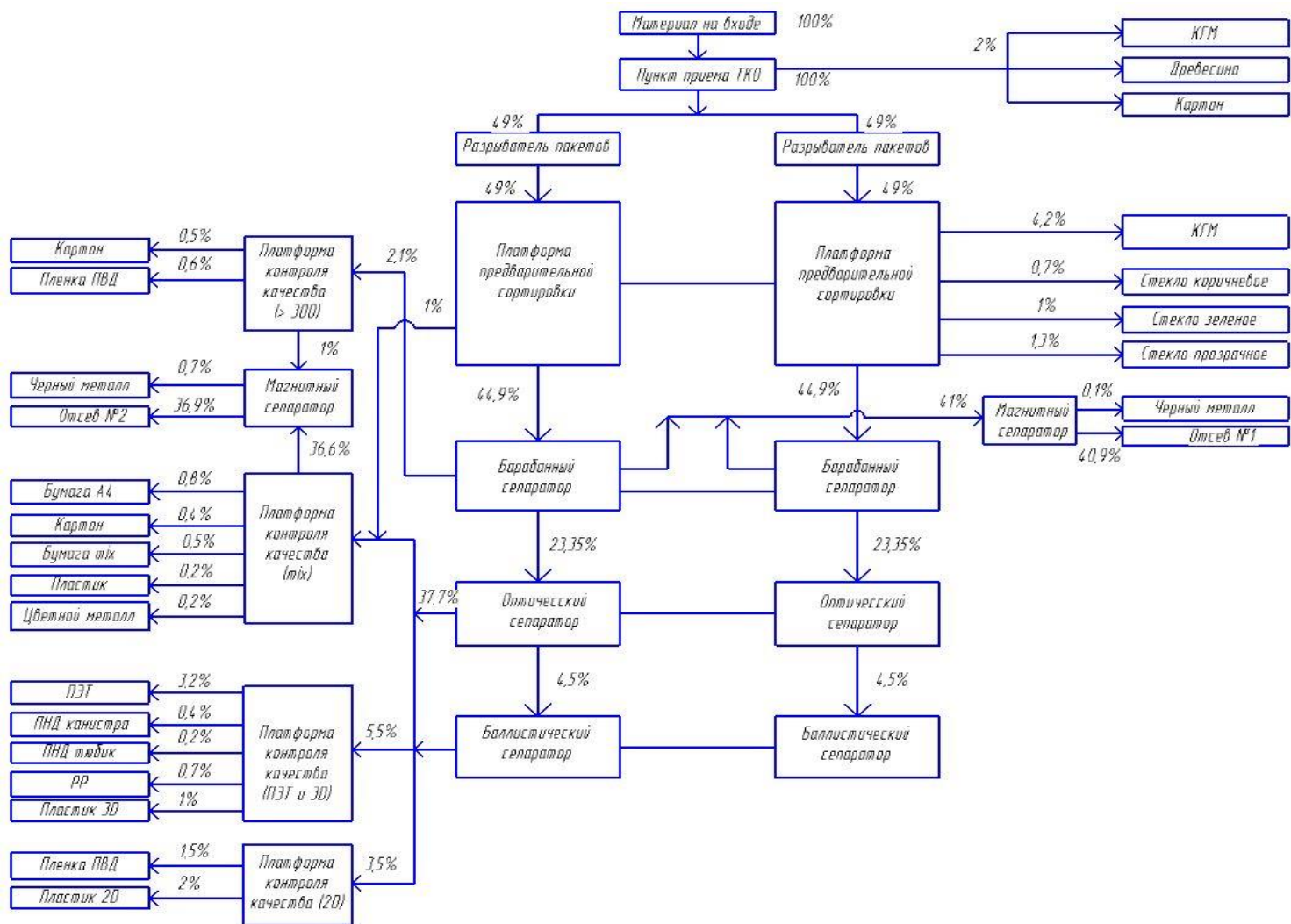


Рисунок 15 – Процент отбора вторичных материальных ресурсов предлагаемого технологического процесса

Выпишем процент отбора вторичных материальных ресурсов предлагаемого технологического процесса в год в таблицу 12.

Таблица 12 – Процент отбора вторичных материальных ресурсов предлагаемого технологического процесса

№	Участок сортировки	Фракция	% отбора
1	Пункт приема ТКО	Крупногабаритные материалы	2,0
		Древесина	
		Картон	
2	Платформа предварительной сортировки	КГМ	4,2
		Стекло коричневое	0,7
		Стекло зеленое	1,0
		Стекло прозрачное	1,3
3	Платформа контроля качества (300 >)	Картон	0,5
		Пленка ПВД	0,6
4	Магнитный сепаратор	Черный металл	0,1
		Отсев №1	40,9
5	Платформа контроля качества (ПЭТ и 3D)	ПЭТ	3,2
		ПНД канистра	0,4
		ПНД тубик	0,2
		РР	0,7
		Пластик 3D	1,0
6	Платформа контроля качества (2D)	Пленка ПВД	1,5
		Пластик 2D	2,0
7	Платформа контроля качества (mix)	Бумага А4	0,6
		Картон	0,4
		Бумага mix	0,5
		Пластик	0,2
		Цветной металл	0,2
8	Магнитный сепаратор	Черный металл	0,7
		Отсев №2	36,9

Блок-схема материальных потоков предлагаемого технологического процесса будет выглядеть следующим образом (рисунок 16):

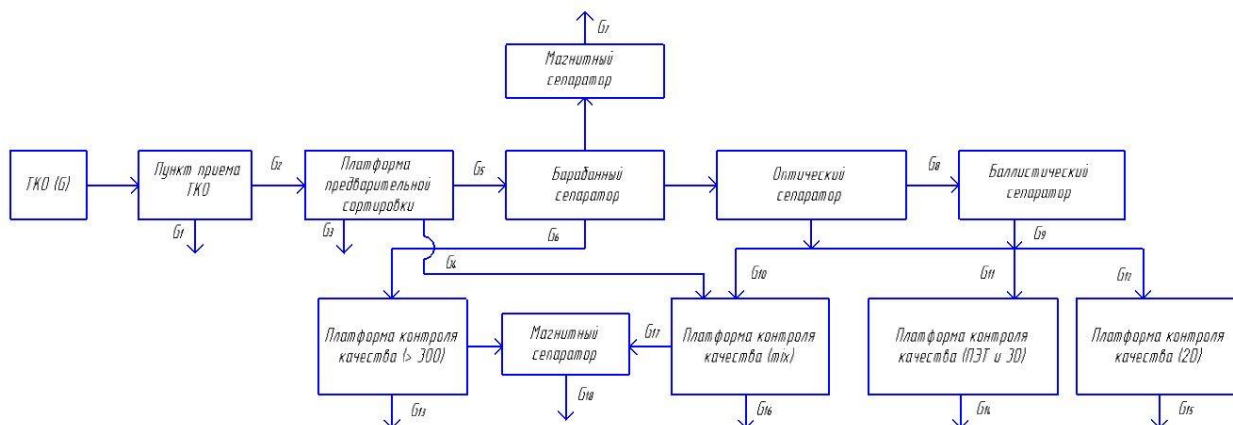


Рисунок 16 – Схема материальных потоков предлагаемого технологического процесса

Расчет материального баланса ведем, используя данные из таблицы 10 и данные предприятия из таблицы 5, по формуле 3:

В пункте приема ТКО отбирается 2 % КГМ, древесины и картона, что соответствует:

$$G_1^1 = 40000 \cdot 2/100 = 800 \text{ кг/ч}$$

После пункта приема ТКО поток составляет:

$$G_2^1 = 40000 - 800 = 39200 \text{ кг/ч}$$

Далее поток ТКО направляется на платформу предварительной сортировки, в которой происходит отбор 4,2 % КГМ, 0,7 % коричневого стекла, 1 % зеленого стекла и 1,3 % прозрачного стекла:

$$G_3^1 = 39200 \cdot 4,2/98 = 1680 \text{ кг/ч}$$

$$G_3^2 = 39200 \cdot 0,7/98 = 280 \text{ кг/ч}$$



$$G_3^3 = 39200 \cdot 1/98 = 400 \text{ кг/ч}$$

$$G_3^4 = 39200 \cdot 1,3/98 = 520 \text{ кг/ч}$$

Также 1 % ТКО уходит на платформу контроля качества (mix), что составляет:

$$G_4^1 = 39200 \cdot 1/98 = 400 \text{ кг/ч}$$

После платформы предварительной сортировки поток ТКО составляет:

$$G_5^1 = 39200 - 1680 - 280 - 400 - 520 - 400 = 35920 \text{ кг/ч}$$

Далее поток направляется на барабанный сепаратор, где он разбивается на три фракции, фракция более 300 мм (2,1%) направляется на платформу контроля качества (> 300), что составляет:

$$G_6^1 = 35920 \cdot 2,1/89,8 = 840 \text{ кг/ч}$$

Фракция от 0 до 70 мм (41 %) направляется на магнитный сепаратор, где отбирается 0,1 % черных металлов. Оставшийся процент (40,9 %) уходит в отсев №1.

$$G_7^1 = 35920 \cdot 0,1/89,8 = 40 \text{ кг/ч}$$

$$G_7^2 = 35920 \cdot 40,9/89,8 = 16360 \text{ кг/ч}$$

После барабанного сепаратора, платформы контроля качества (> 300) и магнитного сепаратора поток ТКО составляет:

$$G_8^1 = 35920 - 840 - 40 - 16360 = 18680 \text{ кг/ч}$$

После этого фракция от 70 до 300 мм проходит оптический и баллистический сепараторы, где происходит разделение потока на полимеры (9 %) и неполимеры (38,7 %).

Полимеры составляют:

$$G_9^1 = 18680 \cdot 9/46,7 = 3660 \text{ кг/ч}$$

Неполимеры составляют:

$$G_{10}^1 = 18680 \cdot 37,7/46,7 = 15080 \text{ кг/ч}$$

Одна часть полимеров (5,5 %) уходит на платформу контроля качества (ПЭТ и 3D), что составляет:

$$G_{11}^1 = 3600 \cdot 5,5/9 = 2200 \text{ кг/ч}$$

Вторая часть полимеров (3,5 %) уходит на платформу контроля качества (2D), что составляет:

$$G_{12}^1 = 3600 \cdot 3,5/9 = 1400 \text{ кг/ч}$$

На платформе контроля качества (> 300) отбирается 0,5 % картона и 0,6 % пленки ПВД, что составляет:

$$G_{13}^1 = 840 \cdot 0,5/2,1 = 200 \text{ кг/ч}$$

$$G_{13}^2 = 840 \cdot 0,6/2,1 = 240 \text{ кг/ч}$$

На платформе контроля качества (ПЭТ и 3D) отбирается 3,2 % ПЭТ, 0,4 % ПНД канистра, 0,2 % ПНД тюбик, 0,7 % РР и 1 % 3D, что составляет:

$$G_{14}^1 = 2200 \cdot 3,2/5,5 = 1280 \text{ кг/ч}$$

$$G_{14}^2 = 2200 \cdot 0,4/5,5 = 160 \text{ кг/ч}$$

$$G_{14}^3 = 2200 \cdot 0,2/5,5 = 80 \text{ кг/ч}$$

$$G_{14}^4 = 2200 \cdot 0,7/5,5 = 280 \text{ кг/ч}$$

$$G_{14}^5 = 2200 \cdot 1/5,5 = 400 \text{ кг/ч}$$

На платформе контроля качества (2D) отбирается 1,5 % пленки ПВД и 2 % пластика 2D, что соответствует:

$$G_{15}^1 = 1400 \cdot 1,5/3,5 = 600 \text{ кг/ч}$$

$$G_{15}^2 = 1400 \cdot 2/3,5 = 800 \text{ кг/ч}$$

На платформе контроля качества (mix) отбирается 0,8 % бумаги А4, 0,4 % картона, 0,5 % бумаги mix, 0,2 % пластика и 0,2 % цветных металлов, что составляет:

$$G_{16}^1 = 15480 \cdot 0,8/38,7 = 320 \text{ кг/ч}$$

$$G_{16}^2 = 15480 \cdot 0,4/38,7 = 160 \text{ кг/ч}$$

$$G_{16}^3 = 15480 \cdot 0,5/38,7 = 200 \text{ кг/ч}$$

$$G_{16}^4 = 15480 \cdot 0,2/38,7 = 80 \text{ кг/ч}$$

$$G_{16}^5 = 15480 \cdot 0,2/38,7 = 80 \text{ кг/ч}$$

После платформы контроля качества (mix) поток ТКО составляет:

$$G_{17}^1 = 15480 - 320 - 160 - 200 - 80 - 80 = 14640 \text{ кг/ч}$$

После платформы контроля качества (mix) поток ТКО направляется в магнитный сепаратор, куда также приходит остаток с платформы контроля качества (> 300). В данном сепараторе происходит отбор 0,7 % черных металлов, а оставшийся процент ТКО уходит в отсеv №2, что составляет:

$$G_{18}^1 = 15040 \cdot 0,7/37,6 = 280 \text{ кг/ч}$$

$$G_{18}^1 = 14640 \cdot 36,9/37,6 = 14760 \text{ кг/ч}$$

Полученные значения сведены в таблицу 13.

Таблица 13 – Материальный баланс

Приход			Расход		
Вещество	кг/ч	%	Вещество	кг/ч	%
ТКО	40000	100,0	КГМ	800	2,0
			Древесина		
			Картон		
			КГМ	1680	4,2
			Стекло коричневое	280	0,7
			Стекло зеленое	400	1,0
			Стекло прозрачное	520	1,3
			Черный металл	40	0,1
			Отсев №1	16360	40,9
			Картон	200	0,5

			Пленка ПВХ	240	0,6
--	--	--	------------	-----	-----

Продолжение таблицы 13

Приход			Расход		
Вещество	кг/ч	Вещество	кг/ч	Вещество	кг/ч
-			ПЭТ	1280	3,2
			ПНД канистра	160	0,4
			ПНД тюбик	80	0,2
			РР	280	0,7
			Пластик 3D	400	1,0
			Пленка ПВХ	600	1,5
			Пластик 2D	800	2,0
			Бумага А4	320	0,8
			Картон	160	0,4
			Бумага mix	200	0,5
			Пластик	80	0,2
			Цветной металл	80	0,2
			Черный металл	280	0,7
Отсев №2	14760	36,9			
Итого:	40000	100,0	Итого:	40000	100,0

По данным полученным в ходе расчета материального баланса можно вычислить процент извлечения вторичных материальных ресурсов с помощью автоматической сортировки твердых коммунальных отходов. Вычисления сведем в таблицу 14.

Таблица 14 – Процент извлечения ВМР с помощью автоматизированной сортировки твердых коммунальных отходов

№	ВМР	Процент отбора, %	Сумма, %
1	Стекло коричневое	0,7	0,7
2	Стекло зеленое	1,0	1,0
3	Стекло прозрачное	1,3	1,3
4	Черный металл	0,1	0,8
		0,7	
5	Картон	0,4	0,9
		0,5	
6	Пленка ПВХ	0,6	2,1
		1,5	
7	ПЭТ	3,2	3,2
8	ПНД канистра	0,4	0,4
9	ПНД тюбик	0,2	0,2
10	РР	0,7	0,7

11	Пластик 3D	1,0	1,0
12	Пластик 2D	2,0	2,0

Продолжение таблицы 14

№	ВМР	Процент отбора, %	Сумма, %
13	Бумага mix	0,5	0,5
14	Бумага А4	0,8	0,8
15	Пластик	0,2	0,2
16	Цветной металл	0,2	0,2
Итого:			16,0

Процент извлечения вторичных материальных ресурсов с помощью автоматической сортировки твердых коммунальных отходов составил 16 %.

### **3.2 Анализ преимуществ предлагаемого технологического процесса и оценка эффективности**

Основные преимущества предлагаемого технологического процесса заключаются в следующем:

Прохождение потока ТКО через разрыватели пакетов, позволит получить равномерно распределенный на линии конвейера поток пригодный для дальнейшей сортировки без дополнительного ворошения и без привлечения персонала к данному процессу.

Благодаря трем различным сепараторам (барабанному, оптическому и баллистическому) поток ТКО разделяется на определенные фракции, которые направляются на посты контроля качества, что позволяет произвести более полный отбор ВМР.

Магнитные сепараторы позволят избавиться от металлических включений без привлечения персонала к данному процессу.

Также можно выделить экологические и экономические преимущества предлагаемого технологического процесса.

Экологические преимущества заключаются в следующем:

– уменьшение массы и объемов размещаемых отходов, и как следствие снижение эмиссий биогаза в атмосферу и объемов образования фильтрационных вод;

– снижение поступления в окружающую среду токсичных соединений (тяжелых металлов и т. п.) ввиду предварительного отбора части опасных отходов и отделения части опасных отходов вместе с мелкой фракцией (например, химических источников тока).

Экономические преимущества заключаются в следующем:

– продление срока эксплуатации объектов размещения отходов вследствие направления части отходов на утилизацию или обезвреживание;

– возможность выделения и продажи вторичных материальных ресурсов;

– возможность предоставления новых рабочих мест.

Оценка эффективности предлагаемого процесса заключается:

– в расчете прибыли от извлечения вторичных материальных ресурсов;

– в расчете платы за размещение отходов;

– в расчете платы за вывоз ТКО на полигон;

– в расчете платы за выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух передвижными источниками.

Расчет прибыли от извлечения вторичных материальных ресурсов сведен в таблицы 15 и 16.

Таблица 15 – Сравнение отбора вторичных материальных ресурсов применяемого и предлагаемого технологических процессов

ВМР	Применяемый технологический процесс		Предлагаемый технологический процесс	
	Процент отбора, %	Масса отбора, кг/ч	Процент отбора, %	Масса отбора, кг/ч
Стекло коричневое	0,7	280	0,7	280
Стекло зеленое	1	400	1,0	400
Стекло прозрачное	1,3	520	1,3	520
Черный металл	0,1	40	0,8	320
Картон	1,0	400	0,9	360

Продолжение таблицы 15

ВМР	Применяемый технологический процесс		Предлагаемый технологический процесс	
	Процент отбора, %	Масса отбора, кг/ч	Процент отбора, %	Масса отбора, кг/ч
Пленка ПВХ	1,0	400	2,1	840
ПЭТ	2,0	800	3,2	1280
Пластик	1,5	600	0,2	80
Цветные металлы	0,4	160	0,2	80
ПНД канистра			0,4	160
ПНД тубик			0,2	80
Бумага mix			0,5	200
Бумага А4			0,8	320
РР			0,7	280
Пластик 3D			1,0	400
Пластик 2D			2,0	800
Итого:	9,0	3600	16,0	6400

Таблица 16 – Расчет прибыли от извлечения вторичных материальных ресурсов применяемого и предлагаемого технологических процессов

ВМР	Стоимость, кг/руб.	Применяемый технологический процесс		Предлагаемый технологический процесс	
		Масса, кг	Сумма, руб.	Масса, кг	Сумма, руб.
Стекло коричневое	0,3	280	84	280	84
Стекло зеленое	0,3	400	120	400	120
Стекло прозрачное	0,7	520	364	520	364
Черный металл	12	40	480	320	3840
Картон	5	400	2000	360	1800
Пленка ПВХ	6	400	2400	840	5040
ПЭТ	6	800	4800	1280	7680
Пластик	6	600	3600	80	480
Цветные металлы	27	160	4320	80	2160
ПНД канистра	6			160	960
ПНД тубик	6			80	480
Бумага mix	5			200	1000
Бумага А4	5			320	1600
РР	6			280	1680
Пластик 3D	6			400	2400
Пластик 2D	6			800	4800
Итого:			18168		34488



«Размер платы за размещение отходов в пределах установленных лимитов определяется путем умножения соответствующих ставок платы с учетом вида размещаемых отходов (нетоксичные, токсичные) на массу размещаемого отхода и суммирования полученных произведений по видам размещаемых отходов» [16].

Произведем расчет платы за размещение отходов, образующихся в пределах установленных лимитов по формулам 4 и 5:

$$P_{л.отх.} = \sum_{i=1}^n C_{ли.отх.} \cdot M_{i.отх.}, \quad (4)$$

где  $P_{л.отх.}$  – плата за отходы, образующиеся в пределах установленных лимитов;

$i$  – класс опасности отхода;

$C_{ли.отх.}$  – ставка платы за размещение отходов в размерах, руб.;

$M_{i.отх.}$  – количество образующихся отходов производства и потребления, т/год.

$$C_{ли.отх.} = H_{баз.н.отх.} \cdot K_{эп.} \cdot K_{инд.}, \quad (5)$$

где  $H_{баз.н.отх.}$  – базовый норматив платы за размещение 1 тонны отхода  $i$ -го класса опасности в размерах, не превышающих установленные лимиты;

$K_{эп.}$  – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости почвы в данном регионе (для Поволжского региона 1,9);

$K_{инд.}$  – коэффициент индексации платы на рассматриваемый год, на 2020 год – 1,08 в ред. Постановления Правительства РФ от 13.09.2016 N 913.

Расчет платы за размещения отходов сведем в таблицы 17 и 18.

Таблица 17 – Расчет платы за размещение отходов применяемого технологического процесса

Вид отходов	$M_{i.отх.}$ , Т	$H_{баз.н.отх.}$ , руб.	$K_{эп.}$	$K_{инд.}$	$P_{л.отх.}$ , руб.
Отходы IV класса опасности	191 тыс.	663,2	1,9	1,08	260 млн.
Отходы V класса опасности	81,9 тыс.	17,3			2,9 млн.
Итого:					262,9 млн.

Таблица 18 – Расчет платы за размещение отходов предлагаемого технологического процесса

Вид отходов	$M_{i.отх.}$ , Т	$H_{баз.н.отх.}$ , руб.	$K_{эп.}$	$K_{инд.}$	$P_{л.отх.}$ , руб.
Отходы IV класса опасности	176 тыс.	663,2	1,9	1,08	239,5 млн.
Отходы V класса опасности	75,6 тыс.	17,3			2,7 млн.
Итого:					242,2 млн.

Расчет платы за вывоз ТКО на полигон сведен в таблицу 19.

Таблица 19 – Расчет платы за вывоз ТКО на полигон

Наименование	Единица измерения	Расчет	Значение
Исходные данные			
Объем вывоза (погрузки отходов)	тонн		12,8 тыс.
	м <sup>3</sup>	12,8 тыс. тонн / 18 тонн · 40 м <sup>3</sup>	28,4 тыс.
Количество автомашин	шт.		5
Объем вывоза за один рейс	м <sup>3</sup>	36 тонн / 18 тонн · 40 м <sup>3</sup>	80,00
Режим работы	ч		24
Количество рейсов за смену	шт.	4 а/м · 3 рейса	12
Объем вывоза за смену	м <sup>3</sup>	80 м <sup>3</sup> · 12 рейсов	960,00
Количество смен	шт.	28,4 тыс. м <sup>3</sup> / 960 м <sup>3</sup>	30
Затрачено времени, для данного объема работ	ч	30 смен · 24 ч · 5 а/м	3600,00
Расход топлива 100 км	л		50,00

Продолжение таблицы 19

Наименование	Единица измерения	Расчет	Значение
пробега			
Расход топлива на всю погрузку-загрузку	л	$15 \text{ л} \cdot 12 \text{ рейсов} \cdot 30 \text{ м}^3$	5400,00
Общий пробег автомашины за выполненный объем	км	$80 \text{ км} \cdot 2 \cdot 12 \text{ рейсов} \cdot 30 \text{ м}^3$	57,6 тыс.
Балансовая стоимость автомашины	руб.	$(14 \text{ млн. руб.} + 15 \text{ л} \cdot 250 \text{ тыс. руб.} / 4 \text{ шт})$	14,9 млн.
Годовая зарплата по отрасли	руб.	-	40 тыс.
Месячный фонд рабочего времени	ч	-	164,20
Годовой баланс рабочего времени	ч	-	1970,00
Стоимость 1 литра горюче-смазочных материалов	руб.	42 руб. / 1,18	35,59
Затраты по вывозу ТКО на полигон			
Зарплата основных рабочих	руб.	$40 \text{ тыс. руб.} / 164,2 \text{ ч} \cdot 3600 \text{ ч}$	877 тыс.
Отчисления от зарплаты	руб.	30,80 % от 877 тыс.	270 тыс.
Амортизация основных средств	руб.	$(4 \cdot 14,9 \text{ млн. руб.}) / 5 / 1970 \text{ ч} \cdot 164,2 \text{ руб.}$	996 тыс.
Топливо	руб.	$(57,6 \text{ тыс. л} \cdot 50 \text{ л} / 100 + 5400 \text{ л}) \cdot 35,39 \text{ руб.} \cdot 1,1$	1,3 млн.
Ремонт и техническое обслуживание	руб.	$14,9 \text{ млн. руб.} \cdot 0,1 / 1970 \text{ ч} \cdot 3600 \text{ ч} / 12$	227 тыс.
Расходы на захоронение	руб.	$28,4 \text{ тыс. тонн} \cdot 33,76$	960 тыс.
	руб.	Итого:	4,6 млн.
Накладные расходы	руб.	$(4,6 \text{ млн. руб.} - 960 \text{ тыс. руб.}) \cdot 0,2$	742 тыс.
	руб.	Итого:	5,3 млн.
Прибыль	руб.		541 тыс.
	руб.	Итого	5,8 млн.

Расчет платы за выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух передвижными источниками сведем в таблицу 20.

Таблица 20 – Расчет платы за выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух передвижными источниками

Вид топлива	Количество израсходованного топлива, т	Норматив платы, руб./тону	Коэффициент значимости	Дополнительный коэффициент	Дополнительный коэффициент	Коэффициент, учитывающий инфляцию	Сумма платы, руб.
Дизель	2720,8	2,5	1,9	1	1,2	2,45	38 тыс.

«Со вступлением в силу с 1 января 2015 года Федерального закона от 21 июля 2014 г. № 219-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации» 28 статья Федерального закона от 4 мая 1999 г. № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха» излагается в новой редакции, согласно которой с юридических лиц и индивидуальных предпринимателей взимается плата за выбросы вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух стационарными источниками» [17].

Таким образом, с 1 января 2015 года взимание платы за выбросы вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух от передвижных источников с юридических лиц и индивидуальных предпринимателей законодательством Российской Федерации не предусмотрено, поэтому данный расчет для предлагаемой технологии не требуется.

Сравним полученные результаты с помощью таблицы 21.

Таблица 21 – Результаты по применяемой и предлагаемой технологическим схемам

Наименование	Предлагаемый технологический процесс	Применяемый технологический процесс	Разница
Прибыль от извлечения ВМР (руб./год)	258,6 млн.	136,3 млн.	122,3 млн.
Плата за размещение отходов (руб./год)	242,2 млн.	262,9 млн.	20,7 млн.
Плата за выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух передвижными источниками (руб./год)	-	38 тыс.	38 тыс.

Прибыль от продажи вторичных материальных ресурсов вырастет на 122,3 млн. рублей в год и плата за размещение отходов уменьшится на 20,7 млн. рублей в год. Также будет отсутствовать плата за выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух передвижными источниками, которая составляет 38 тыс. рублей в год.

Рассчитаем, хватит ли прибыли от продажи вторичных материальных ресурсов, для того чтобы покрыть расходы на платы за размещение отходов и вывоз их на полигон для предлагаемого технологического процесса (таблица 22).

Таблица 22 – Результаты по предлагаемой технологической схеме

Наименование	Сумма, руб./год
Плата за размещение отходов	242,2 млн.
Платы за вывоз ТКО на полигон	5,8 млн.
Итого:	248 млн.
Прибыль от извлечения ВМР	258,6 млн.
Остаток:	10,6 млн.

Прибыль от продажи вторичных материальных ресурсов составит 10,6 млн. рублей в год и покрывает расходы на платы за размещение отходов и вывоз их на полигон для предлагаемого технологического процесса.

#### Вывод по разделу

В данном разделе произведены расчеты материальных балансов применяемого и предлагаемого процессов сортировки твердых коммунальных отходов. Также произведен расчет оценки эффективности предлагаемой схемы сортировки.

## **Заключение**

В ходе выпускной квалификационной работы был разработан вариант модернизации действующего мусоросортировочного комплекса, который позволит увеличить процент отбора вторичных материальных ресурсов из общего потока твердых коммунальных отходов поступающих на мусоросортировочный комплекс ООО «ЭкоРесурсПоволжье».

Технологическая схема предлагаемого варианта заключалась, добавления в уже существующий комплекс новых элементов, благодаря которым можно повысить процент отбора вторичных материальных ресурсов и перейти к более современному виду сортировки – автоматической.

Расчетная часть работы заключалась в расчете материальных балансов применяемой и предлагаемой схем сортировки. Данный расчет показал, что предлагаемая схема позволяет поднять процент отбора вторичных материальных ресурсов от 9 до 16 %.

Также был произведен расчет оценки эффективности предлагаемого процесса, который показал, что прибыль от продажи вторичных материальных ресурсов вырастет на 122,3 млн. рублей в год и плата за размещение отходов уменьшится на 20,7 млн. рублей в год. Также будет отсутствовать плата за выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух передвижными источниками, которая составляет 38 тыс. рублей в год. Прибыль от продажи вторичных материальных ресурсов составит 10,6 млн. рублей в год и покроет расходы на платы за размещение отходов и вывоз их на полигон.

Выполнено индивидуальное проектирование компоновки элементов мусоросортировочного комплекса ТКО с взаимным расположением всех единиц оборудования с привязкой к параметрам эксплуатируемого здания. Данное проектирование было сделано на основе предложенной схемы (рисунок 7) и габаритов оборудования (таблица 6) компанией ООО «Экомашгрупп» (Приложение А).

### **Список используемой литературы и используемых источников**

1. Белов, С. В. Техногенные системы и экологический риск: учебник для академического бакалавриата / С. В. Белов. М. : Юрайт, 2017. 434 с.
2. Бродский, А. К. Общая экология: Учебник для студентов вузов / А. К. Бродский. М. : Изд. Центр «Академия», 2016. 256 с.
3. Бугаян С. А. Вторичное использование твердых бытовых отходов как неотъемлемый элемент рационального использования природных ресурсов [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vtorichnoe-ispolzovanie-tverdyh-bytovyh-othodov-kak-neotemlemyy-element-ratsionalnogo-ispolzovaniya-prirodnih-resursov> (дата обращения: 08.05.2021).
4. Ветошкин А. Г. Технология защиты окружающей среды от отходов производства и потребления. 2-е изд., испр. И доп. Издательство «Лань», 2016. 304 с. ISBN 978-5-8114-2035-3. Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. URL: <https://e.lanbook.com/book/72577> (дата обращения: 08.05.2021).
5. Ветошкин А. Г. «Техника и технология обращения с отходами жизнедеятельности. Часть I. Системное обращение с отходами». Изд. Инфра-Инженерия, 2019. 441 с.
6. Жмыхов И. Н., Челноков А. А., Юращик К. К., Ющенко Л. Ф. Обращение с отходами. Изд. Вышэйшая школа, 2018. 465 с.
7. Зайцев, В. А. Промышленная экология: Учебное пособие / В. А. Зайцев. М. : БИНОМ. ЛЗ, 2016. 382 с.
8. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям «Размещение отходов производства и потребления» (дата обращения: 08.05.2021).
9. Ламзина И. В, Желтобрюхов В. Ф, Шайхиев И. Г. Анализ методов сортировки твердых бытовых отходов [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-metodov-sortirovki-tverdyh-bytovyh-othodov> (дата обращения: 08.05.2021).

10. Кибардина С. М., Соколов Л. И., Патрик Хазенкамп, Сабине Фламме. Сбор и переработка твердых коммунальных отходов. Изд. Инфра-Инженерия, 2019. 175 с.

11. Килоева М.М. Система обращения с твердыми коммунальными отходами и механизм ее финансирования в России: состояние и направления развития [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-obrascheniya-s-tverdymi-kommunalnymi-othodami-i-mehanizm-ee-finansirovaniya-v-rossii-sostoyanie-i-napravleniya-razvitiya> (дата обращения: 08.05.2021).

12. Комплекс сортировки и утилизации твердых бытовых отходов [Электронный ресурс]. URL: [https://yandex.ru/patents/doc/RU2408443C2\\_20110110](https://yandex.ru/patents/doc/RU2408443C2_20110110) (дата обращения: 08.05.2021).

13. Коненко, А. Е., Пластинина, Ю. В., Трушников, А. В. Реализация «мусорной реформы» в Свердловской области // Система управления 64 экологической безопасностью: сборник трудов XII заочной международной научно-практической конференции (Екатеринбург, 30–31 мая 2018 г.). УрФУ, 2018 г. 292 с.

14. Коненко А. Е, Пластинина Ю. В, Трушников А. В. Сортировка ТКО: необходимость или препятствие? [Электронный ресурс]. URL: [http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/72314/1/sueb\\_2019\\_011.pdf](http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/72314/1/sueb_2019_011.pdf) (дата обращения: 08.05.2021).

15. Коротаев В.Н., Ильиных Г.В., Польшгалов С.В., Борисов Д.Л., Базылева Я.В. Каталог технических и технологических решений для проектирования мусороперерабатывающих предприятий. ПНИПУ, 2017. 149 с.

16. Методические указания по выполнению курсовой работы по дисциплине «Экологическая экспертиза». Тольятти: изд-во ТГУ, 2020. 35 с.

17. Письмо Минприроды России от 10.03.2015 N 12-47/5413 «О плате за негативное воздействие от передвижных источников». [Электронный ресурс].



URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_178182/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_178182/) (дата обращения: 08.05.2021).

18. Пляскина И. Н, Харитонов В. Н. Управление в сфере обращения с твердыми коммунальными отходами: современное состояние [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-v-sfere-obrascheniya-s-tverdymi-kommunalnymi-othodami-sovremennoe-sostoyanie> (дата обращения: 08.05.2021).

19. Путинцева Н.А., Чекалин В.С. Обзор мер по организации управления отходами в России как фактора повышения ее энергоэффективности [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-mer-po-organizatsii-upravleniya-othodami-v-rossii-kak-faktora-povysheniya-ee-energoeffektivnosti> (дата обращения: 08.05.2021).

20. Роботизированный автоматический комплекс по сортировке твердых коммунальных отходов на основе нейронных сетей [Электронный ресурс]. URL: [https://yandex.ru/patents/doc/RU2731052C1\\_20200828](https://yandex.ru/patents/doc/RU2731052C1_20200828) (дата обращения: 08.05.2021).

21. Способ переработки твердых коммунальных отходов и устройство для переработки твердых коммунальных отходов [Электронный ресурс]. URL: <https://patents.google.com/patent/RU2677297C1/ru> (дата обращения: 08.05.2021).

22. Способ сортировки мусора [Электронный ресурс]. URL: [https://yandex.ru/patents/doc/RU2624288C1\\_20170703](https://yandex.ru/patents/doc/RU2624288C1_20170703) (дата обращения: 08.05.2021).

23. Способ сортировки твердых бытовых отходов и устройство для его осуществления [Электронный ресурс]. URL: [https://yandex.ru/patents/doc/RU2517225C1\\_20140527](https://yandex.ru/patents/doc/RU2517225C1_20140527) (дата обращения: 08.05.2021).

24. Степанова И.А., Степанов А.С. Обзор систем сбора и удаления отходов в антропогенных экосистемах [Электронный ресурс]. URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-sistem-sbora-i-udaleniya-othodov-v-antropogennyh-ekosistemah> (дата обращения: 08.05.2021).

25. Федеральный закон «Об отходах производства и потребления». Статья 1. Основные понятия [Электронный ресурс]. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_19109/bb9e97fad9d14ac66df4b6e67c453d1be3b77b4c/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/bb9e97fad9d14ac66df4b6e67c453d1be3b77b4c/) (дата обращения: 08.05.2021).

26. Шайдулова А.О. Методические указания для проведения производственной практики на ООО «ЭкоРесурсПоволжье». Участок сортировки ТКО, 2019. 20 с.

27. Adipah S., Kwame O.N. A novel introduction of municipal solid waste management // *Journal of Environmental Sciences*. 2019. Т. 3, № 2. P. 147–157.

28. Azevedo B.D., Scavarda L.F., Caiado R.G.G. Urban solid waste management in developing countries from the sustainable supply chain management perspective: A case study of Brazil's largest slum // *Journal of Cleaner Production*. 2019. Vol. 233. P. 1377–1386.

29. Dlamini S., Simatele M.D., Serge Kubanza N. Municipal solid waste management in South Africa: from waste to energy recovery through waste-to-energy technologies in Johannesburg // *Local Environment*. 2019. Vol. 24, № 3. P. 249–257.

30. El-Haggag S., Samaha A. Sustainable utilization of municipal solid waste // *Roadmap for Global Sustainability – Rise of the Green Communities*. Springer, Cham, 2019. P. 189–203.

31. Pardini K., Rodrigues J.J., Kozlov S.A., Kumar N., Furtado V. IoT-based solid waste management solutions: a survey // *Journal of Sensor and Actuator Networks*. 2019. Т. 8, № 1. P. 5.

## Приложение А

### Схема предлагаемого процесса от ООО «Экомашгрупп»

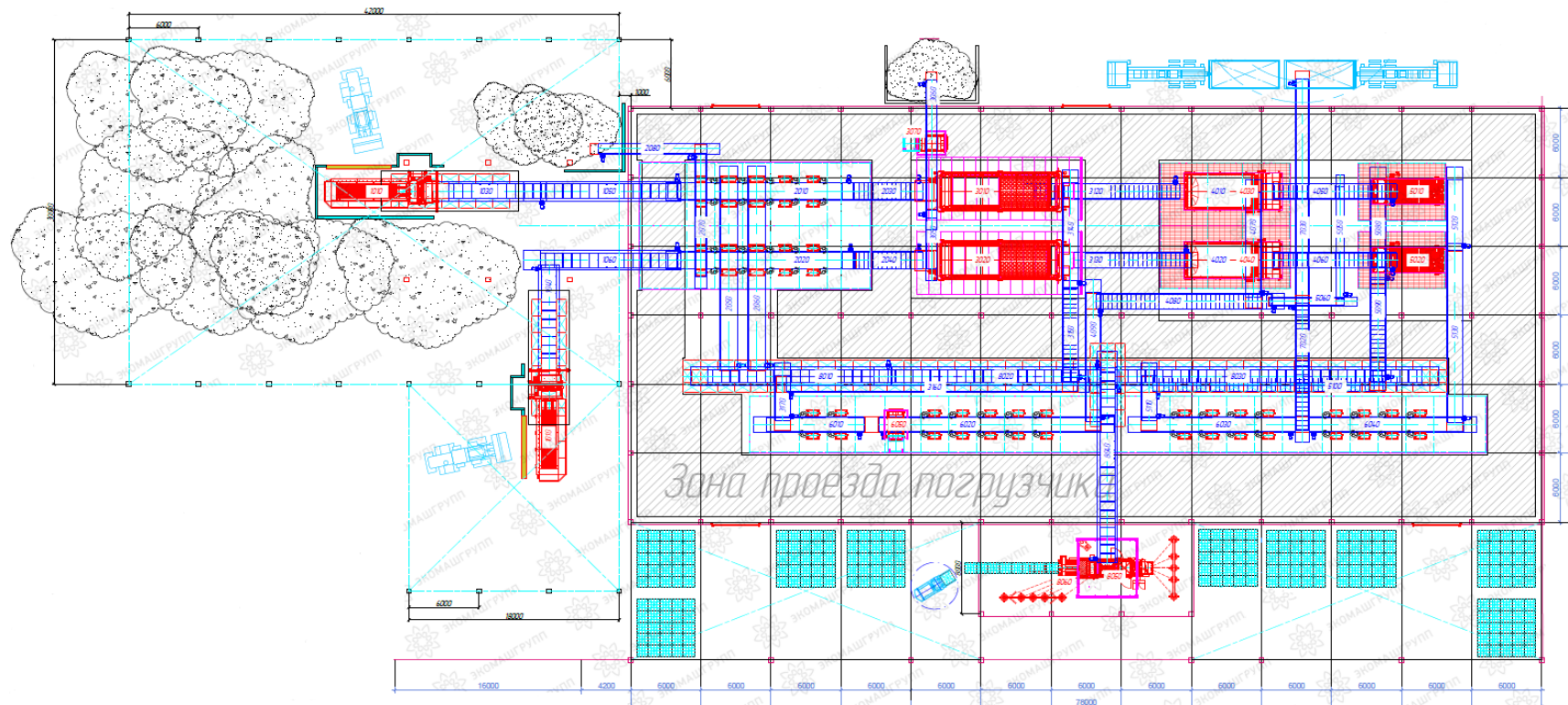


Рисунок А.1 – Схема предлагаемого процесса от ООО «Экомашгрупп»