

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

Институт машиностроения
Кафедра «Управление промышленной и экологической безопасностью»

20.04.01 Техносферная безопасность

Системы управления производственной, промышленной и экологической
безопасностью

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему

Исследования, инновационные разработки и пути реализаций экологи-
чески чистых утилизационных технологий бытовых коммунальных отходов
на примере г. о. Тольятти

Студент(ка)	<u>М.Н. Варламова</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Научный руково- дитель	<u>Н.Г. Яговкин</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	<u>Т.А. Варенцова</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

Руководитель программы к.т.н., профессор М.И. Фесина _____
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) (личная подпись)
«___» _____ 2017г.

Допустить к защите

Заведующий кафедрой _____ д.п.н., профессор Л.Н.Горина
_____ (ученая степень, звание, И.О. Фамилия) (личная подпись)
«___» _____ 2017г.

Тольятти 2017

СОДЕРЖАНИЕ

ОПРЕДЕЛЕНИЯ	3
ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ	4
ВВЕДЕНИЕ	5
1 Исследования и инновационные разработки утилизационных технологий бытовых отходов	
1.1 Необходимость и важность исследований и инновационных разработок в области утилизационных технологий	9
1.2 Опыт зарубежных стран и России в области исследований и разработок утилизационных технологий	13
2 Пути реализаций вторично переработанных материалов из твердых бытовых отходов	
2.1 Актуальность использования переработанных из твердых бытовых отходов материалов	87
2.2 Применение вторично переработанных материалов	89
3 Реализация утилизационных технологий на территории г.о. Тольятти	
3.1 Анализ структуры бытовых коммунальных отходов в г.о. Тольятти	97
3.2 Применение утилизационных технологий на примере г.о. Тольятти	100
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	111
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	115

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Твердые бытовые отходы – товары или предметы, потерявшие свои потребительские свойства.

Грохочение – процесс разделения отходов на классы крупности, осуществляемый на просеивающих поверхностях.

Пиролиз – термический процесс разложения органических и неорганических соединений.

Рециклинг – процесс переработки и возвращения отходов в повторный промышленный оборот.

Вторичное сырье - вторичные материальные ресурсы, которые в настоящее время могут повторно использоваться в народном хозяйстве.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ТБО – твердые бытовые отходы

КПД – коэффициент полезного действия

ПЭТ – полиэтилентерефталат

ПВХ – поливинилхлорид

ВВЕДЕНИЕ

В течение последних лет на территории большинства городов Российской Федерации отмечается увеличение количества коммунальных бытовых отходов, а, следовательно, таких последствий, как рост числа несанкционированных свалок, загрязнение окружающих территорий.

«Ежегодно в России образуется около 7 млрд.т. отходов, из которых используется или перерабатывается порядка лишь 2 млрд.т. или 28,6% от общего количества отходов» [1]. «На территории страны на полигонах, в отвалах или хранилищах накоплено порядка 80 млрд.т. только твердых бытовых отходов» [2]. «Под полигоны твердых бытовых отходов ежегодно выделяется около 10 т. га пригодных для использования или возделывания земель, без учета площади земель, загрязненных многочисленными несанкционированными и стихийными свалкам» [1].

«Что касается объема переработки твердых бытовых отходов в России, то данный показатель уже в течение 10 лет остается на одном и том же уровне» [3].

Систематическое увеличение объема промышленных и бытовых коммунальных отходов усугубляет экологическую обстановку в России и зарубежных странах, в связи с этим, проблемы хранения, обезвреживания, переработки и утилизации отходов занимают одно из важнейших направлений в экологической политике любого государства, и России в частности.

Однако, в последнее время пропагандируется представление, что бытовые коммунальные отходы являются ценными компонентами, которые можно использовать в дальнейшей хозяйственной деятельности. Например, «в среднем из одной тонны мусора можно получить 170 кг биогаза с содержанием 65% CH₄, 410 кг сельскохозяйственного субстрата с содержанием 70 % сухого продукта, 50 кг первого отсева грубых элементов и металлолома, 250 кг второго отсева (стекло, ткань, древесина,

пластмасса), около 70 % отсевов можно использовать для выработки тепла путем сжигания, пиролиза, газификации, получения специального топлива» [3].

Особая важность этой проблемы, а также обязательная необходимость её решения привели к появлению специального направления природоохранной деятельности, называемого «управление обращением с отходами». «Управление обращением с отходами – это регулирование всех процессов, связанных с образованием, сбором, хранением, транспортированием, переработкой, утилизацией и размещением отходов» [5]. Управление обращением с отходами является частью общей системы экологического менеджмента, как отдельно взятого предприятия, так и государства в целом, направленной на:

- снижение опасного и негативного воздействия на окружающую среду;
- повышение экономической и экологической эффективности деятельности предприятия;
- значительное снижение объёмов образования отходов;
- организацию их переработки.

Среди различных видов деятельности в области управления обращением с отходами важную и особую роль играет их переработка, поскольку значительная часть отходов является источниками ценных вторичных материальных ресурсов, которые также в дальнейшем можно перерабатывать и использовать. Именно такой подход к отходам как к ценному ресурсу реализуется в странах Евросоюза и ряде других стран с развитой экономикой.

В России проблемы обращения с отходами являются более острыми, чем во многих развитых странах. Среди основных причин, обостряющих ситуацию с управлением обращения с отходами – «слабая развитость законодательной базы, территориальная и отраслевая неравномерность развития экономики, стагнация развития важнейших отраслей

промышленности, прежде всего машиностроения» [7]. В последние годы российское законодательство существенно расширяется и обновляется в связи с перераспределением полномочий в области охраны окружающей среды между федеральными и региональными органами власти, а также между различными федеральными ведомствами.

На территории г.о. Тольятти экологическая обстановка складывается также негативным образом. Количество только «несанкционированных бытовых свалок составляет более 13 штук общей площадью 2,8 тысяч кубометров» [8].

Данная ситуация негативно сказывается на экологической обстановке как отдельно взятого города, так и области и страны в целом.

Соответственно, важнейшей задачей экологической безопасности города является утилизация бытовых отходов. Технологии утилизации бытовых отходов разрабатываются как в России, так и в зарубежных странах.

Таким образом, объектом исследования являются инновационные технологии утилизации бытовых отходов, применимые для города, предметом исследования в данной работе являются твердые коммунальные отходы, образующие за счет жизнедеятельности человека.

Целью работы является на основе исследований и опыта зарубежных стран и России, выявить наиболее оптимальные и экологически чистые утилизационные технологии переработки твердых бытовых отходов в отдельно взятом городе.

В соответствии с целью исследования в магистерской работе решаются следующие задачи:

1. изучить способы переработки ТБО;
2. изучить пути реализации переработанных материалов;
3. провести анализ положительных и отрицательных сторон утилизационных технологий ТБО;
4. охарактеризовать экологическую обстановку и варианты ее

- развития на территории г.о. Тольятти;
5. провести количественный и качественный анализ твердых бытовых отходов в г. Тольятти;
 6. выявить оптимальные утилизационные технологии для г.о. Тольятти и определить пути реализации экологически чистых утилизационных технологий в г.о. Тольятти.

Исходя из вышесказанного, актуальность темы диссертационного исследования подкрепляется тем фактом, что решаемые в ней задачи востребованы в современной деятельности человека, включающей как социально – этические, экологические, так и экономические сферы взаимоотношений.

Несмотря на значительное количество работ, посвященных утилизации и переработке ТБО (патенты Российской Федерации, работы авторов Трешников С.Е., Кирсанов С.А., Малышевский А.Ф. и др.), законодательная база основывается на федеральных законах № 89 – ФЗ от 24.06.1998 г. «Об отходах производства и потребления», приказах Минприроды и Росприроднадзора, проблема их применения в каждом отдельно взятом населенном пункте России не решена в производственном масштабе. Основной проблемой является отсутствие раздельно сбора мусора в источнике его образования, что приводит к значительным негативным экологическим последствиям.

Научная новизна диссертационной работы представляет собой разработанные и описываемые мероприятия для улучшения системы обращения с отходами на примере г.о. Тольятти

1 Исследования и инновационные разработки утилизационных технологий бытовых коммунальных отходов

1.1 Необходимость и важность исследований и инновационных разработок в области утилизационных технологий

Развитие и территориальное расширение населенных пунктов, а также их жизнедеятельность, работы промышленной отрасли и коммунального хозяйства, жизнедеятельность человека приводит к неуклонному увеличению отходов, как промышленных, так и коммунальных.

Под отходами подразумевают «вещества или смеси веществ, которые признаны непригодными для дальнейшего использования в рамках имеющихся технологий, или после бытового использования» [9]. Таким образом, выделяют промышленные отходы и коммунальные отходы, которые преимущественно имеют твердый вид.

Под твердыми бытовыми отходами подразумевают «биологический или искусственный материал, который непригоден для дальнейшего использования» [9].

В данной магистерской работе ниже рассмотрены вопросы и проблемы, касающиеся образования твердых бытовых отходов, а именно бытовых коммунальных отходов, способов и мероприятий, целью которых является уменьшение объема образующихся отходов, и вопросы применения и использования переработанных из ТБО материалов.

По данным Минприроды, «каждый год в России образуется порядка 60 млн. т. твердых бытовых отходов – то есть это свыше 400 кг на человека» [2].

Наиболее тщательной проработки и особого внимания занимают проблемы, связанные с управлением твердыми коммунальными отходами, по причине того, что они накапливаются в непосредственной близости от городов и других населенных пунктов, и уровень их переработки и вторичного использования очень низок.

Постоянное увеличение количества отходов поднимает вопросы обращения с отходами, которые необходимо решать в первую очередь на государственном уровне.

В связи с этим, в управлении появилось такое понятие, как обращение с отходами.

И соответственно, «одной из наиболее первейших задач любого государства в сфере управления системой обращения с отходами является создание механизмов, направленных на экологическую безопасность и экономное использование сырья, материалов, энергии и других ресурсов» [5].

Проблемы экологии в современном мире и возможные пути ее восстановления и улучшения актуальны и требуют безотлагательных мер. Одна из первичных экологических задач, стоящая перед каждым государством и человеком – это решение вопроса сбора и переработки бытовых коммунальных отходов, среди которых наибольшее затруднение представляют твердые бытовые отходы (ТБО), возникающие в результате жизнедеятельности населения. Причинами препятствий в вопросах сбора и переработки твердых коммунальных отходов являются их смешанный вид (то есть в общей массе смешение различных видов материалов, размеров, консистенций), отношение населения к отходам как к ненужным материалам (соответственно, образование неконтролируемых свалок).

В России «количество перерабатываемых и вторично используемых материалов составляет не более 8% (тогда как процент использования в США составляет порядка 40, и 60% в странах Европейского Союза (ЕС), а оставшееся количество твердых отходов подлежит захоронению» [10].

В Российской Федерации в настоящее время более 90% твердых бытовых отходов подвергается такому виду утилизации, как захоронение, и в связи с этим, в социуме при участии бизнеса и власти с одной стороны, и общества с другой стороны, возникают дискуссии о важности и необходимости переработки и утилизации бытовых отходов.

Сформировавшаяся в Российской Федерации обстановка в области возникновения, переработки и окончательной локализации бытовых отходов ведет к нерациональному потреблению природных ресурсов, существенному экономическому ущербу и представляет реальную угрозу экологии городов и регионов. Каждое «пятое заболевание у человека связано с экологией» [11].

По оценкам Международной финансовой корпорации (IFC), «существующие и действующие в России полигоны уже загружены на две трети, а 30% из них не соответствует существующих санитарным требованиям, площадь свалок зачастую превышает 10 га» [10].

Несанкционированные свалки отходов вызывают такие экологические проблемы, как загрязнение почвы близко расположенных к свалкам водоемов, загрязнение воздуха (неконтролируемое выделение метана на свалках, который приводит к их самовозгоранию), и как следствие развитие источников инфекционных заболеваний.

Необходимая для утилизации ТБО инфраструктура, которая была бы эффективна, и отлаженно работала, в России практически полностью отсутствует.

Основная задача переработки и утилизации ТБО – это организация современной рациональной и системной структуры. Все передовые страны ежегодно увеличивают процент переработки вторсырья, улучшают утилизационные технологии.

В России на данный момент уровень вовлечения отходов в повторный хозяйственный оборот нельзя оценить как удовлетворительный. Средний объем утилизации бытовых отходов в РФ, по расчетам специалистов, не

превосходит 5 %, что приводит не только к постоянному росту количества объемов накапливаемых и в конечном итоге захараниваемых отходов, но и к невозвратимой потере до 90 % полезного сырья.

Решение задач по управлению утилизацией и переработкой отходами должно включать несколько взаимосвязанных механизмов управления.

Нормативно-правовой механизм решает задачи управления системой обращения с отходами с использованием системы установленных норм допустимых воздействий на окружающую среду, системы норм и стандартов использования ресурсов, экологической экспертизы, лицензирования, системы законодательных актов, определяющих правовую ответственность пользователей ресурсов.

Контроль за соблюдением нормативно-правового регулирования деятельности в области обращения с отходами в России осуществляют Росгидромет, Росприроднадзор и Ростехнадзор.

«Несмотря на то, что в последние годы в России немало сделано в области совершенствования нормативно-правовой базы, современный её уровень недостаточно эффективен» [7].

Экономический механизм управления системой обращения с отходами должен обеспечить создание и развитие ресурсосберегающих технологических процессов, техники, по экологичным показателям которая не нарушает установленные нормативы, размещение производительных сил и ресурсов с учетом экологического обоснования, перераспределение материально-технических и трудовых ресурсов с целью более рационального использования всех видов ресурсов. Средствами экономического механизма являются разделенные и дифференцированные тарифы за пользование природными ресурсами, гибкая система налогообложения физических лиц и предприятий, государственные дотации и инвестиции.

В основе экономического механизма, действующего в нашей стране, лежит система платы за негативное воздействие на окружающую среду.

Экономический механизм регулирования природоохранной деятельности – один из важнейших рычагов, который постоянно дополняется и корректируется с учётом реальной экологической и экономической ситуации в стране.

Общественно-политический механизм решает задачи управления системой обращения с отходами путем пропаганды, воспитания и экологического образования населения страны, повышения личностной ответственности каждого гражданина за состояние окружающей среды. Решению этих задач посвящен ряд законодательных актов, а также решений правительства страны. В частности, Закон Российской Федерации «Об охране окружающей среды» от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ устанавливает всеобщность и непрерывность экологического воспитания и образования, в том числе преподавание в высших учебных заведениях специальных курсов по охране окружающей природной среды и рациональному природопользованию. Для решения этих задач принято Постановление Правительства Российской Федерации от 3 ноября 1994 г. № 1208 «О мерах по улучшению экологического образования населения».

Важную роль в деле воспитания населения в духе рационального природопользования и пропаганды бережного отношения к окружающей среде должны играть средства массовой информации и различные общественные организации. Активны пропагандистские мероприятия повышают экологическую грамотность населения и помогают решать задачи рационального управления системой обращения с отходами, что в конечном итоге должно способствовать улучшению экологического окружения человека.

1.2 Опыт зарубежных стран и России в области исследований и разработок утилизационных технологий

В странах Европейского Союза проблемы обращения с твердыми бытовыми отходами уже на протяжении нескольких лет решаются достаточно эффективно. Муниципальные твердые отходы (или также есть такие определения, как твердые бытовые отходы, ТБО) заслуживают особого внимания, поскольку «Рамочная Директива ЕС по отходам (2008) ставит целью 50%-ную утилизацию ТБО к 2016 г.» [13]. Обращение с ТБО в зарубежных странах в основном находится в сфере ответственности муниципального сектора и текущая экономическая ситуация во многих странах ЕС требует дополнительных разработок и усилий для реализации этих шагов наиболее эффективным образом.

Эффективная экологическая политика по обращению с отходами требует последовательности и понимания реализации всех этапов, соблюдение и реализация которых на каждом этапе должна привести в целом к значительному улучшению экологической обстановки.

Одним из самых первых и общепризнанных задач для решения данной проблемы является уменьшение объемов захоронения отходов (например, ликвидация свалок и полигонов), а также сосредоточение усилий стран на предотвращении образования отходов, повторном использовании полезной части отходов, рециклинге и переработке. В целом, «в Европейских странах в 2010 г. уже вторично перерабатывалось до 35% муниципальных отходов» [13]. Также в Европейском союзе принята иерархическая схема приоритетности мероприятий по обращению с отходами, представленная в таблице 1.

Таблица 1 - Принятая в ЕС иерархическая схема приоритетности мероприятий по обращению с отходами

Приоритетность	Мероприятия по обращению с отходами
1	Предотвращение образования
2	Повторное использование

3	Переработка
4	Восстановление
5	Размещение

Согласно представленной таблице можно сделать вывод, что первостепенной задачей в сфере обращения с отходами является предотвращение образования отходов, как коммунальных, так и промышленных в местах их образования.

По данным на 2011 г. из всех стран Европейского Союза «наибольшее количество отходов производила Дания – порядка 718 кг на человека в год, далее по иерархии расположились Люксембург, Кипр и Ирландия (600-700 кг), Германия, Нидерланды, Мальта, Австрия, Италия, Испания, Франция (500-600 кг), Греция, Португалия, Бельгия, Швеция, Литва и Словения (400-500 кг) и Венгрия, Болгария, Румыния, Латвия, Словакия, Чехия, Польша и Эстония (менее 400 кг). В относительных показателях производством муниципальных отходов в наибольшей степени выросло в Словакии, Норвегии и Хорватии (на 39, 30 и 25% соответственно), и снизилось в наибольшей степени в Болгарии, Эстонии, Словении и Великобритании (на 18, 17, 12 и 12% соответственно). В наибольшей степени объемы захоронения отходов снизились в Норвегии, Ирландии и Польше. Вместе с тем на свалках размещается 99% отходов в Румынии, 94% - в Болгарии, 92% - на Мальте и 88% - в Латвии» [13].

Такому способу, как «сжигание твердых бытовых отходов, и соответственно, наибольший объем ТБО, который подвергся сжиганию, распределяется между следующими странами: Дания - 54%, Швеция - 51%, Бельгия - 42%, Люксембург и Нидерланды - по 38%, Германия - 37%, Франция и Австрия (по 35%). Переработка отходов была наиболее распространенной в Германии (45%), в других странах процент отходов, которые подверглись вторичной переработке, составил следующие

показатели: Ирландия (37%), Бельгия (36%), Словения (34%), Швеция (33%), Нидерланды (32%) и Дания (31%). Такой способ переработки как компостирование в наибольшей степени использовалось в Австрии (34%), Нидерландах (28%), Бельгии и Люксембурге (по 20%), Испании и Франции (по 18%)» [13].

Законодательная база стран ЕС, касающаяся обращению с твердыми бытовыми отходами, основывается на следующих документах [14]:

- Директива 2008/98/ЕС «Об отходах»
- Директива 1999/31/ЕС «О полигонах отходов»
- Директива 2000/76/ЕС «О сжигании отходов»
- Директива 94/62/ЕС «Об упаковке и упаковочных отходах»
- Директива 91/157/ЕЕС «О батареях, аккумуляторных батареях и их отходах»
- Директива 2000/53/ЕС «Об отслужившим свой срок автотранспорте»
- Директива 2002/96/ЕС «Об отходах электрического и электротехнического оборудования» Законодательство стран членов ОЭСР
- С(76)155 – Рекомендация Совета о рациональной политике управления отходами;
- С(78)8 – Рекомендация Совета относительно повторного использования и переработки контейнеров для напитков переработке макулатуры;
- С(79)218 – Рекомендация Совета о переработке макулатуры;
- С(2004)100 – Рекомендация Совета по экологически обоснованному обращению с отходами.

Управление отходами жестко зарегулировано как на уровне Европейского Союза (ЕС) в целом, так и на уровне каждой их стран-членов ЕС [14].

Основные принципы в сфере управления отходами в странах Европейского Союза можно классифицировать следующим образом [13]:

1. «Принцип использования иерархического порядка обращения с отходами. При этом в качестве приоритетного варианта определено «сокращение количества образования отходов в источнике их образования для снижения негативного воздействия на окружающую среду», а в качестве наименее худшего варианта развития событий – «размещение отходов на специально оборудованных полигонах».

2. «Принцип самодостаточности предприятий для утилизации и размещения отходов в каждой стране, данный принцип заключается в том, что образующиеся отходы должны утилизироваться и размещаться в той стране, где они образовались, а не экспортироваться в другие страны».

3. «Принцип максимального приближения предприятий или оборудования для утилизации и размещения отходов к источникам образования отходов».

4. «Принцип проведения предохраняющих мер для предупреждения рисков для окружающей среды».

5. «Принцип ответственности производителя, заключающийся в том, что изготовители продукции должны участвовать во всей цепочке жизненного цикла произведенной ими продукции, в том числе и на последней стадии, то есть на стадии превращения продукции в отходы, и предпринимать меры по сбору и утилизации своей продукции, которая превратилась в отходы».

6. «Принцип «загрязнитель платит», заключающийся в том, что хозяйствующие субъекты (включая производителей продукции), ответственные за образование отходов, обязаны покрывать затраты на утилизацию и размещение отходов».

В России вопросы обращения с твердыми бытовыми отходами, их переработка и утилизация имеют очень существенный характер. Необходимость решения проблем отходов в данной стране вызвала «появление самостоятельного направления в природоохранной политике, включающего в себя развитие методов организации сбора отходов, их

переработки, сжигания, захоронения, а также стимулирование мероприятий по вовлечению отходов в хозяйственный оборот, предотвращению их образования, и тем самым, снижение количества отходов» [15]. Вопрос управления отходами многоаспектен и включает в себя регламентацию и регулирование таких процессов и технологий, как сбор, сортировка, обезвреживание, транспортировка, накопление, использование и размещение отходов.

По официальным данным Росстата, «ежегодно в России образуется более 3,5 млрд. т отходов, в том числе 35–40 млн. т коммунальных твердых бытовых отходов (ТБО)» [10]. Динамика увеличения количества бытовых отходов представлена на рисунке 1 [10].



Рисунок 1 - Образование отходов в России, млн. т по данным Росстата

Исследования и разработки технологий и способов в области утилизации бытовых отходов проводятся как в России, так и за рубежом. Запатентовано достаточно много различных утилизационных технологий, способов и устройств, рассмотрев которые, можно сделать вывод о

целесообразности и прагматичности их применения в различных городах. Утилизация бытовых отходов – одна из важнейших задач управления экологической безопасностью городов и населенных пунктов.

В настоящее время в России следующие наиболее часто применимые утилизационные технологии:

1. Захоронение (складирование),
2. Переработка отходов с извлечением ценных компонентов (металл, дерево, стекло, текстиль)
3. Сжигание с использованием различных видов топок
4. Компостирование
5. Пиролиз
6. Газификация
7. Производство биогаза

Утилизационные технологии твердых бытовых отходов являются методами, которые решают санитарно-гигиенические, экономические задачи и экологические задачи.

В течение последних пяти лет «общий объем образующихся в России отходов вырос в 1,5 раза, более половины отходов, а точнее 54% от общего количества образуется при добыче топливно-энергетических полезных ископаемых (в основном – в угольной промышленности), 17% приходится на цветную металлургию, 17% – на черную, 12% – это остальные отходы, включая коммунальные» [15].

В настоящее время «в России 95-97% образующейся массы ТБО подвергается захоронению (в Москве 80-85%). В ведущих странах ЕС (Германии, Австрии, Швеции, Нидерландах, Бельгии, Дании и др.) захоронению подвергают менее 20% образующейся массы ТБО, остальное количество вовлекают в переработку (в т.ч. 25-35% подвергают сжиганию, 40-65% используют в качестве вторсырья с производством новой продукции)» [15].

Для России очень актуальна необходимость разработки способов

решения проблемы накопления и утилизации ТБО «на основе их вовлечения в промышленную переработку с минимальными затратами, с одновременным решением вопросов ресурсосбережения и экологической безопасности» [16].

Ниже на рисунках 2 и 3 показаны доли каждого вида отходов, количество различных видов свалок и официальных полигонов для размещения ТБО.

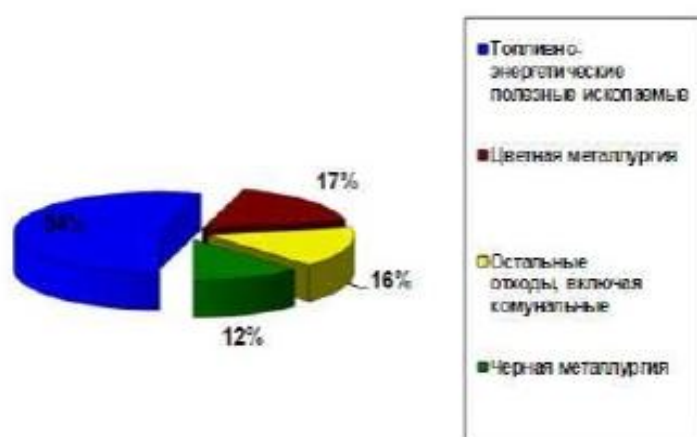


Рисунок 2 – Разделение отходов по видам



Рисунок 3 – Количество свалок и полигонов под ТБО в России

При этом в России функционируют лишь «41 мусоросжигательный, 243 мусороперерабатывающих заводов и 53 мусоросортировочных комплексов, малое количество таких комплексов является причиной низкой доли утилизации ТБО» [11]. Соотношение количества различных видов заводов по обращению с отходами представлено на рисунке 4.

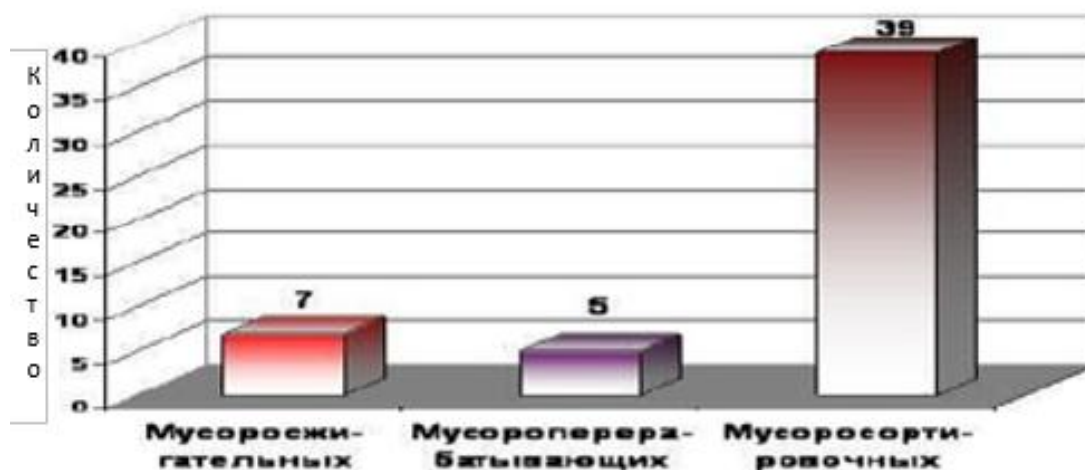


Рисунок 4 – Количество заводов по обращению с отходами в России

В настоящее время основное распространение получили следующие технологии в комплексах по переработке твердых, в том числе коммунальных отходов: предварительная сортировка отходов с их последующей переработкой утильных фракций, санитарная земляная засыпка и сжигание.

Предварительная сортировка отходов имеет ряд экономических преимуществ: извлечение вторичного сырья (макулатуры, стеклобоя, нефтепродуктов, черных и цветных металлов, пластмасс) в последующую переработку сокращает расход природных ископаемых, являющихся невозполнимыми ресурсами. В тоже время, за счет первичной сортировки удастся уменьшить потребность например целлюлозной отрасли в древесном сырье, что несет непосредственный положительных экологический эффект в сохранении лесных угодий. В результате сортировки коммунальных отходов и вторичного использования продуктов

сортировки происходит уменьшение их объемов, попадающих на полигоны для захоронения и сжигания, а также увеличиваются сроки эксплуатации полигонов. Еще одним значимым эффектом от уменьшения количества образующихся отходов, подлежащих захоронению, является уменьшение участков земли, отведенных под утилизационные нужды, с целью дальнейшего использования земельных площадей для сельскохозяйственных работ.

Такая технология обезвреживания отходов, как «санитарная земляная засыпка является достаточно распространенной в странах Европы, так как связана с получением биогаза, и дальнейшим его использованием в качестве топлива» [18].

С этой целью «отходы засыпают по определенной технологии слоем грунта толщиной 0,6–0,8 м в уплотненном виде. Биогазовые полигоны снабжены вентиляционными трубами, газодувками и емкостями для сбора биогаза» [18]. Таким образом, объекты захоронения отходов представляют собой наиболее крупные системы по производству биогаза. Например, «1 т бытовых отходов выделяет не менее 100 куб. м биогаза. Учитывая, что использование биогаза возможно спустя 5–10 лет после создания такого объекта, а его рентабельность проявляется при объемах отходов более 1 млн. т в год, потенциал объектов захоронения отходов можно определить как большой источник энергии» [18].

Еще одна распространенная технология переработки отходов – сжигание – в настоящее время применяется во многих странах. Так, «объемы сжигания бытовых отходов в Великобритании и США составляют 10%; в Австрии, Италии, Франции, Германии – от 20 до 40%; в Бельгии, Швеции – 48-50%, в Японии – 70%, в Дании, Швейцарии – 80%» [12].

В России сжиганию «подвергаются пока лишь около 2% ТБО, а в частности в Москве – около 10%. Мусоросжигание имеет такие достоинства, как обеспечение минимального содержания в шлаке и золе разложимых веществ, однако существенным недостатком данного способа

является огромное количество выбросов вредных веществ в атмосферу. Следует также отметить, что мусоросжигание – наиболее сложный и дорогой вариант утилизации отходов. Например, время, необходимое на проектирование и постройку мусоросжигательного завода в США, в среднем занимает 5–8 лет» [12]. «Для установок массового сжигания производительностью от 100 до 3 тыс. т в сутки капитальные затраты составляют от 80 до 100 тыс. долларов за тонну сжигаемых отходов в день. Сюда не входит цена технических приспособлений для подготовки отходов к уничтожению. Эксплуатационные расходы составляют около 20 долларов за тонну твердых бытовых отходов. Технология сжигания ТБО развивалась в период, когда не были еще ужесточены нормы выброса газовой составляющей. Сегодня в развитых странах существует законодательное ограничение на содержание в 1 куб. м выбрасываемого в атмосферу дымового газа не более $0,1 \times 10^{-9}$ г двуокиси азота и фуранов при сжигании отходов» [12]. В связи с этим, следует сделать вывод, что все мусоросжигательные предприятия являются убыточными, так как стоимость газоочистки на мусоросжигательном заводе достаточно высока, и требует дополнительных финансовых государственных дотаций.

Что касается опыта России в вопросах обращения с твердыми бытовыми отходами, что ситуация в стране сложилась достаточно сложная, за счет постоянного увеличения количества отходов, недостаточности законодательной базы и штрафных санкций, мотивационных программ для населения и хозяйствующего сектора.

Законодательную базу по обращению с отходами в России составляют следующие основные законы и нормативные акты: ФЗ № 89 «Об отходах производства и потребления» 1998 г., постановление Правительства РФ «Об утверждении правил предоставления услуг по вывозу твердых и жидких бытовых отходов» 1997 г., Приказ Минприроды России «Об утверждении комплексной стратегии обращения с твердыми коммунальными (бытовыми) отходами в Российской Федерации» 2013 г., СанПиН 42-128-4690-88.

Санитарные правила содержания территорий населенных мест, а также другие нормативные акты, которые определяют основы обращения с отходами с целью предотвращения вредного воздействия на природу и человека.

Относительно опыта переработки твердых бытовых отходов в России можно сделать вывод, что основы обращения с отходами в субъектах имеются. Однако, «наиболее распространенными способами обращения с отходами являются складирование на полигонах и свалках, компостирование и сжигание» [17].

На сегодняшний день в субъектах Российской Федерации имеется некоторый опыт переработки отходов путем сортировки с выделением вторичного сырья. «Средняя производительность мусоросортировочных комплексов, расположенных на территории России, составляет порядка 180 тыс. т в год, что сопоставимо с количеством образования отходов небольших городов» [17]. Данные виды мусоросортировочных комплексов применяются в Тольятти, Белгороде, Москве, Санкт-Петербурге, Воронеже, Уфе, Архангельске, Малоярославце, Альметьевске, Барнауле и др. Однако следует отметить, что на сегодняшний день уровень повторного вовлечения отходов в хозяйственный оборот в нашей стране нельзя оценивать как удовлетворительный. Средний объем утилизации отходов в Российской Федерации не превышает 35% (из них ТБО – только 3–5%), что приводит не только к устойчивому росту объемов накапливаемых и в дальнейшем захораниваемых отходов, но и к безвозвратной потере до 90% полезной продукции, имеющей реальный спрос на рынке. Так, например, «при захоронении утильных фракций ежегодно безвозвратно теряется 9 млн. т макулатуры, 1,5 млн. т черных и цветных металлов, 2 млн. тонн полимерных материалов, 0,5 млн. тонн стекла» [17]. Сбору и утилизации в качестве вторичного сырья подвергаются, главным образом, отходы, которые характеризуются высоким уровнем доходности в сложившихся рыночных условиях: лом, стекло, отходы черных и цветных металлов.

Пластмасса, бумага, картон и алюминиевые банки, составляющие, по оценкам специалистов, более 40% твердых бытовых отходов, оказываются на полигонах, что приводит к загрязнению окружающей среды.

По оценкам специалистов, твердые коммунальные отходы являются источниками ценных материалов, которые при разделении могут приносить существенные экономические и экологические выгоды.

Например, использование вторичного сырья дает возможность предприятиям, производящим упаковку, существенно снижать издержки, экономия от использования вторичного сырья при производстве упаковки составляет в среднем 20% от себестоимости. А снижение расходов при использовании стеклобоя для производства стекла, как считают специалисты, может составлять до 50%. Главная проблема при создании комплексов по утилизации ТБО заключается в низком уровне тарифов за сдачу отходов на утилизацию. Этот вопрос является «наиболее сложным в переговорах хозяйствующих субъектов с местными администрациями, так как повышение тарифов, в частности, для населения относится к разряду социально-политических вопросов» [17].

По мнению Министерства природных ресурсов и экологии РФ, основные направления регулирования обращения с отходами в РФ включают [11]:

- Введение иерархии обращения с отходами;
- Введение расширенной ответственности производителей;
- Управление жизненным циклом продукции от производства до ее утилизации;
- Разработку специальных требований и правил к сбору, накоплению, транспортированию, обезвреживанию и размещению отдельных групп однородных отходов;
- Обеспечение отдельного сбора макулатуры, металла, пластика, стекла.

В настоящее время вся основная работа по обеспечению экологической безопасности при обращении с отходами производства и потребления легла на предприятия, как крупные, так и небольших размеров, и органы местного самоуправления. Как показала практика, органы местного самоуправления не способны обеспечить полноценное исполнение возложенных полномочий даже по обращению с коммунальными отходами, что вызывает стихийный рост несанкционированных свалок практически у каждого населенного пункта, а вопросы удаления промышленных отходов вообще не могут решаться ими системным и надлежащим образом. Объективными причинами данных выводов являются: «недостаточность финансирования для реализации полномочий, ограниченные возможности по привлечению инвестиций, а также межмуниципальный характер решений по выбору способа утилизации образующихся отходов» [17].

По мнению специалистов, основными направлениями минимизации объемов образования твердых бытовых коммунальных отходов в системе управления отходами являются сортировка и переработка отходов на предприятии и внедрение технологий замкнутого цикла на уровне региона.

Как уже говорилось выше, наиболее распространение технологии по обращению и переработке с твердыми бытовыми отходами, это сортировка, пиролиз и сжигание, компостирование. Ниже рассмотрены установки, технологии по переработке отходов, выделены их положительные и отрицательные качества.

Разработка пиролизных систем производства из твердых бытовых отходов максимального количества газа и нефтеподобных жидких продуктов – основное направление в инновационных технологиях в различных странах переработки ТБО в последнее время.

Пиролиз – это процесс, при котором при нагревании происходит разложение химических соединений. Пиролизные высокотемпературные установки, включающие газификацию получающегося твердого остатка, могут быть с жидким и с твердым шлакоудалением. Среди процессов с

жидким шлакоудалением имеются две разновидности: шлакообразующая реторта с подачей воздуха и шлакообразующая реторта с подачей кислорода [12].

Примером осуществления пиролизного процесса с подачей воздуха является метод «Torgax», разработанный в США [12].

«Твердые бытовые отходы загружаются в газификатор, представляющий собой вертикальную шахтную печь, в которой отходы и горячие газы движутся в противотоке. Верхняя часть спускаемых твердых отходов служит практически естественным закрытием, препятствующим поступлению воздуха сквозь открытый верх реактора. Герметичное и равномерное разложение органической составляющей сырья в зоне пиролиза осуществляется без доступа свободного кислорода за счет тепла восходящего потока горячих газов из зоны первичного горения и плавления. Подогрев воздуха реализуется в специальном подогревателе за счет тепла дымовых газов, образующихся в камере сжигания газообразных продуктов пиролиза; на эти цели тратится около 10-15% энергии, полученной в результате пиролиза бытовых отходов. Образующийся в процессе расплавленный шлак непрерывно выводится через герметичную ловушку в охлаждаемый водой резервуар, где образуется черный стерильный гранулированный остаток. В результате такой переработки объем бытовых отходов уменьшается на 95%» [12].

Шведская фирма «MotalaVerkstad» применила установку пиролиза, оборудованную двухступенчатым газогенератором с вращающейся колосниковой решеткой в нижней части аппарата, через которую подается смесь пара и воздуха [12]. «Отходы без предварительной обработки и сортировки поступают из приемной станции, оборудованной специальным разгрузочным устройством в реактор с помощью закрытого транспортера. Из отдельной емкости в газогенератор подается топливо - уголь. Отходы, опускаясь вниз, последовательно проходят зоны сушки и пиролиза. Углеродистая часть твердого остатка затем подвергается восстановлению

водяным паром с образованием тепла, необходимого для осуществления процесса. Образовавшийся шлам охлаждается паровоздушной смесью и с при помощи вращающейся колосниковой решетки сквозь водяной затвор выгружается из газогенератора на транспортировочную ленту. Образующийся в процессе работы газ выводится из верхней и центральной частей реактора. После охлаждения, выделения смолы и воды, очистки от пыли оба газовых потока объединяются. Установка, которая эксплуатируется в Швеции с 1976 г. рассчитана на переработку смеси, состоящей из 73% бытовых отходов, 7% резиновых отходов и 20% каменного угля. Ожидалось, что мощность установки по отходам достигнет 100т в сутки, однако, в настоящее время она еще не превышает 50 т в сутки» [12].

Ряд отечественных и зарубежных компаний предлагают оборудование, представляющее собой линии по сортировке коммунальных и строительных отходов. К наиболее известным зарубежным образцам можно отнести оборудование фирмы «Doppstadt» (Германия) или его итальянский аналог [12]. «Основным недостатком этих линий является отсутствие в составе оборудования поста механической обработки отходов – сепараторной установки, играющей значительную роль в организации непрерывного сортировочного процесса и обеспечивающей порционную подачу отходов, «очищенных» от мелких не утилизируемых примесей, на сортировочные посты. Кроме того, данные линии рассчитаны для приема однородного мусора, так называемых классифицированных отходов, с целью их более глубокой сортировки по сортам, к примеру: первоначально подаются отходы, содержащие только бумагу, картон, далее только отходы, состоящие из пластика и полимерной пленки и т.д. Однако, данное оборудование имеет существенный недостаток при эксплуатации - высокая цена оборудования и «негибкая» компоновка, что не всегда позволяет «вписать» сортировочную линию в уже существующее помещение, оборудованное готовыми коммуникационными системами» [12].

Подводя итог вышесказанному, можно сделать вывод, что использование такого метода как пиролиз, и пиролизных установок, имеет такие достоинства как возможность получения тепловой энергии, максимальное извлечение ценных компонентов, значительное уменьшение объемов остатков, которые подлежат захоронению.

Известен способ сортировки и переработки городских ТБО, включающий раздельное удаление отходов из жилого и нежилого сектора города, ручную и механизированную сортировку отходов нежилого сектора и уплотнение хвостов сортировки совместно с отходами жилого сектора города [18].

Указанный способ имеет два основных недостатка:

- «отсутствует раздельная сортировка отходов жилого и нежилого сектора города, что не обеспечивает комплексного использования ТБО как техногенного сырья;

- переработка методом уплотнения остатков сортировки отходов нежилого сектора города попеременно с отходами жилого сектора города не способствует решению задач материальной и энергетической утилизации отходов, их обезвреживания и уменьшение объема количества отходов, направляемых на захоронение» [18].

Наиболее родственным по технической сущности и достигаемому в конечном итоге результату является комплексная переработка ТБО, предусматривающая предварительную сортировку отходов с извлечением ценных компонентов, полупродуктов (обогащенных фракций) и хвостов, с последующей переработкой полупродуктов термическим и биотермическим методами [19].

Основные «недостатки указанного способа переработки всей массы образующихся твердых бытовых отходов, без их разделения на жилой и нежилой сектор:

- отсутствует раздельная сортировка отходов жилого и нежилого сектора города, что не обеспечивает комплексного использования ТБО как

техногенного сырья;

- значительная утеря на стадии предварительной сортировки многих ценных компонентов (извлекаются только металлы, выделение и практическое использование других ценных компонентов затруднено вследствие их сильной загрязненности при сортировке всей массы образующихся ТБО);

- пониженная эффективность механизированной сортировки, особенно грохочения ТБО, вследствие присутствия крупных волокнистых и пленочных компонентов (отверстия грохотов забиваются, выход подрешетного продукта снижается);

- пониженная эффективность выделения (удаления) из ТБО опасных и некоторых балластных компонентов (например, отработанных сухих гальваноэлементов), что снижает экологичность как термической, так и биотермической обработки обогащенных фракций ТБО вследствие загрязнения отходящих газов и компоста (в первую очередь тяжелыми металлами).

Технической задачей изобретения является повышение эффективности сортировки и переработки городских ТБО и минимизация количества отходов, направляемых на захоронение» [19].

«Поставленная техническая задача решается таким образом, что «в способе переработки городских ТБО, включающем их сортировку, термическую и биотермическую обработку продуктов сортировки, сортировке подвергают отдельно отходы жилого и нежилого сектора города с получением ценных компонентов, полупродуктов и хвостов, при этом отходы жилого сектора города подвергают последовательно магнитной сепарации с выделением в магнитную фракцию черных металлов, сепарации немагнитной фракции с выделением волокнистых и пленочных компонентов, первичному грохочению хвостов сепарации с получением подрешетного и надрешетного продукта, аэросепарации подрешетного продукта с выделением легкой и тяжелой фракций, магнитной сепарации

тяжелой фракции с доизвлечением черных металлов, электродинамической сепарации немагнитной фракции с извлечением цветных металлов, вторичному грохочению хвостов электродинамической сепарации с выделением подрешетного и надрешетного продукта. При этом из надрешетного продукта первичного грохочения методом ручной сортировки выделяют ценные компоненты (вторсырье) и опасные и баластные компоненты. Кроме того, подрешетный продукт вторичного грохочения направляют на биотермическую обработку, причем выделяют из этого продукта класс - 60 +40 мм (извлечение опасных компонентов). При этом волокнистые и пленочные компоненты, легкую фракцию аэросепарации, надрешетные продукты первичного и вторичного грохочения направляют на термическую обработку» [19].

Следующее описываемое изобретение разработано и запатентовано российскими специалистами и относится к способу переработки твердых отходов муниципальной, промышленной и других отраслей промышленности, содержащих органические материалы и вещества [20]. Этот способ переработки бытовых коммунальных и промышленных отходов представляет собой последовательность процедур: «загрузка отходов с предварительной их сепарацией путем разделения по видам веществ - стекло, бетон, керамика и металл; сушка с частичным методом пиролиза органических веществ в печи; перемешивание переработанной массы отходов с последующим повторным пиролизом. Движущийся и циркулирующий технологический газ, выходящий из пиролизной печи, очищается в газоочистителях, и разделяется на топливный газ, подаваемый как в метановый конвертер, так и в котел-утилизатор, при производстве восстановительного газа с частичным добавлением природного газа и кислорода. Выхлопные газы из котла-утилизатора очищаются в адсорбере при контакте с таким веществом, как мелкозернистая известь. Таким образом, в результате данного способа восстановительные газы могут быть отправлены в качестве синтез-газа в производство метанола, диметилового

эфира этила, моторного топлива и др. продуктов» [20].

В результате проводимых исследований специалистами была установлена возможность оптимизации комплексной переработки твердых коммунальных отходов на основе раздельного обогащения отходов жилого и нежилого сектора города, что позволяет значительно повысить извлечение ценных компонентов, исключить и удалить опасные компоненты, выделить из общей массы отходов жилого сектора горючую и биоразлагаемую фракции соответственно для последующей термической и биотермической обработки, а из отходов нежилого сектора - хвосты для последующей термической обработки [21]. При этом «твердые отходы жилого сектора города подвергают последовательной магнитной сепарации с целью выделения ценных компонентов, удаления опасных, вредных и балластных, компонентов и выделения полупродуктов (горючей и биоразлагаемой фракции) с выделением в магнитную фракцию черных металлов, сепарации немагнитной фракции с выделением волокнистых и пленочных компонентов, первичному грохочению хвостов сепарации волокнистых и пленочных компонентов с получением подрешетного и надрешетного продукта, аэросепарации подрешетного продукта с выделением легкой и тяжелой фракций, магнитной сепарации тяжелой фракции с доизвлечением черных металлов, электродинамической сепарации немагнитной фракции с извлечением цветных металлов, вторичному грохочению хвостов электродинамической сепарации с выделением подрешетного и надрешетного продукта. При этом из надрешетного продукта первичного грохочения методом ручной сортировки выделяют ценные компоненты (вторичное сырье) и опасные и балластные компоненты. Кроме того, подрешетный продукт вторичного грохочения направляют на биотермическую обработку, причем выделяют из этого продукта класс - 60 +40 мм (извлечение опасных компонентов). При этом волокнистые и пленочные компоненты, легкую фракцию аэросепарации, надрешетные продукты первичного и вторичного грохочения направляют на термическую

обработку» [21].

Примером конкретной реализации описываемого изобретения является описание ниже.

Исследования проводились на пробах ТБО из жилого сектора города.

«Из отходов жилого сектора города, транспортируемых ленточными конвейерами со ступенчатым увеличением скорости транспортируемого потока (с целью обеспечения монослойной подачи отходов в процесс сортировки), с помощью магнитной сепарации извлекают черные металлы (1-я стадия магнитной сепарации). Магнитный продукт очищается в магнитном поле с целью получения продукта нужной кондиции. Немагнитная фракция из потока ТБО подвергается сепарации для извлечения методом накалывания волокнистых (текстильных) и пленочных компонентов, которые далее направляются на термическую обработку; хвосты этой сепарации подвергаются грохочению по классу 250 мм. Класс + 250 мм направляется на термообработку, класс - 250 мм подвергается воздушной сепарации с выделением легкой и тяжелой фракции. Легкая фракция направляется на термическую обработку, из тяжелой фракции аэросепарации с помощью магнитной сепарации дополнительно извлекают черные металлы (2-я стадия магнитной сепарации); магнитный продукт подвергается перечистке в магнитном поле.

Хвосты магнитной сепарации подвергаются двухстадийной электродинамической сепарации с целью извлечения цветных металлов. Хвосты электродинамической сепарации подвергаются грохочению по классу $60 \overset{\pm}{\sim} 100$ мм с целью выделения в подрешетном продукте биоразлагаемой фракции для биотермической обработки; надрешетный продукт направляется на термическую обработку.

Эксперименты показали, что своевременное извлечение из потока ТБО волокнистых и пленочных компонентов предотвращает забивание подъемно-транспортного тракта и установленных в линии сортирующих

устройств, существенно оптимизирует операцию грохочения ТБО (эффективность разделения ТБО по крупности возрастает на 8-10 %)» [21].

Таким образом, описываемый способ позволяет, на основе предварительной раздельной сортировки и переработки отходов жилого и нежилого сектора города, выделить ценные компоненты, полупродукты оптимального состава с наименьшими затратами и без отрицательного экологического влияния. «Удельные капитальные затраты на реализацию описываемого способа составляют 300 долл./т, что в два раза ниже по сравнению с прототипом (600 долл./т)» [21].

Далее рассмотрим еще один способ обогащения и переработки твердых коммунальных отходов [22].

Ниже описываемое изобретение относится к области переработки твердых коммунальных отходов и может быть использовано в установках заводов и комплексов для их комплексной переработки и обогащения.

«Способ заключается в сортировке твердых коммунальных отходов в зависимости от размера материалов с выделением биоразлагаемой фракции крупностью от -60 до -100 мм, которую подвергают гравитационной сепарации в водной среде. При этом концентрат гравитационной сепарации последовательно подвергают термообработке, первичному дроблению в дробилке, действие которого можно охарактеризовать как ударно – режущего характера, грохочению продукта первичного дробления с выделением подрешетного и надрешетного продукта, сушке подрешетного продукта и его вторичному дроблению предпочтительно в валковой дробилке, грохочению продукта вторичного дробления с выделением подрешетного и надрешетного продукта, дроблению третьей стадии подрешетного продукта в валковой дробилке, раздельному грохочению продуктов дробления третьей стадии с выделением надрешетных продуктов и объединением выделенных подрешетных продуктов в биоразлагаемую фракцию» [22].

Данный способ оказывает повышение эффективности обогащения и

переработки твердых коммунальных отходов, снижение расходов на переработку ТБО при непрерывном режиме работы.

Данное изобретение относится к области переработки твердых коммунальных отходов и может быть использовано в установках для их комплексной переработки и обогащения в городах Российской Федерации.

Одним из основных ценных компонентов, попадающих в коммунальные отходы, являются пищевые и растительные остатки, так называемая биоразлагаемая фракция.

Многоквартирные дома, частный жилой сектор, предприятия питания и торговли являются основными поставщиками отходов, в которых пищевые и растительные компоненты составляют значительную часть от объема отходов.

Коммунальные отходы по содержанию в них пищевой фракции можно рассматривать как значительный источник сырья для получения специфических продуктов, которые пригодны для использования в сельском хозяйстве, животноводстве и других отраслях.

Биоразлагаемые отходы концентрируются в двух видах коммунальных отходов: в твердых бытовых коммунальных отходах, образуются в домах и в отходах кухонь и предприятий общественного питания.

Однако, в России значительная часть пищевых и растительных отходов, попадающих в ТБО, вывозится на захоронение на полигоны или сжигается. Например, в г. Москва при годовом количестве образующихся ТБО «около 4 млн т на долю пищевой фракции приходится до 1 млн т» [6]. Попадая в мусоросжигательную печь, пищевая фракция существенно снижает калорийный потенциал сжигаемых отходов и увеличивает выход недожога; попадая на объекты захоронения, биоразлагаемые отходы увеличивают неконтролируемый выход биогаза, относящегося к парниковым.

Для утилизации биоразлагаемых органических отходов в сельском

хозяйстве или животноводстве требуется их обязательное глубокое обогащение, поскольку даже часть селективного сбора пищевых и растительных отходов содержит большое число посторонних примесей, таких как стекло, текстиль, керамика, пластмассы, металлы, кожа, резина и др. Универсальная и оптимальная технология очистки пищевой фракции от примесей должна быть рассчитана на вовлечение в переработку наиболее сложного сырьевого объекта - ТБО и концентрацию пищевой фракции в самостоятельном продукте, пригодном для хранения, транспортировки и дальнейшего использования либо переработки [22].

«Пищевая фракция ТБО концентрируется в нижнем продукте грохочения по классу 60-100 мм. Содержание пищевых и растительных отходов в нижнем продукте грохочения, независимо от размера отверстия грохота (в пределах 60-400 мм) составляет 60-65%. Для утилизации такого продукта необходимо решение технической задачи удаления из него механических примесей, сведя к минимуму потери пищевой фракции.

Основные механические примеси в классе -60(-100) мм: стекло (12-15%), кости (до 2,5%), пластмассы (1-2%), макулатура (1-2%), камни (0,8%), черные и цветные металлы (по 0,2%), кожа и резина (до 0,2%), текстиль (0,2-0,4%); до 15% примесей представлено прочими компонентами и так называемым отсевом (класс -20 мм, состоящий на 30% из биоразлагаемых компонентов)» [22].

Известен способ комплексной переработки ТБО, предусматривающий предварительную сортировку отходов с выделением биоразлагаемой фракции крупностью от -60 до -100 мм, подвергаемую биотермической обработке с получением продукта ферментации, из которого выделяют грохочением опасные компоненты крупностью -60+40 мм и фракцию +60 мм, подвергаемую термической переработке [23].

Основные недостатки известного способа переработки ТБО без глубокой очистки от примесей биоразлагаемой фракции:

- «крайне низкая экологичность биотермической обработки

обогащенных фракций ТБО вследствие загрязнения продукта ферментации тяжелыми металлами и механическими примесями (стекло, керамика, камни, пластмассы, текстиль и др.);

- область применения продукта ферментации ограничена его использованием в технологии захоронения отходов (пересыпной материал);

- большие потери полезного компонента при выделении фракции - 60+40 мм из продукта ферментации.

Полученный при обогащении фракции ТБО крупностью -100(-60) мм продукт, характеризующийся весьма высоким содержанием биоразлагаемых органических компонентов (около 99%) и представляющий собой однородную сухую биомассу, способную к длительному хранению в обычных условиях, наиболее целесообразно использовать в производстве биогумуса методом вермикомпостирования (ускоренное компостирование биоразлагаемых органических отходов с помощью популяции дождевого червя «Старатель», компостного дождевого червя)» [23].

Биогумус - относительно ценное удобрение, содержащее до 50% гуминовых кислот, применение которого в сельском хозяйстве существенно повышает плодородие почв, повышает содержание в овощах и фруктах витаминов, повышает урожайность всех культур; гуминовые кислоты связывают тяжелые металлы, предотвращая их попадание в растения; применение биогумуса соответствует принципам экологического земледелия. Однако, отобранную из общего потока твердых коммунальных отходов пищевую группу компонентов нельзя использовать в качестве корма для скота (в Италии зафиксированы случаи отравления крупного рогатого скота кормами, полученными из ТБО при их обогащении на заводах). Исходным сырьем для производства корма для скота могут служить только собранные у населения и в местах общественного питания пищевые и растительные отходы, которые при обогащении предлагаемым способом позволят получить высококачественный готовый сухой корм. Предлагаемый способ сортировки и переработки биоразлагаемой фракции

является универсальным, он отработан на наиболее сложном объекте сортировки и переработки - ТБО (причем содержание механических примесей, для выявления возможностей технологии, искусственно увеличивалось до 50%), рассчитан на сохранение в новом продукте основных элементов питания (жир, протеин, клетчатка), поэтому его применение для сортировки и переработки селективно собранных пищевых и растительных отходов (легкообогатимых по сравнению с ТБО) делает оправданным создание в РФ системы их селективного сбора и имеет большое социальное и экономическое значение.

Как разновидность компостирования также существует аэробное компостирование, при помощи кислорода, однако данный процесс занимает больше времени [25]. Одним из наиболее опасных материалов, которые встречаются в массе твердых коммунальных отходов, это люминесцентные лампы, которые очень химически опасные.

Далее рассмотрим установку для утилизации люминесцентных ламп российских авторов [26]. Изобретение относится к установкам для утилизации люминесцентных ламп. Заявленным техническим результатом является повышение эффективности, а также энерго- и ресурсосбережения переработки лома и очистки газов.

«Установка для утилизации люминесцентных ламп содержит два блока.

Первый блок содержит устройство для разделения ламп, включающее узел загрузки, пневмовибрационный сепаратор с дробилкой и циклоном, бункер для сбора измельченного стекла ламп, контейнер для приема цоколей ламп, контейнер для люминофора.

Второй блок выполнен в виде многоступенчатой системы очистки отходящих газов, включающей рукавный фильтр, адсорберы, газодувку с компрессором, который создает в установке разрежение от 5...8 кПа в зоне загрузки ламп и до 19...23 кПа - перед газодувкой, что исключает вероятность пылегазовых выбросов в производственное помещение. Кроме того, установка оборудована последовательной системой очистки

пылегазовых выбросов, включающей циклон, рукавные фильтры, рабочий адсорбер, работающий на активированном угле, что позволяет снизить содержание ртути в отходящих газах до уровня менее $0,0001 \text{ мг/м}^3$. 1 ил.

Раздельный сбор и переработка ртутьсодержащих отходов потребления не только способствует снижению уровня загрязнения среды обитания ртутью, но и увеличивает экологическую безопасность и экономическую эффективность утилизации основной массы отходов, образующихся в городах.

Ртуть является составной частью газоразрядных люминесцентных ламп, в которых свечение создается от электрического разряда в парах металла или в смеси газа и пара. Ртутные лампы широко используются для освещения улиц, жилых, общественных и промышленных помещений, местного освещения, в медицинских и оздоровительных целях, в прожекторных установках, светокопировальных аппаратах, сельскохозяйственных объектах. В общем случае можно различить два основных типа ртутных ламп: лампы, в которые входит металлическая (жидкая) ртуть, и амальгамные лампы, в которых жидкая ртуть заменяется амальгамой.

Наиболее близким техническим решением к заявляемому объекту является утилизатор по патенту РФ №2178214, С02В 1/10, содержащий два блока: первый - блок разделения ламп; второй - блок многоступенчатой системы очистки отходящих газов (прототип).

Недостатком известного устройства является сравнительно невысокая степень ресурсосбережения и очистки газов.

Технический результат - повышение эффективности и энергоресурсосбережения переработки лома и очистки газов.

Это достигается тем, что в установке для утилизации люминесцентных ламп, содержащей два блока: первый - блок разделения ламп; второй - блок многоступенчатой системы очистки отходящих газов, первый блок содержит устройство для разделения ламп, включающее узел загрузки,

пневмовибрационный сепаратор с дробилкой и циклоном, бункер для сбора измельченного стекла ламп, контейнер для приема цоколей ламп, контейнер для люминофора; а второй блок выполнен в виде многоступенчатой системы очистки отходящих газов, включающей рукавный фильтр, адсорберы, газодувку с компрессором, который создает в установке разряжение от 5...8 кПа в зоне загрузки ламп и до 19...23 кПа - перед газодувкой, что исключает вероятность пылегазовых выбросов в производственное помещение, при этом установка оборудована последовательной системой очистки пылегазовых выбросов, включающей циклон, рукавные фильтры, рабочий адсорбер, работающий на активированном угле, что позволяет снизить содержание ртути в отходящих газах до уровня менее 0,0001 мг/м³» [26].

Установка для утилизации люминесцентных ламп состоит из двух основных блоков [26]: первый блок - устройство для разделения ламп, включающее узел загрузки, пневмовибрационный сепаратор с дробилкой и циклоном, бункер для сбора измельченного стекла ламп, контейнер для приема цоколей ламп, контейнер для люминофора; второй блок - многоступенчатая система очистки отходящих газов, включающая рукавный фильтр, адсорберы, газодувку с компрессором. Компрессор создает в установке разряжение (от 5...8 кПа в зоне загрузки ламп и до 19...23 кПа перед газодувкой), что практически исключает вероятность пылегазовых выбросов в производственное помещение. Установка оборудована последовательной системой очистки пылегазовых выбросов, включающей циклон (эффективность очистки 95...97%), рукавные фильтры (99,96%), рабочий адсорбер (с активированным углем), что позволяет практически полностью улавливать пыль люминофора и снизить содержание ртути в отходящих газах до уровня менее 0,0001 мг/м³.

Установка для утилизации люминесцентных ламп работает следующим образом. «Исследования, выполненные в последнее время за рубежом и в России, показали, что не менее 95...97% ртути в лампе, бывшей в

эксплуатации, связано с люминофором и лишь 3...5% - со стеклом и прочими ее деталями. Установлено, что люминофор в отработанной лампе является своеобразным барьером для ртути и депонирует ее в разнообразных формах, определенная часть из которых достаточно прочно связывается с веществом и удаляется из люминофора лишь при очень высоких температурах ($>450^{\circ}\text{C}$). Такое поведение ртути объясняется электрохимическими эффектами и наличием плазмы «ртуть/разряженный газ» в колбе работающей лампы. Эти исследования были положены в основу разработки принципиально новых способов обезвреживания люминесцентных ламп, основанных на использовании «сухих» и «холодных» технологических процессов, главной целью которых является максимально полное выделение из лампы люминофора - основного носителя ртути.

Лом из ламп поступает на предприятие в специальных оборотных транспортных контейнерах и направляется в узел загрузки и через ускорительную трубу за счет высокого разряжения непрерывно подается в сепаратор с дробилкой, где измельчаются до крупности стекла менее 8 мм. Отделение стекла от люминофора производится за счет выдувания его в противоточно движущейся системе «стеклобой-воздух» в условиях вибрации. Эта технология базируется на холодном и сухом процессе дробления и сепарации изделий в системе с пониженным давлением, которое создается специальным компрессором. Перерабатываемая лампа разделяется на металлические цоколи, которые поступают в контейнер для приема цоколей ламп; измельченное стекло, поступающее в бункер для сбора измельченного стекла; ртутьсодержащий люминофор, также отправляемый в контейнер для люминофора.

Очищенное от люминофора стекло поступает в бункер-накопитель. Цоколи отделяются от стекла на вибрирующей решетке и поступают в специальный сборник (на чертеже не показано), который после заполнения направляется в демеркуризационно-отжиговую электрическую печь (на

чертеже не показано), где цоколи демеркуризируются. Отходящие газы указанной печи отводятся в существующую систему очистки.

Основная масса люминофора (95...97%) улавливается в циклоне и аккумулируется в удобных для транспортировки металлических емкостях-бочках с полиэтиленовым мешком-вкладышем и герметичной крышкой (на чертеже не показано). Неуловленный в циклоне люминофор осаждается в приемнике рукавного фильтра и затем упаковывается в такие же емкости. Ртутьсодержащий люминофор отправляется на переработку на специализированные предприятия (для выделения металлической ртути); а очищенные от ртути измельченное стекло и цоколи используются как вторичное сырье. Установка позволяет вместе с люминофором извлекать из каждой лампы не менее 95...97% содержащейся в ней ртути, при этом подавляющая часть оставшейся ртути аккумулируется в рабочем адсорбере на активированном угле, импрегнированного серой (на чертеже не показано).

Установка для утилизации люминесцентных ламп, содержащая два блока: первый - блок разделения ламп; второй - блок многоступенчатой системы очистки отходящих газов, отличающаяся тем, что первый блок содержит устройство для разделения ламп, включающее узел загрузки, пневмовибрационный сепаратор с дробилкой и циклоном, бункер для сбора измельченного стекла ламп, контейнер для приема цоколей ламп, контейнер для люминофора; второй блок выполнен в виде многоступенчатой системы очистки отходящих газов, включающей рукавный фильтр, адсорберы, газодувку с компрессором, который создает в установке разрежение от 5...8 кПа в зоне загрузки ламп и до 19...23 кПа - перед газодувкой, что исключает вероятность пылегазовых выбросов в производственное помещение, при этом установка оборудована последовательной системой очистки пылегазовых выбросов, включающей циклон, рукавные фильтры, рабочий адсорбер, работающий на активированном угле, что позволяет снизить содержание ртути в отходящих газах до уровня менее 0,0001 мг/м³»

[26].

Также рассмотрим систему сортировки твердых бытовых отходов российских авторов Паршаковой С.В., Коротаева В.Н. и др [27].

«Изобретение относится к области природоохранительной деятельности, экологии и коммунального хозяйства и предназначено для сортировки твердых отходов производства и потребления с целью извлечения вторичного сырья. Система сортировки твердых бытовых отходов включает подающий и выводящий конвейеры, вращающийся сортировочный стол, выполненный в виде кругового усеченного конуса с шероховатой боковой поверхностью, радиальными порогами и выступом. Радиальные пороги боковой поверхности сортировочного стола выполнены разновысотными и расположены на одинаковом расстоянии друг от друга, равном 9-11 см. Высота порогов выполнена равномерно увеличивающейся от центра к периферии с 1-2 до 10-12 см. Система снабжена двумя подвесными магнитными сепараторами, двумя ленточными электродинамическими сепараторами и механической дробилкой. Технический результат - повышение эффективности и качества сортировки твердых бытовых отходов.

Изобретение относится к области природоохранительной деятельности, экологии и коммунального хозяйства и предназначено для сортировки твердых отходов производства и потребления с целью извлечения вторичного сырья.

Известно устройство для сортировки смешанных отходов, включающее подающий, разгонный и выводящий ленточный конвейеры (ЕР 1023945, опубл. 02.08.2000 г.). Над разгонным конвейером расположено устройство оптического распознавания, связанное с компьютерными средствами оценки. На участке падения отходов с конвейерной ленты расположены выдувающие сопла, связанные с компрессором и управляемые средствами оценки. Напротив выдувающих сопел установлены бункеры для каждого вида отходов.

Однако, известное устройство не предусматривает предварительную сортировку отходов. Кроме того, устройство требует для своего размещения больших производственных площадей и сложно по конструкции.

Наиболее близким к описываемой установке является система для сортировки смешанных отходов, которая включает подающий и выводящий ленточные конвейеры, сортировочный стол, подключенный к электродвигателю» [27].

Описание работы системы сортировки российских авторов следующее: «сортировочный стол выполнен в виде кругового усеченного конуса с шероховатой боковой поверхностью, длина которой составляет 0,5-1,5 м, а угол наклона к основанию 15-45°. Боковая поверхность конуса является рабочей поверхностью сортировочного стола и выполнена с перфорацией в виде сот. Боковая поверхность оборудована радиально расположенными порогами, а в нижней части - выступом, равным 10-20 см, предотвращающим падение отходов с сортировочного стола. Под рабочей поверхностью сортировочного стола по всей ее ширине расположены связанные с компрессором выдувающие сопла, установленные рядами от 5 до 25 перпендикулярно к рабочей поверхности и управляемые компьютерными средствами оценки. Напротив выдувающих сопел по всей длине окружности сортировочного стола расположены не менее 5 бункеров для каждого вида отходов.

Недостатком известной системы является то, что рабочая поверхность сортировочного стола оснащена порогами, имеющими одинаковую высоту, что способствует сползанию или задерживанию отходов под действием центробежных сил, возникающих в процессе вращения стола, и образованию завалов в верхней части и пустотам в нижней части сортировочного стола, т.е. ведет к неравномерному распределению отходов на боковой поверхности стола, что существенно снижает качество сортировки.

Технический результат заключается в создании системы сортировки твердых бытовых отходов, которая обеспечивает качественную сортировку за счет равномерного распределения размельченных отходов по рабочей поверхности сортировочного стола.

В предлагаемой системе сортировки твердых бытовых отходов, включающей подающий и выводящий конвейеры, вращающийся сортировочный стол, выполненный в виде кругового усеченного конуса с шероховатой рабочей боковой поверхностью, радиальными порогами и выступом, согласно п. 1 формулы, радиальные пороги боковой поверхности сортировочного стола выполнены разновысотными и расположены на одинаковом расстоянии друг от друга, равном 9-11 см, при этом высоты порогов выполнены равномерно увеличивающимся от центра к периферии с 1-2 до 10-12 см.

Выполнение радиальных порогов боковой поверхности сортировочного стола разновысотными и расположенными на одинаковом расстоянии друг от друга, равном 9-11 см, а высоты порогов - равномерно увеличивающимися от центра к периферии с 1-2 до 10-12 см позволяет равномерно распределять отходы по рабочей боковой поверхности стола и предотвращать скатывание или задержание отходов при вращении сортировочного стола.

Система может быть снабжена двумя подвесными магнитными сепараторами, двумя ленточными электродинамическими сепараторами и механической дробилкой, которые служат для отделения металлических компонентов как магнитных (на основе железа), так и немагнитных (цветные металлы и сплавы). Магнитные сепараторы, электродинамические сепараторы и механические дробилки предназначены для исключения крупных и средних металлических компонентов из сортируемых отходов, измельчения отходов и вторичного удаления металлосодержащих частиц из отходов, которые затем поступают на переработку. Такая обработка отходов

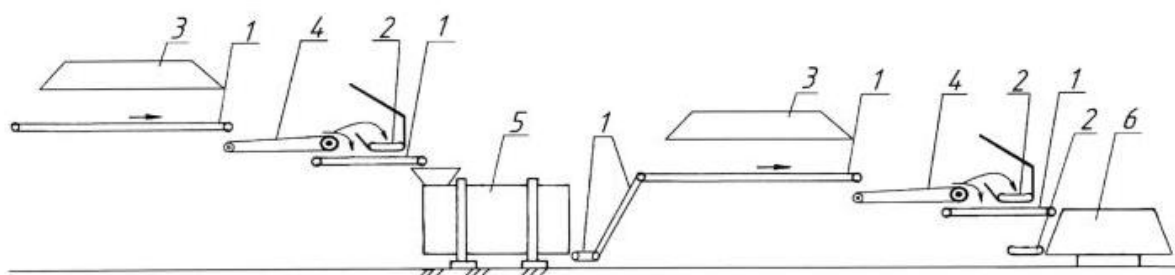
позволяет измельчать их до однородного состояния и извлекать металлы перед их подачей на сортировочный стол.

Расстояние между радиальными порогами боковой поверхности сортировочного стола составляет 9-11 см. Это позволяет удерживать измельченные отходы, не давая им скатываться вниз. Если длина будет менее 9 см, то эффективность порогов будет оставаться на том же уровне, если же длина будет превышать 11 см, то вероятность скатывания мелких отходов при увеличении скорости вращения стола будет выше.

Пороги по высоте целесообразно выполнять разновысотными и равномерно увеличивающимися по высоте от центра к периферии с 1-2 до 10-12 см, например 1, 3, 5, 7, 11 см. Высота порога менее 1 см не будет эффективной, а высота последнего порога более 12 см будет нецелесообразной, т.к. выступ, следующий за ним, будет составлять порядка 20 см.

Устройство для сортировки смешанных отходов включает подающие и выводящие конвейеры, по которым происходит передача ТБО, магнитный сепаратор, электродинамический сепаратор, дробилку и сортировочный стол, т.е. происходит последовательная обработка ТБО и разделение по видам отходов» [27].

Данное устройство проиллюстрировано на рисунке 5 [27].



1 – подающий конвейер, 2 – выводящий конвейер, магнитный сепаратор, 4 – ленточный электродинамический сепаратор, 5 – дробилка, 6 – сортировочный стол

Рисунок 5 – Устройство для сортировки смешанных отходов

Данная система работает следующим образом [27].

«Твердые смешанные бытовые отходы подаются по ленточному конвейеру со скоростью 0,6 м/с, проходят под подвесным вращающимся магнитным сепаратором, где осуществляется извлечение магнитных железосодержащих компонентов. Далее отходы поступают на ленточный электродинамический сепаратор для извлечения компонентов из цветных немагнитных сплавов, которые подаются в выводящий ленточный конвейер. Затем частично очищенные отходы поступают на дробилку, в которой их измельчают до заданной однородности. Далее отходы подаются на ленточный конвейер, перемещаются на нем со скоростью 0,8 м/с и вновь подвергаются магнитной и электродинамической сепарации для извлечения остаточных металлических компонентов. Очищенные отходы подаются на сортировочный стол. Равномерное распределение отходов на сортировочном столе и повышение эффективности сортировки достигается за счет циклической работы с холостым оборотом стола для стабилизации отходов на нем и осуществления последующей воздушной продувки. Выступ предотвращает падение отходов с сортировочного стола на пол. Радиально расположенные разновысотные пороги предотвращают скатывание или задерживание измельченных отходов в процессе их загрузки и перемещения при вращении сортировочного стола» [27].

Известен способ переработки органических отходов, включающий стадии разделения отходов на жидкую и твердую фракции с последующей термической и механической обработками твердой фракции и дальнейшим использованием ее в качестве готовой продукции, включающий также разделение жидкой фракции на твердые примеси и жидкость [29]. Описанный способ позволяет перерабатывать только органические отходы.

Таким образом, подводя итог вышесказанному, основные принципы установок – это предварительная сортировка отходов за счет процесса

грохочения и разделения таким образом на разные размеры, далее извлечение нужных компонентов.

В странах ЕС уже на протяжении нескольких десятков лет применяется вакуумная система мусороудаления.

Такой европейский опыт обращения с отходами представляет интерес, и может быть предложена для применения в российских городах в качестве экспериментальных установок.

Система вакуумного мусороудаления впервые была внедрена в Швеции в 1961г. [30].

Основными и значительными преимуществами системы вакуумного удаления мусора являются сокращение издержек за счет более тщательного сбора бытового мусора, снижения частоты транспортировок; гигиеничность и отсутствие запаха в следствие постоянной откачки мусора и очищения воздуха, а также возможности включения в инфраструктуру домов и дорог, что позволяет обслуживать несколько зданий параллельно; возможность сортировки отходов.

Описание такой системы следующее: «приемные терминалы могут располагаться на каждом этаже здания. Они представляют собой специальное устройство для приема мусора с крышкой, панелью управления с располагающимися кнопками и вентиляционным экраном для забора воздуха.

Терминалы соединены с магистральным трубопроводом. От агрегатов бытовой мусор и отходы поступают по магистральной системе трубопровода в специальные контейнеры, расположенные на цокольном этаже здания. Время транспортировки мусора от агрегатов в контейнеры составляет около 15 - 20 секунд. Воздух после очистки выводится за пределы помещения.

Турбина с циклоном, фильтрационная установка с воздушными фильтрами и блоком управления находится в отдельном помещении площадью около 6 м² × 3м высотой, на цокольном этаже.

В период ожидания турбина системы находится в постоянном вращении 5 об/мин, таким образом, обеспечивая отсутствие запаха.

Магистральный трубопровод может монтироваться по всей высоте здания.

Контейнеры для приема мусора представляют собой стандартные мусорные контейнеры различного объема, например, от 12 до 22 м³.

Мусор в контейнере уплотняется с помощью стационарных прессов. Вес отходов, уплотненных в контейнере, может составлять от 5 до 8 тонн. Эти же самые контейнеры используются одновременно и для традиционного способа наполнения.

Периодичность опорожнения контейнеров — по мере заполнения, приблизительно два раза в неделю.

Также предусмотрено, что во время отсутствия контейнеров приемные терминалы автоматически блокируются.

Обслуживающий персонал для системы ProVac не требуется, система полностью автоматизирована.

Данная система является эффективной и гигиеничной и способствует экономии, как площади, так и рабочего времени. К данной системе можно подсоединить сортировку удаляемых фракций и тем самым оптимизировать экологию процесса» [30].

С 60-х гг. во многих странах было внедрено и эксплуатируется более 1000 систем автоматического сбора бытовых коммунальных отходов для жилых районов, офисных и торговых центров, спортивных и развлекательных комплексов, больниц, аэропортов и других различных зданий.

Следующий рассмотренный способ утилизации органического сырья представлен ниже.

Согласно описываемому способу получение генераторного газа из растительного сырья происходит в реакторах в течение трех стадий. «На первой стадии производится вертикальная подача топлива, в частности

биомассы в виде растительного сырья, в горизонтальный вихревой поток газозвеси по касательной к стенке реактора, где начинается воздушный пиролиз топлива при температуре 600-700°C, после завершения которого производится газификация топлива (вторая стадия процесса) при температуре 500-600°C путем дополнительной многоструйной подачи воздуха в сужения вихревого потока газозвеси в центральной части реактора при достижении избытка воздуха 0,25-0,42, при этом в зоне газификации расход воздуха превышает в 3-5 раз расход воздуха в зоне пиролиза до зоны сужения вихревого потока газозвеси, после чего газозвесь подлежит дополнительной центральной закрутке при подаче в третью, расширяющуюся стадию процесса, в которой газификация завершается»[24].

Известный способ «реализуется в реакторе, содержащем кожух, в котором с зазором размещен корпус реактора, разделенный на три горизонтальные последовательные для прохода несущего вихревого потока газозвеси вихревые цилиндрические камеры, с отводом газа из последней камеры реактора в осевом направлении, и накопитель золы, причем в качестве первой камеры реактора использован камерный завихритель с тангенциальным вертикальным окном ввода топлива, тангенциальными соплами ввода воздуха, поступающего из зазора между кожухом и корпусом реактора, и соплами водяного пара для паровой конверсии топлива, оснащенными органами регулирования расхода воздуха и водяного пара, причем все сопла размещены горизонтально в нижней части первой вихревой цилиндрической камеры под окном ввода топлива, а в верхней части этой камеры размещены отдельные дополнительные воздушные и паровые сопла коррекции процесса на входе топлива в реактор.

Боковая стенка второй вихревой цилиндрической камеры, диаметр которой меньше диаметра первой вихревой цилиндрической камеры, перфорирована сквозными отверстиями, соединенными с зазором между кожухом и корпусом реактора, на выходе из второй вихревой

цилиндрической камеры размещена третья вихревая цилиндрическая камера кондиционирования газозвеси, имеющая внешний диаметр, превышающий диаметр второй вихревой цилиндрической камеры, и оснащенная окном для выхода газа.

Недостатками известного способа и реактора являются невозможность получения газа относительно стабильного качества и постоянного расхода при использовании топлива переменного качества.

Во-первых, закрутка воздуха в заявленном виде и при заявленных расходах воздуха в первой вихревой цилиндрической камере в большинстве режимов при повышении влажности или зольности топлива не обеспечивает устойчивый пиролиз топлива и работу первой вихревой цилиндрической камеры без ее заноса топливом и золой и даже может вызвать обрыв процесса. Пиролиз затягивался и переходил уже во вторую вихревую цилиндрическую камеру с сужением и интенсификацией газозвеси в ней воздействием многоструйной подачи воздуха.

Во-вторых, в этих режимах газификация начиналась только во второй области и завершалась лишь в третьей области вихревого потока газозвеси при центральной его закрутке, которой было недостаточно для поддержания симметричного вихревого потока газозвеси в третьей области, глубокого выгорания в ней горючих веществ в твердом остатке переработанного топлива, а диапазона воздействия многоструйной системы в сужении вихревого потока газозвеси во второй области не хватало для полного завершения процесса при его управлении в заявленном ранее диапазоне избытков воздуха. Это снижало в реальном аппарате теплотворность генерируемого горючего газа и показало невозможность стабилизировать его качество и расход на выходе из реактора при изменениях качества исходного топлива, что почти всегда имеет место на практике.

В-третьих, одновременно в данной схеме процесса происходило накопление золы переработанного топлива внизу третьей вихревой цилиндрической камеры, вызывая на выходе из нее повышение

механической неполноты сгорания топлива (повышение концентраций недогоревших горючих компонентов перерабатываемого топлива), и по мере накопления золы внизу этой камеры приводило к разрушению всего вихревого процесса.

В-четвертых, в процессе газификации очень влажного или зольного топлива не хватало теплоты для начала устойчивого поддержания пиролиза топлива в вихревом потоке газозвеси в первой стадии процесса при ухудшении или колебании качества топлива.

По этим и сходным причинам вихревые реакторы (циклонные и улиточные) пока не нашли широкого промышленного применения для получения надежного коммерческого эффекта.

Задача настоящего изобретения заключается в создании эффективной, экономичной и управляемой вихревой технологии переработки топлива для получения горючих газов путем сжигания и/или газификации твердого и других видов топлива, прежде всего с изменяющимися свойствами, а также биомассы и отходов промышленных или агропромышленных технологий при создании более эффективных вихревых реакторов нового типа.

Поставленная задача достигается за счет того, что в предлагаемом способе переработки топлива для получения горючих газов, заключающемся в том, что сжигают и подвергают вихревой газификации топливо, включающем тангенциальную подачу топлива и воздуха и/или пара для формирования несущего вихревого потока газозвеси, движущегося вдоль оси вращения с последовательным обособлением в нем трех областей, где в первой из них на закрутку подают воздух и/или пар, необходимый для пиролиза, газификации и/или полного сгорания топлива, во второй области вихревого потока газозвеси интенсифицируют смешение воздуха и/или пара с вихревым потоком газозвеси за счет уменьшения поперечного сечения вихревого потока газозвеси и подачи в него воздуха с периферии в виде рассредоточенного струйного радиального вдува, а в третьей области вихревого потока газозвеси производят

увеличение времени пребывания вихревого потока газозвеси путем увеличения его поперечного сечения для завершения процесса газификации и/или горения, причем в первой области вихревого потока газозвеси пиролиз реализуют путем подачи воздуха в количестве от 8-12% от объема воздуха, необходимого для полного сжигания топлива, до 0% при полном замещении воздуха водяным паром, воздух и/или водяной пар вводят в вихревой поток газозвеси для активного перемешивания между собой и с вихревым потоком газозвеси при помощи системы чередующихся струй, а с противоположной струям стороны вихревого потока газозвеси для коррекции процесса пиролиза подают воздух и/или водяной пар перпендикулярно направлению ввода потока топлива, с возможностью регулирования расхода всех струй воздуха и/или водяного пара, во второй области вихревого потока газозвеси для интенсификации смешения и завершения процесса газификации топлива воздух подают с периферии вихревого потока газозвеси к его оси в количестве 18-20% от объема воздуха, необходимого для полного сжигания топлива, или в количестве 28-30% от объема воздуха, необходимого для полного сжигания топлива, в случае замещения всего воздуха водяным паром при закрутке в первой области вихревого потока газозвеси, в третьей области вихревого потока газозвеси осуществляют кондиционирование температуры и состава газозвеси вихревого потока путем дополнительного введения спутно в эту область вихревого потока газозвеси части регулируемых расходов воздуха и/или водяного пара, после чего во вновь введенной четвертой области вихревого потока газозвеси осуществляют стабилизацию расхода и состава газозвеси вихревого потока, образованного в третьей области, путем подачи в эту область тангенциально части воздуха и/или водяного пара, увеличение времени пребывания вихревого потока газозвеси в этой области и сепарацию входящей в состав газозвеси золы на периферии вихревого потока газозвеси для последующего отвода золы из четвертой области вихревого потока газозвеси.

Кроме того, в заявляемом способе при закрутке вихревого потока газозвеси в первой области вихревого потока газозвеси вместе с организацией пиролиза и газификации может быть произведена внутренняя регенерация теплоты процесса путем возврата всей или части неохлажденной золы из четвертой области вихревого потока газозвеси в первую область того же вихревого потока газозвеси для нагрева теплотой этой золы воздуха и топлива при их закрутке в процессе организации пиролиза, с сохранением возможности отвода всей или части золы из четвертой области вихревого потока газозвеси, минуя первую область вихревого потока газозвеси, а для предварительного нагрева воздуха, вводимого в процесс, может быть использована теплота узлов конструкции реактора.

Для осуществления заявленного способа предложен реактор для переработки топлива для получения горючих газов, содержащий кожух, в котором с зазором размещен корпус реактора, разделенный на три горизонтальные последовательные для прохода несущего вихревого потока газозвеси вихревые камеры, с отводом горючего газа из последней вихревой камеры реактора в осевом направлении, и накопитель золы, причем в качестве первой вихревой камеры реактора использован камерный завихритель с тангенциальным вертикальным окном ввода топлива, тангенциальными соплами ввода воздуха, поступающего из зазора между кожухом и корпусом реактора, и соплами ввода водяного пара, оснащенными органами регулирования расхода воздуха и водяного пара, при этом все сопла размещены горизонтально в нижней части первой вихревой камеры под тангенциальным вертикальным окном ввода топлива, а в верхней части этой камеры размещены отдельные дополнительные воздушные и паровые сопла коррекции процесса пиролиза на входе топлива в реактор, к осевому выходному окну первой вихревой камеры пристыкована вторая вихревая камера, поперечный размер которой меньше поперечного размера первой вихревой камеры, боковая поверхность

которой перфорирована сквозными отверстиями, соединенными с зазором между кожухом и корпусом реактора, а на выходе из второй вихревой камеры размещена третья вихревая камера кондиционирования, имеющая поперечный размер, превышающий поперечный размер второй вихревой камеры, последняя вихревая камера оснащена в нижней части окном отвода горючего газа, реактор дополнительно снабжен четвертой вихревой камерой стабилизации расхода и состава газозвеси вихревого потока, поперечные размеры которой соизмеримы с поперечным размером третьей вихревой камеры кондиционирования, при этом сопла ввода воздуха первой вихревой камеры, служащие для создания вихревого потока газозвеси, размещены, чередуясь, равномерно перед осевым выходным окном первой вихревой камеры, а в осевом выходном окне первой вихревой камеры установлена диафрагма, имеющая внизу полукольцевую щель для прохода вихревого потока газозвеси из первой вихревой камеры во вторую, отдельные дополнительные воздушные и паровые сопла коррекции процесса пиролиза в верхней части первой вихревой камеры размещены вблизи тангенциального вертикального окна ввода топлива перпендикулярно направлению ввода топлива на входе в первую вихревую камеру, в верхней части третьей вихревой камеры кондиционирования спутно направлению вращения вихревого потока газозвеси размещены отдельные тангенциальные воздушные и паровые сопла, оснащенные индивидуальными органами регулирования расходов воздуха и водяного пара, а в нижней части третьей вихревой камеры кондиционирования размещен горизонтальный тангенциальный патрубок отвода вихревого потока газозвеси из третьей вихревой камеры кондиционирования, который одновременно является входным тангенциальным патрубком ввода вихревого потока газозвеси в четвертую вихревую камеру стабилизации расхода и состава газозвеси вихревого потока, в верхней части четвертой вихревой камеры стабилизации установлены отдельные горизонтальные тангенциальные сопла ввода части воздуха и/или водяного пара спутно

направлению вращения вихревого потока газозвеси, а в ее торце выполнено окно отвода горючего газа из реактора в осевом направлении, причем в нижней части четвертой вихревой камеры стабилизации имеется патрубок отвода отсепарированной золы в накопитель золы посредством продольного транспортного канала.

Накопитель золы предложенного реактора может быть соединен с первой вихревой камерой транспортным каналом ввода золы в нижнюю часть первой вихревой камеры или отвода золы из нее и выполнен в виде поперечного канала с реверсивной подачей для ввода снизу вверх и/или вывода сверху вниз золы через тангенциальное вертикальное окно форкамеры, встроенной в первую вихревую камеру между ее передним торцом и горизонтальными тангенциальными соплами ввода воздуха и/или водяного пара, причем патрубки отвода отсепарированной золы, накопитель золы и все транспортные каналы золы выполнены теплоизолированными.

Кроме того, накопитель золы может быть снабжен теплоизолированным патрубком отвода золы и/или шлака из реактора на захоронение или утилизацию.

Реактор состоит из первой вихревой камеры, в качестве которой использован камерный завихритель, например циклон, с осевым выходным окном, в котором размещена диафрагма, на входе вихревого потока газозвеси во вторую вихревую цилиндрическую камеру, диаметр которой равен половине поперечного размера первой вихревой камеры, а на выходе из второй вихревой цилиндрической камеры размещена третья вихревая, например цилиндрическая, камера кондиционирования, диаметр которой превышает диаметр второй вихревой цилиндрической камеры. Третья вихревая цилиндрическая камера кондиционирования имеет в нижней части горизонтальный тангенциальный патрубок отвода вихревого потока газозвеси из этой камеры в четвертую вихревую камеру стабилизации расхода и состава газозвеси вихревого потока, который одновременно является входным тангенциальным патрубком ввода вихревого потока

газовзвеси в четвертую вихревую камеру стабилизации, поперечные размеры которой соизмеримы с диаметром третьей вихревой цилиндрической камеры кондиционирования и имеющую в торце окно отвода горючего газа из реактора в осевом направлении, а внизу вертикальный патрубок отвода отсепарированной золы.

Все четыре камеры реактора установлены горизонтально и последовательно для прохода несущего вихревого потока газовзвеси. Реактор заключен во внешний кожух с зазором между кожухом и корпусом реактора.

Первая вихревая камера имеет тангенциальное вертикальное окно ввода твердого или иного топлива.

В нижней части первой вихревой камеры под тангенциальным вертикальным окном ввода топлива перед осевым выходным окном размещены, чередуясь, равномерно горизонтальные тангенциальные сопла ввода воздуха, поступающего из зазора между кожухом и корпусом реактора, на создание вихревого потока, и сопла ввода водяного пара для организации парового пиролиза.

В верхней части первой вихревой камеры вблизи тангенциального вертикального окна ввода топлива перпендикулярно направлению ввода топлива на входе в первую вихревую камеру размещены отдельные дополнительные тангенциальные воздушные сопла и паровые сопла коррекции процесса пиролиза.

Боковая поверхность второй вихревой цилиндрической камеры, крепящейся к первой вихревой камере, равномерно перфорирована горизонтальными сквозными отверстиями, соединенными с зазором между кожухом и корпусом реактора, для ввода воздуха из зазора в вихревой поток газовзвеси внутри второй вихревой цилиндрической камеры.

Диафрагма осевого выходного окна первой вихревой камеры, которое является входным окном второй вихревой цилиндрической камеры, имеет

полукольцевую щель для прохода вихревого потока газозвеси из первой вихревой камеры во вторую вихревую цилиндрическую камеру.

Размеры диафрагмы и полукольцевой щели, как и соотношение поперечных размеров второй вихревой цилиндрической камеры и первой вихревой камеры, оптимизированы экспериментально для равномерного заполнения вихревого потока газозвеси в первой вихревой камере топливом.

Корректирующий ввод воздуха и/или пара в третью вихревую цилиндрическую камеру кондиционирования организован в ее верхней части вертикально дополнительными тангенциальными воздушными соплами и паровыми соплами, спутно направлению вращения вихревого потока.

В верхней части четвертой вихревой камеры стабилизации установлены отдельные горизонтальные тангенциальные сопла ввода части воздуха и сопла ввода части водяного пара спутно направлению вращения вихревого потока газозвеси.

Эти вводы влияют как на состав газозвеси в четвертой вихревой камере стабилизации, так и на предотвращение заноса золой топлива, которая образуется из негорючих минеральных веществ топлива при его пиролизе и газификации, горизонтального тангенциального патрубка отвода вихревого потока газозвеси из третьей вихревой цилиндрической камеры кондиционирования в четвертую вихревую камеру стабилизации.

Сопла всех вводимых в реактор сред во все камеры снабжены органами регулирования расхода воздуха и водяного пара для регулирования процессов во всех стадиях процесса.

В нижней части четвертой вихревой камере стабилизации имеется вертикальный патрубок отвода отсепарированной золы из четвертой вихревой камеры стабилизации в продольный транспортный канал, в качестве которого использован транспортер, на циркуляции золы через реактор или на ее утилизацию, который подает золу в накопитель золы. Из

накопителя золы зола подается на транспортный канал, выполненный в виде поперечного канала с реверсивной подачей, в качестве которого использован транспортер, для подачи золы из накопителя золы в нижнюю часть первой вихревой камеры через тангенциальное вертикальное окно форкамеры, встроенной в первую вихревую камеру между ее передним торцом и горизонтальными тангенциальными соплами ввода воздуха и соплами ввода водяного пара, снизу вверх в первую вихревую камеру на транспорт золы несущим вихревым потоком через весь реактор для возврата части ее теплоты в процесс и для выжигания в золе остатка углерода.

При выключении схемы циркуляции золы в разных режимах работы реактора вся зола процесса или ее часть может выводиться из четвертой вихревой камеры стабилизации и из форкамеры через тангенциальное вертикальное окно транспортерами и в накопитель золы, из которого зола может выгружаться через снабженный запорным органом канал.

Вертикальный патрубок отвода золы из реактора на захоронение или утилизацию, накопитель золы, все транспортные каналы золы реактора и его наружный корпус выполнены теплоизолированными.

Заявляемый процесс включает в себя сначала область пиролиза топлива, его газификации и образования золы, далее - управляемого кондиционирования полученной газозвеси, и в завершении - стабилизации основных ее характеристик с разложением и/или пиролизом в двух последних стадиях высокомолекулярных смол пиролиза и газификации.

Для этого в первую вихревую камеру реактора (первая область вихревого потока газозвеси) подают для реализации пиролиза и начала газификации либо воздух в количестве V_1 не более чем 8-12% от всего объема воздуха, необходимого для полного сгорания топлива, либо водяной пар, деформируя вихревой поток газозвеси при входе во вторую вихревую цилиндрическую камеру так, чтобы обеспечить работу первой вихревой камеры без ее заноса топливом и его золой, а также для повышения интенсивности перемешивания в вихревом потоке во второй вихревой

цилиндрической камере. При этом предусмотрена постоянная или периодическая подача части воздуха и/или пара в верхней части вихревого потока в падающий поток топлива, перпендикулярно ему для поддержания и управления процессом пиролиза.

Во вторую вихревую цилиндрическую камеру (вторую область вихревого потока газозвеси) вводят для осуществления интенсивной газификации либо воздух в количестве V_2 18-20% от всего объема воздуха, необходимого для полного сгорания топлива, в режимах без замещения воздуха паром в первой вихревой камере реактора, либо для полного завершения газификации воздух в количестве V_2 до 28-30% от всего объема воздуха, необходимого для полного сгорания топлива, при замещении воздуха с расходом V_1 водяным паром в первой вихревой камере реактора.

Деформированный особым образом полукольцевой щелью диафрагмы вихревой поток газозвеси на входе во вторую область (вторую вихревую цилиндрическую камеру) для улучшения перемешивания вихревого потока с воздухом V_2 и для восстановления осесимметричности этого вихревого потока подвергается воздействию равномерного рассредоточенного периферийного струйного вдува в виде многоструйной подачи воздуха V_2 . Экспериментально установлено, что такие струйные вдувы воздуха в вихревой поток газозвеси через отдельные горизонтальные сквозные отверстия ввода части воздуха вызывают радикальное усиление турбулентного перемешивания, интенсифицируя этим все процессы в объеме вихревого потока газозвеси, в том числе процессы горения и/или газификации.

Далее, в третьей вихревой цилиндрической камере кондиционирования реактора (в третьей области вихревого потока газозвеси) происходит кондиционирование состава и температуры газозвеси путем задержки времени пребывания вихревого потока газозвеси (на 1-2 секунды) при температуре не выше 600-900°C, с возможностью подачи в эту область небольших объемов воздуха и/или пара для коррекции параметров

газовзвеси и снижения содержания горючих веществ (неполноты сгорания) в золе топлива.

Исследования показали, что при подаче горящего вихревого потока газовзвеси из второй вихревой цилиндрической камеры в третью вихревую цилиндрическую камеру кондиционирования, диаметр которой превышает диаметр второй вихревой цилиндрической камеры, можно на порядок увеличить время пребывания газовзвеси в реакторе - до нескольких секунд. Это обеспечит завершение газификации топлива и может обеспечить разложение и/или пиролиз сажи и части присутствующих в газовзвеси высокомолекулярных смол с высокими температурами кипения - до простых смол с температурами кипения - не выше 120-140°C, а углеродного остатка в золе до конечных продуктов реакций горения - CO и H₂. Подачей в третью вихревую цилиндрическую камеру небольших объемов воздуха или пара можно оперативно влиять на состав газовзвеси и на ее температуру при выходе из третьей области, что установлено экспериментально на моделях реактора с горением и газификацией топлива в ходе опытной огневой переработки топлива. Получено на практике кондиционирование состава газовзвеси при завершении газификации» [24].

«Одновременно для надежного предотвращения заноса третьей вихревой цилиндрической камеры кондиционирования золой топлива выход газвзвеси из нее выполнен не по оси, а тангенциально, в нижней части третьей вихревой цилиндрической камеры кондиционирования через горизонтальный тангенциальный патрубок отвода вихревого потока газовзвеси, который одновременно является входным тангенциальным патрубком ввода вихревого потока газовзвеси в четвертую вихревую камеру стабилизации, где реализуется четвертая стадия заявляемого процесса - стадия стабилизации расхода и состава газовзвеси вихревого потока, образованного в третьей области, и соответственно стабилизации расхода и качества генерируемого горючего газа, который выходит из четвертой вихревой камеры стабилизации традиционно через осевое торцевое окно.

После третьей зоны (третьей вихревой цилиндрической камеры кондиционирования) вихревой поток газозвеси трансформируется во вновь введенную четвертую зону (четвертую вихревую камеру стабилизации), зону стабилизации, что повышает удобство размещения всего процесса в реакторе и, главное, позволяет стабилизировать качество и расход горючего газа на выходе из реактора в комплексе проявлением трех процессов.

Первый из них - использование всегда имеющих место естественных колебаний процесса в четвертой вихревой камере стабилизации в противофазе аналогичным колебаниям в третьей вихревой цилиндрической камере кондиционирования.

Второй - задержка газозвеси в четвертой вихревой камере стабилизации с дополнительным перемешиванием и сглаживанием всех колебаний качества состава газозвеси, температуры и расхода ее на выходе и с возможностью их коррекции вводом в четвертую область воздуха и/или пара.

Третьим, особо важным для зольных или влажных топлив, и главным процессом стабилизации состава и расхода газозвеси является предложенная в заявке управляемая внутренняя регенерация теплоты процесса газификации циркуляцией через вихревой поток всей или части горячей золы из четвертой вихревой камеры стабилизации с возвратом всей золы или ее части в первую область вихревого потока газозвеси (первую вихревую камеру), где идет воспламенение, пиролиз и начало газификации топлива. Теплота возврата золы стабилизирует воспламенение и пиролиз топлива при колебаниях его качества (влажности, зольности, теплоты сгорания). Предложенная рециркуляция золы служит также для выжигания или газификации остатка углерода в золе, возвращаемой из последних областей процесса. Циркулирующая зола перемешивается в реакторе со свежей золой и часть этой смеси выносится из реактора с генерируемым горючим газом, а часть золы можно выводить по линии возврата золы мимо

реактора, чем обеспечивается управляемость регенерации теплоты и качества горючего газа на выходе.

При этом в нижней части четвертой вихревой камеры стабилизации происходит постепенное накопление золы, не вынесенной потоком горючего газа из реактора.

Данная предложенная новая схема содержит не только выжигание содержащихся в золе остатков горючих веществ вместе с использованием теплоты золы для тепловой стабилизации всего процесса организацией циркуляции золы через реактор, но и снижения тепловых потерь при транспорте этой золы.

Установлено, что такая тепловая стабилизация процесса целесообразна, особенно при создании вихревого потока газозвеси вместе с организацией процесса пиролиза. Для этого организована циркуляция всей или части горячей золы через весь реактор. Целесообразно отбирать для циркуляции золу, уловленную в четвертой вихревой камере стабилизации, и возвращать ее неохлажденной в первую вихревую камеру, где идет пиролиз и начало газификации с замещением теплотой золы части теплоты сгорания топлива в этой стадии процесса, потраченной на пиролиз и начало газификации, что повысит производительность реактора по горючему газу и повысит тепловой КПД всего процесса»[24].

«Предусмотрен также отвод избытка циркулирующей золы через накопитель золы, размещенный на линии транспорта золы между последней четвертой вихревой камерой стабилизации и первой вихревой камерой, и, в случае необходимости, предусмотрен отвод золы процесса без циркуляции, выводя золу, например, из четвертой области, наряду с выносом золы реактора с горючим газом.

Организация управляемой циркуляции горячей золы дополнительно стабилизирует качество и расход горючего газа.

В режимах циркуляции золы и с подачей пара на завершение пиролиза смол в последних областях процесса повысится теплота сгорания

генерируемого горючего газа, а также улучшится выгорание углерода в золе с его переходом в горючий газ. Для этого предложено вводить золу в первую вихревую камеру организовать через форкамеру, которая является продолжением переднего торца первой вихревой камеры, формирующей вихревой поток газозвеси. В эту форкамеру естественной циркуляцией поступают горячие газы из первой вихревой камеры, вызывая дополнительный контакт горючих газов с возвратом золы.

Испытания моделей реактора с горением и газификацией в ходе опытной огневой переработки топлива показали, что содержание горючих веществ в золе при внедрении такого решения обычно снижает содержание горючих веществ в золе при газификации биомассы с 3-6% до 1-1,5%, а при газификации сланцев с зольностью до 60-65%, снижает содержание горючих веществ в их золе даже всего лишь до 0,03-0,14%» [24].

«Для дополнительного повышения теплового КПД процесса потери теплоты стенок реактора осуществляют нагрев воздуха, вводимого в процесс. Нагрев воздуха в зависимости от режима, топлива и схемы движения вдоль стенок конструкций наших реакторов достигает 150-250°C. Весь нагретый таким образом воздух предложено вводить в процесс по всем предусмотренным в реакторе каналам.

Решение такой задачи актуально для всех известных газогенераторов. Например, опытно-промышленная газификация биомассы (опила, шелухи зерновых культур) и некондиционных топлив (торфа, углей нестабильного качества) в ряде моделей реактора с горением показала, что могут возникать значительные колебания качества генерируемого горючего газа и его расхода при выходе из реактора из-за реально неконтролируемых произвольных изменений влажности, зольности, размеров частиц топлива, особенно любой биомассы. А дополнительная выдержка газозвеси в четвертой вихревой камере стабилизации сгладит дополнительно колебания расхода и состава газозвеси от долей секунды до 3-5 секунд, стабилизируя расход и качество горючего газа на выходе из реактора. Если

одновременно в четвертую вихревую камеру стабилизации вводить корректирующие добавки пара и/или воздуха, то можно дополнительно понизить колебания качества и расхода горючего газа на выходе из реактора.

Изобретение апробировано на разномасштабных моделях реактора с горением и газификацией твердого топлива и биомассы на нескольких видах твердого топлива и биомассы, таких как шелуха зерновых, опил, отбельная глина производства растительных масел, горючие сланцы, бурый уголь и каменный уголь, их смеси с биомассой и торфом.

Изобретение можно применять для полного или частичного сжигания с внутренней (в самом реакторе) газификацией разных видов твердых топлив, в том числе ухудшенного и нестабильного качества, например горючих сланцев с зольностью до 60-63% и влажностью до 12-13%, а также разнообразной биомассы (отходов переработки древесины и другого сырья растительного происхождения) с зольностью от 1% до 20% и влажностью до 20-25%, с целью использования получаемого горючего газа в любых схемах энергоснабжения, особенно на малых предприятиях или в малых изолированных коммунальных отопительных котельных.

При необходимости организовать не только газификацию топлива для получения горючего газа, но и его частичное и/или полное сжигание, включая коррекцию полноты сгорания, следует увеличить ввод дополнительного воздуха через отдельные дополнительные тангенциальные воздушные сопла в первую вихревую камеру и дополнительные тангенциальные воздушные сопла в третью вихревую цилиндрическую камеру.

Возможна и перспективна реализация изобретения в схемах совместной выработки теплоты и электроэнергии на малых электростанциях систем рассредоточенной газификации и энергообеспечения у изолированных потребителей, а также и на мощных теплоэлектростанциях и в котельных для частичного или полного замещения дорогого

энергетического товарного топлива, получаемого с рынков, горючим газом, полученным в заявляемом реакторе из горючих отходов и биомассы по заявляемой технологии.

Опыт показал, что коммерчески особо выгодна полная газификация твердых, сравнительно сухих отходов, содержащих углерод растительного происхождения или иных горючих отходов, и даже их сжигание для замещения дорогих или экологически опасных ископаемых топлив. Во всех случаях сократятся выбросы в атмосферу известных вредных веществ, а также будет получена экономия перерабатываемого топлива» [24].

Следующая рассмотренная установка обезвреживания и уничтожения твердых отходов российских авторов Щукина Д.Е., Фенькова И.Н., Фенькова И.И., Мельникова А.В., Мельникова А.А., Шахова В.И. [37].

Изобретение относится к области переработки твердых бытовых, промышленных, медицинских и других отходов и может быть использовано в народно-хозяйственном комплексе при обезвреживании и уничтожении отходов.

Данная «установка обезвреживания и уничтожения твердых отходов, содержит загрузочное устройство, камеру газификации с отверстиями вывода газообразных продуктов, камеру дожигания, приемный контейнер отходов, устройство отвода газообразных продуктов переработки, камеры сжигания, часть которых расположена в нижней части камеры дожигания тангенциально внешней поверхности рабочего пространства камеры, а другая часть камер сжигания расположена в нижней части камеры газификации по радиусу к центру камеры и соединена с отверстиями вывода газообразных продуктов камеры газификации, нижняя часть которой расположена в корпусе с образованием кольцевого пространства, соединенного с внутренним объемом камеры газификации и с отверстиями вывода газообразных продуктов»[37].

Существенными недостатками известного устройства являются [37]:

- «низкая надежность работы, обусловленная тангенциальным расположением камер сжигания в нижней части камеры дожигания, при котором образуется температурный инградиент по высоте камеры газификации, что приводит к неравномерному нагреву обрабатываемых отходов;

- расположением камер сжигания в нижней части камеры газификации по радиусу к центру камер сжигания, при котором происходит точечный прогрев, концентрация тепловой энергии и, как следствие, снижение интенсивности процесса газификации, требующего для этого дополнительного расхода пиролизного газа;

- низкая эффективность работы установки из-за засорения раскаленными массами не переработанных отходов канала выхода пиролизного газа в кольцевое пространство, приводящего к уменьшению проходного сечения канала, накоплению пиролизного газа в камере газификации и невозможности его поступления для выполнения технологических операций, что в свою очередь требует принудительного отсоса пиролизного газа из камеры газификации»[37].

«Наиболее близким к заявляемому изобретению является установка обезвреживания и уничтожения твердых отходов, содержащая загрузочное устройство, камеру газификации с отверстиями вывода газообразных продуктов, камеру дожигания, камеры сжигания, устройство отвода газообразных продуктов переработки, дефлекторы, расположенные в камере дожигания и выполненные в виде плоских лент, охватывающих по винтовой линии камеру газификации, установленную в корпусе с возможностью образования зоны отбора пиролизного газа, при этом часть камер сжигания взаимодействует с дефлекторами и установлена под углом наклона их винтовой линии, а другая часть камер сжигания расположена в корпусе под углом в плане α , равным $5-45^\circ$ (см. МПК F23G 5/027, (2006.01), МПК F23G 5/24 (2006.01) описание изобретения к патенту Российской Федерации №2282788 опубл. 27.08.2006 г.).

Существенными недостатками известного устройства являются:

- низкая эффективность работы, обусловленная:
- тепловыми потерями за счет отвода газообразных продуктов сгорания в атмосферу, расположенных тангенциально камер сжигания в нижней части камеры дожигания;
- сжиганием части пиролизного газа, выработанного установкой, и использованием основного и эжекторного сжатого воздуха для организации процесса его горения в камерах сжигания в нижней части камеры дожигания;
- сложностью организации управления и контроля за получением качества пиролизного газа в высокотемпературных тепловых потоках, направленных во внутренний объем корпуса, где камеры сжигания расположены под углом α , равным 5-45°;
- наличием в высокотемпературных тепловых потоках, направленных во внутренний объем корпуса, значительного количества азота, что снижает «горючую» составляющую часть пиролизного газа, выработанного установкой» [37].

Техническим результатом изобретения является повышение надежности и эффективности работы установки.

Сущность технического решения «заключается в том, что в установке обезвреживания и уничтожения твердых отходов, содержащей загрузочное устройство, камеру газификации с отверстиями вывода пиролизного газа, камеру дожигания, камеры сгорания, устройство отвода газообразных продуктов переработки, дефлекторы, расположенные в камере дожигания и выполненные в виде плоских лент, охватывающих по винтовой линии камеру газификации, установленную в корпусе с образованием зоны отбора пиролизного газа, камеры сгорания выполнены эжекторного типа, две из которых установлены с наклоном к винтовой линии дефлекторов, а четыре другие расположены в нижней части корпуса тангенциально по отношению

к карману корпуса, при этом установка дополнительно содержит паровой котел, снабженный камерами сгорания эжекторного типа.

Выполнение камер сгорания эжекторного типа позволяет исключить тепловые потери, в том числе:

- на режиме запуска отвод газообразных продуктов сгорания осуществлять не в атмосферу, а через эжектор камеры сгорания непосредственно в паровой котел;

- в установившемся рабочем режиме эжектировать горячий пиролизный газ из коллектора через эжектор камеры сгорания и сжигать его в паровом котле.

Расположение камер сгорания в нижней части корпуса тангенциально по отношению к внутреннему карману и отделение от горячей массы отходов карманом, образуемым внутренней перегородкой и наружным корпусом, также позволяет отводить газообразные продукты сгорания через эжектор камеры сжигания в паровой котел.

Выполнение в корпусе кармана с сохранением изоляции горячей массы отходов от высокотемпературных тепловых потоков позволяет упростить организацию управления и контроля за получением качества пиролизного газа. Отсутствие подаваемого теоретически необходимого количества воздуха значительно снижает количества азота, что повышает «горючую» составляющую часть пиролизного газа, выработанного установкой.

Наличие в установке парового котла и его снабжение эжекторными камерами сгорания позволяет использовать пиролизный газ в качестве основного топлива и повысить КПД установки.

Установка обезвреживания и уничтожения твердых отходов содержит загрузочное устройство, камеру газификации с отверстиями вывода пиролизного газа, камеру дожигания, камеры сгорания, эжекторного типа, установленные под углом наклона к винтовой линии дефлекторов и выполненных в виде плоских лент, охватывающих по винтовой линии камеру газификации, установленную в корпусе с образованием зоны

отбора пиролизного газа, камеры сгорания, расположенные в корпусе, в нижней его части тангенциально по отношению к внутреннему карману. В паровом котле установлены камеры сгорания пиролизного газа (в установившемся режиме), основная камера сгорания, работающая в постоянном режиме и поддерживающая температуру и расход пара в необходимых параметрах, требуемых потребителю, управляемая камера сгорания пиролизного газа, необходимая для поддержания тепловых режимов и разрежения в реакторе, и эжекторная камера сгорания для удаления продуктов сгорания пускового топлива и пиролизного газа» [37].

Установка работает следующим образом [37].

«Твердые отходы поступают через герметизированное загрузочное устройство, имеющее крышку и шибер, в камеру газификации, постепенно загружая ее в полном объеме. Герметизированное загрузочное устройство необходимо для изоляции камеры газификации и обеспечения невозможности вредных выбросов в атмосферу. Производят розжиг камер сгорания путем подачи в них воздуха (магистральи воздуха условно не показаны) и газообразного или жидкого пускового топлива. При этом на выходе из камер сгорания образуются высокотемпературные скоростные потоки продуктов сгорания, которые поступают в каналы образованные винтовыми поверхностями дефлекторов. Двигаясь вдоль каналов высокотемпературные потоки продуктов сгорания омывают наружную поверхность камеры газификации, распределяя тепловую энергию потоков по всей поверхности, увеличивая при этом площадь контакта и равномерность прогрева всех зон камеры газификации, а именно зоны сушки, зоны получения пиролизного газа и зоны газификации, и, отдав большую часть тепловой энергии продуктам переработки через стенку камеры газификации, продукты сгорания посредством трубопровода и через эжектор камеры сгорания парового котла, подают горячие продукты сгорания в паровой котел и удаляются, отдав избыточное тепло через устройство отвода газообразных продуктов переработки в атмосферу.

При работе камер высокотемпературные тепловые потоки продуктов сгорания, двигаясь по винтовой линии, омывают наружную поверхность кармана, обеспечивают равномерность прогрева всех зон внутреннего объема корпуса и, отдав большую часть тепловой энергии продуктам переработки через внутреннюю стенку кармана продукты сгорания посредством устройства и через эжектор камеры сгорания парового котла, подают горячие продукты сгорания в паровой котел и удаляются, отдав избыточное тепло, через устройство отвода газообразных продуктов переработки в атмосферу.

Полученный в результате запуска установки на рабочий режим горячий пиролизный газ поступает через камеры сгорания (пусковое топливо отключено, эжекторный и основной воздух отключены), двигаясь вдоль каналов, горячий пиролизный газ омывает наружную поверхность камеры газификации, распределяя тепловую энергию потоков по всей поверхности, по трубопроводу эжектируется в камеру сгорания парового котла, используется как основное топливо и сжигается в паровом котле, отдав избыточное тепло через устройство отвода газообразных продуктов переработки в атмосферу.

После выхода на рабочий режим производится отключение подачи пускового газообразного или жидкого топлива в камеры сгорания и рабочий процесс сгорания пиролизного газа в этих камерах осуществляется за счет подачи в эжекторы вторичного воздуха. При этом производится эжекция «засасывание» горячего пиролизного газа из коллекторов и используется как основное топливо» [37].

«Перерабатываемые отходы перемещаются из зоны сушки через зону получения пиролизного газа в зону газификации, где подвергаются непрерывной тепловой обработке, передаваемым через внутреннюю стенку кармана и полностью газифицируются, а полученный пиролизный газ выходит через отверстия вывода пиролизного газа в коллектор, при этом одна часть его подается для выполнения технологических операций в самой

установке, а другая часть направляется в камеры сгорания парового котла для выработки, например, тепловой и электрической энергии.

Оставшиеся не переработанные частицы под действием высоких температур преобразуются в жидкий шлак, через шлаковый лоток поступают в приемный контейнер и удаляются для дальнейшей обработки и использования.

Использование изобретения позволит повысить надежность и эффективность работы установки, получить дополнительную тепловую энергию, необходимую как для обеспечения работы в автономном режиме, так и для обеспечения теплом зданий и сооружений, сэкономить при этом значительные денежные средства.

Установка обезвреживания и уничтожения твердых отходов, содержащая загрузочное устройство, камеру газификации с отверстиями вывода пиролизного газа, камеру дожигания, камеры сгорания, устройство отвода газообразных продуктов переработки, дефлекторы, расположенные в камере дожигания и выполненные в виде плоских лент, охватывающих по винтовой линии камеру газификации, установленную в корпусе с образованием зоны отбора пиролизного газа, отличающаяся тем, что камеры сгорания выполнены эжекторного типа, две из которых установлены с наклоном к винтовой линии дефлекторов, а четыре другие расположены в нижней части корпуса тангенциально по отношению к карману корпуса, при этом установка дополнительно содержит паровой котел, снабженный камерами сгорания эжекторного типа» [37].

Комплекс переработки твердых отходов производства и потребления автора российского автора Федорова Е.В. [31] относится к области коммунального хозяйства и предназначен для механизации и автоматизации процессов сортировки с целью последующей переработки твердых коммунальных отходов.

В частности, комплекс может применяться для сортировки и пакетирования и брикетирования различных видов твердых, достаточно

однородных отходов, например для сортировки, предварительной переработки и пакетирования пластиковых бутылок различной емкости (различных типов ПЭТФ-тары).

Целью данного изобретения является создание комплекса переработки твердых отходов производства и потребления, включая твердые коммунальные отходы [31].

«Технический результат, достигаемый при реализации настоящего изобретения, заключается в упрощении и удешевлении операций переработки твердых отходов потребления, обеспечении экологической безопасности окружающей среды при переработке ТБО, увеличении производительности и повышении рентабельности переработки ТБО» [31].

«Указанный технический результат достигается за счет того, что комплекс переработки твердых бытовых отходов включает приемно-загрузочный бункер, связанный с приемно-загрузочным конвейером, устройство регулирования слоя загрузки, представляющее собой систему отсекаелей по высоте, расположенную над полотном подъемно-загрузочного конвейера, выполненного с возможностью подачи твердых бытовых отходов от приемно-загрузочного конвейера к сортировочному конвейеру, расположенному в рабочей кабине с оборудованными рабочими местами операторов сортировщиков, оснащенной устройством вентиляции, кондиционирования и антибактерицидными источниками, сепаратор черных металлов, расположенный над подъемно-загрузочным конвейером с возможностью осуществления автоматического отбора отходов черного металла, которые по конвейерной ленте упомянутого сепаратора выносятся с подъемно-загрузочного конвейера в сменный бункер-накопитель черных металлов, приемные короба, расположенные в два ряда по обеим сторонам сортировочного конвейера, приемник неделовой части отходов, связанный с возвратным устройством лоткового типа, выполненный с возможностью обеспечения возврата необработанной части твердых бытовых отходов для повторной сортировки, накопительные бункеры для отсортированной части

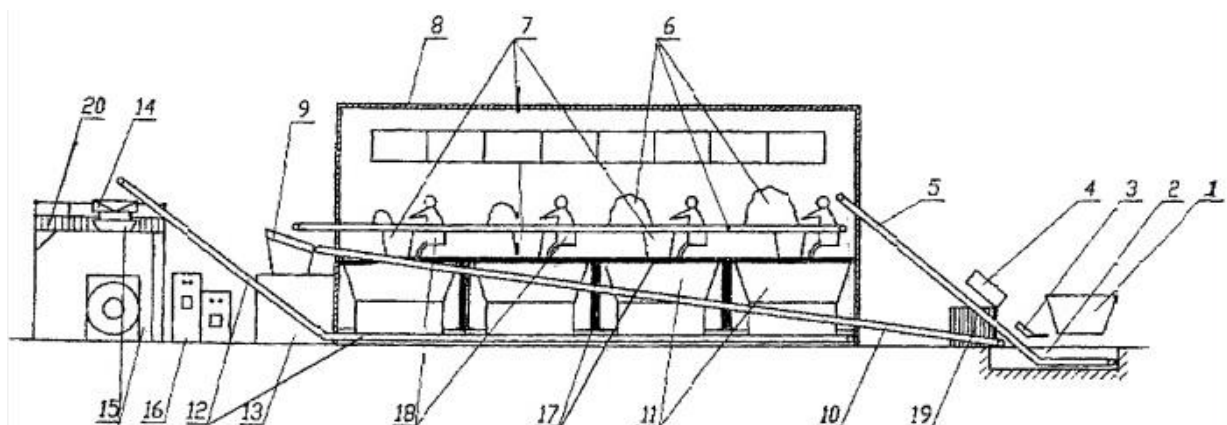
твердых бытовых отходов с разгрузочным устройством в виде автоматического шибера, датчиками заполнения, а также загрузочным устройством, с возможностью загрузки непосредственно в накопительные бункеры твердых бытовых отходов, накопительно-подъемный конвейер, выполненный с возможностью подачи сортированной части твердых бытовых отходов на прессование и пакетирование, сменяемый пресс-компактор для неделовой части отходов, перфоратор сортированной части твердых бытовых отходов, брикетировочный пресс с площадкой его обслуживания, выполненный с возможностью прессования и пакетирования перфорируемой части твердых бытовых отходов по видам сортировки, несущую эстакаду и централизованную систему автоматического управления комплексом переработки твердых бытовых отходов» [31].

«Предлагаемый комплекс предназначен для механизации и автоматизации процесса сортировки, предварительной переработки и пакетирования различных типов ПЭТ-тары (пластиковых бутылок емкостью 0,2-5 литров) производительностью по 4-8 типам упаковок в зависимости от цветности, объема и прочих признаков, используя различные модификации приемно-накопительных бункеров до 10 тыс. тонн ПЭТФ отходов в год» [31].

В случае, если ПЭТ-тара, собрана отдельным способом и поступает на переработку в отдельных контейнерах, и не нуждаются в сортировке, тогда каждый из видов отходов, не загрязненный посторонними отходами, загружается непосредственно в бункер-накопитель отдельного типа отходов, перфорируется и прессуется.

Основными составляющими устройства являются приемный бункер и приемно – загрузочный конвейер, сервировочный конвейер, пресс, система управления, рабочие места, накопители. Компоновка и комплект оборудования предлагаемого комплекса представлены на рисунке 6 и может выполняться в различной модификации, включая комплектование

брикетировочными прессами и перфоратором (измельчителем) ПЭТ-тары различных модификаций [31].



1 - приемный бункер, 2 – приемно – загрузочный конвейер, 3 – устройство подъема, 4 – сепаратор, 5 – подъемно – загрузочный конвейер, 6 – сортировочный конвейер, 7 – приемные коробки, 8 – рабочая кабина, 9 – приемник, 10 – возвратное устройство, 11 – накопительные бункеры, 12 – накопительно – подъемный конвейер, 13 – пресс, 14 – перфоратор, 15 – загрузочное устройство пресса, 16 – система управления, 17 – эстакада, 18 – рабочие места, 19 – накопитель черных металлов.

Рисунок 6 – Комплекс по переработке ТБО

Оборудование комплекса располагается в здании из легковозводимых конструкций, оборудованном грузоподъемными средствами (кран-балками), отоплением, вентиляцией, системой пожаротушения в необходимом объеме и, в необходимых случаях, системой сбора и обеззараживания стоков.

К отходам, предназначенным для сортировки и переработки в данном устройстве предъявляются определенные требования [31]. «На сортировку поступает ПЭТ-тара различной цветности и различного объема от 0,2 до 5,0 литров, загрязненная другими видами отходов, близкими по составу к отходам, аналогичным твердым бытовым отходам. Общий объем посторонних отходов не превышает 10% от общего объема отходов.

Крупногабаритные отходы, представляющие собой цельные изделия или фрагменты изделия с габаритами более 600×600 мм или 800×200 мм, а также весом более 6 кг, должны быть отобраны до загрузки отходов на транспортную систему комплекса. В отходах, собираемых отдельным способом, не допускается наличие опасных и токсичных отходов и предметов. Возможна автоматизированная сепарация мелких фракций с помощью грохота» [31].

Комплекс переработки твердых бытовых отходов работает следующим образом.

«Разгрузка поступающей на сортировку ПЭТФ-тары производится либо в приемный бункер 1, либо на разгрузочную площадку с последующей загрузкой на приемно-загрузочный конвейер 2, который, для удобства и надежности приема, может быть оснащен ребордами высотой 120 мм. Предусмотрена возможность, в случае отсутствия необходимости сортировки, или в случае если поступающая ПЭТ-тара содержит отходы только одного типа и не загрязнена другими отходами, осуществление загрузки таких отходов непосредственно в накопительные бункеры 11 для соответствующего типа ПЭТ-тары.

Над подъемно-загрузочным конвейером 5 расположен сепаратор черных металлов 4, который осуществляет автоматический отбор мелких, весом не более 3-х кг, отходов черного металла, которые по конвейерной ленте сепаратора выносятся с подъемно-загрузочного конвейера 5 в бункер-накопитель черных металлов 19. По мере накопления, бункер освобождается либо заменяется на другой.

Далее ПЭТ-тара подъемно-загрузочным конвейером 5 подается на несущую эстакаду 17 и далее на сортировочный конвейер 6.

Сортировочный конвейер 6, расположенный в рабочей кабине 8, оборудован, предпочтительно, 8-ю приемными коробами 7, по обе стороны конвейера, с 4 рабочими местами в каждом ряду, для сброса в накопительные бункеры 11 сортированной по видам ПЭТ-тары. Возможно

увеличение, в случае необходимости, дополнительных рабочих мест до 2-х рабочих операторов, расположенных по разные стороны короба. В штатном режиме каждую точку обслуживает один рабочий-оператор, в ускоренном режиме - до 2-х операторов, т.е. при необходимости для ускорения сортировки предусмотрена возможность каждую точку обслуживать 2-мя рабочими-операторами. Также возможен режим, при котором каждый рабочий-оператор, находящийся между смежными точками, может обслуживать две смежные точки, что позволяет осуществлять отбор двух типов ПЭТ-тары одним оператором, в том числе для дублирования функций в целях повышения надежности отбора.

Рабочая кабина 8 обеспечивает необходимые санитарно-гигиенические и комфортные условия для рабочих-операторов на рабочих местах 18 в зоне сортировочного конвейера 6, включая:

- многократность воздухообмена с принудительной вентиляцией;
- необходимый уровень влажности и температуры (кондиционирование);
- обработку воздуха и рабочих поверхностей антибактерицидными лампами;
- необходимый уровень освещенности рабочей зоны.

По мере наполнения накопительных бункеров 11 до необходимого количества для прессования и пакетирования в блоки стандартных размеров, сортированной по видам ПЭТ-тарой, в автоматическом режиме осуществляется их поочередная разгрузка на накопительно-подъемный конвейер 12, оснащенный ребордами, который осуществляет подъем ПЭТ-тары одного типа на высоту около 4-х м и сбрасывает в перфоратор 14, осуществляющий перфорирование и частичное измельчение ПЭТ-тары, далее она поступает в загрузочное устройство пресса 15, прессуется в брикеты стандартного размера с автоматической обвязкой несколькими рядами проволоки. Предусмотрена возможность комплектации устройством пакетирования в полиэтиленовую пленку. Нецелевая часть отходов, а также

неотсортированная (пропущенная рабочими-операторами сортировочного конвейера) ПЭТ-тара в конце сортировочного конвейера 6 сбрасывается на приемник нецелевой части отходов 9, представляющий собой дефлектор (разделительную решетку), через который неделовые отходы поступают в пресс-компактор 13, который по мере заполнения заменяется на другой и вывозится для захоронения на полигон.

Неотсортированная ПЭТ-тара с приемника неделовой части отходов 9 скатывается по возвратному устройству лоткового типа 10 на приемно-загрузочный конвейер 2 и далее поступает на повторную сортировку на сортировочный конвейер 6.

Комплекс оборудован централизованной системой автоматического управления 16. Управление осуществляется от центрального пульта и с наладочных пультов, расположенных на отдельных устройствах, имеющих свой электропривод. С помощью наладочных пультов эти устройства могут быть включены, выключены или изменены режимы их работы (если это предусмотрено, например, для конвейеров и бункеров-накопителей). Кроме того, на оборудовании предусмотрены кнопки аварийной остановки. Комплекс может быть укомплектован системой видеонаблюдения и видеоконтроля» [31].

Технические характеристики предлагаемого комплекса и его составных частей приведены ниже [31]:

«Производительность комплекса в штатном режиме

- при годовом фонде работы оборудования - 250 рабочих дней - 2000 рабочих часов в год при односменной работе, при численности рабочих операторов по 8 человек в смену - 3300 тонн в год;

- при годовом фонде работы оборудования - 250 рабочих дней - 4000 рабочих часов в год при двухсменной работе при численности рабочих операторов по 8 человек в смену - до 6600 тонн в год;

- при годовом фонде рабочего времени до 6000 час/год (3-сменный режим работы), 250 рабочих дней, при численности рабочих операторов по 8 человек в смену - до 10000 тонн в год;

- при годовом фонде работы оборудования - 360 рабочих дней - двухсменной работе без выходных, при численности рабочих операторов по 8 человек в смену - до 10000 тонн в год.

В базовом комплекте сортировка осуществляется по 4 видам ПЭТФ-тары. За счет усовершенствованной конструкции бункеров-накопителей можно увеличить виды сортировки до 8-ми типов.

Комплекс может комплектоваться различными типами прессов. Тип сепаратора ферромагнитных черных металлов - на постоянных магнитах с ленточным носителем конвейерного типа.

Суммарная установленная мощность комплекса без пресса составляет 20 кВт. Суммарная установленная мощность комплекса, включая брикетировочный пресс, составляет 70 кВт.

Размер технологического здания для размещения комплекса, в зависимости от комплектации и планировки составляет, м:

- длина от 20 до 30,
- ширина от 10 до 15,
- высота (до балок перекрытия) не более 5,
- площадь (м²) от 200 до 450.

Таким образом, предлагаемый комплекс переработки твердых бытовых отходов представляет собой высокотехнологичный автономный комплекс для переработки твердых бытовых отходов, максимально приспособленный для переработки твердых коммунальных отходов, в т.ч. ПЭТ-тары, обеспечивающий экологическую безопасность окружающей среды и существенно превосходящий своими техническими характеристиками известные аналоги» [31].

Что касается иностранных разработок, то ниже рассмотрена система по сортировке виниловых отходов [32]. Данное изобретение относится к

системе по сортировке листов отработанного пластика, включающее в себя первое - разделитель для отделения примесей от отработанных листов пластика для выпуска переработанного пластикового листа; первая пластиковая дробилка для первичного измельчения листа отработанного пластика, выпускаемая из первого сепаратора в продольном направлении; вторая пластиковая листовая дробилка для вторичного дробления, прежде всего, уже дробленого листа отходов в диагональном направлении; второй сепаратор для отделения измельченного пластика отработанного пластика и примесей путем опускания отработанного пластикового листа, измельченного из второй пластиковой листовой дробилки, и по меньшей мере одна сортировочная линия для разделения примесей, отделенных в первом сепараторе или втором сепараторе, на металл и не металл.

Следующий описываемый иностранный патент на систему и метод уничтожения коммунальных отходов [33]. Изобретение представляет собой систему и способ утилизации бытового мусора, и его переработкой. Система включает в себя устройство предварительной сортировки, роторный слой радиационной трубы накопителя тепла и блок процессора печи, в котором устройство предварительной сортировки снабжено входом для бытового мусора, выходом для органического и неорганического мусора. Вращающийся слой радиационной трубы для хранения тепловой энергии снабжен первым впускным отверстием для горючего газа, воздухозаборником для поддержания горения, входом для быстрой извести, входом для органических отходов для мусора, выходным отверстием для пиролизного газа и выпускным отверстием для пиролиза, воздухом, поддерживающим горение. Вход соединен с мусоросборником, который соединен с выходом для мусора; блок цементной печи снабжен входом для сырьевого материала, впускным отверстием для топлива, выпускным отверстием для отработанного газа и выпускным отверстием для цемента, вход для сырья соединен с неорганическим выпускным отверстием для мусора, а вход для топлива соединен с выпускным

отверстием для пиролиза.

Одной из составляющих коммунальных отходов является стекло и предметы, состоящие из указанного материала. Практика по сбору стеклотары в настоящее время значительно погасла, однако необходимость утилизировать отходы, в составе которых есть стекло – до сих пор актуальна.

Из зарубежных способов далее рассмотрена процедура для очистки коммунальных отходов, содержащих стекло [36].

Предлагается метод сортировки и очистки стекла, смешанного с различным твердым бытовым мусором. При этом способе материалы, отличные от стекла выделяются и отсортировываются путем сушки и растирания, затем удаляются из общей массы. Оставшееся стекло и стеклотарой очищаются.

Рассмотренное далее комплексное изобретение предназначено для переработки и утилизации твердых бытовых отходов, авторы – Елистратов Ю.П., Лозовой В.А., Рогов В.А. [37].

Данное изобретение относится к переработке и утилизации твердых бытовых отходов. Утилизационный комплекс проектируется для утилизации бытовых коммунальных отходов и мусора в местах крупных свалок в городах и других населенных пунктах, и составе включает приемный бункер, мусоропроводы с принципом работы мясорубки и установки для пресса. «Приемный бункер выполнен в виде тетраэдрической усеченной пирамиды. Пирамида ориентирована вниз сужающейся частью. На нижней части сужающейся части пирамиды находится вторая тетраэдрическая усеченная пирамида с вершиной вверх. Для всех граней обеих пирамид вертикально установлены коробки с приводными цепями с крючками для опрокидывания сырья - отходов и мусора. В свободных пространствах на краях между цепями в произвольном порядке находятся стационарные ножи» [37].

Изобретение позволяет перерабатывать твердые бытовые отходы в

потребительские товары без предварительной сортировки, и относится к сфере удовлетворения жизненных потребностей человека, различных технологических процессов.

«Известен автоматизированный комплекс для получения строительного материала из отходов (полезная модель RU 103500 от 18 октября 2010 года). Комплекс содержит прием-сортировку участка, участок для разделения отходов на легкие и тяжелые фракции и предварительную обработку, включая вакуумный сепаратор, с установленным в нем вентилятором и электромагнитным сепаратором, и установку для очистки тяжелых фракций в жидкой среде. Технологический комплекс для переработки тяжелых фракций включает в себя измельчитель и аккумуляторы. Технологическая комплексная переработка легких фракций включает установку сушки и измельчения тяжелых фракций. Технологический комплекс для переработки жидких отходов включает в себя биогенератор. Выход станции сбора сортировки соединен со входом секции отделения отходов для легких и тяжелых фракций и их предварительной обработкой. Один из их выходов подключен к технологическому комплексу для обработки легких фракций, другой к технологическому комплексу для переработки твердых фракций, один из выходов которого связан с технологическим комплексом по переработке жидких отходов. Все агрегаты соединены конвейерами для перемещения сухих составляющих фракций или трубопроводов для перемещения жидких составляющих фракций. Комплекс также включает зону карантина, максимально допустимое вредное загрязнение и герметичный блок карантинной загрязненной массы. Секция приемки и сортировки отходов выполнена в виде приемно-сортировочного комплекса, заключенного в единый закрытый корпус и включающего приемный бункер, технологический участок для предварительного разделения отходов на легкие и тяжелые фракции, фракции, выделенные после предварительного разделения, секцию для разделения отходов на легкие и тяжелые фракции и

их предварительная обработка дополнительно оснащена циклоном с обратным каналом. Технологический комплекс для обработки легких фракций дополнительно включает в себя обработку после фракционирования и последовательную связь легкой фракции в жидкой среде, узел сжатия влаги и секцию многоступенчатой пылевидной фракции легкой фракции. Технологический комплекс для переработки тяжелых фракций дополнительно включает установку обработки тяжелых фракций перегретым паром с помощью струй высокого давления, установку охлаждения тяжелых фракций, установку обезвоживания тяжелых фракций. Переработка жидких отходов технологического комплекса включает в себя также очистную установку, резервуар жидких удобрений, узел сбора гумуса и газогенератор для метанового газа» [37].

Однако этот автоматизированный комплекс для получения строительного материала из отходов предусматривает очень большое количество технологических операций, связанных с использованием и использованием сложного оборудования.

Известно устройство для упаковки твердых бытовых отходов (полезная модель RU 104100 от 28 декабря 2010 года). Устройство содержит установку брикетирования с приемным бункером для твердых отходов с прессом и формовочным элементом из брикета и кожухом брикета с крепежными средствами. Буфер закреплен на раме и выполнен в виде полой пирамиды, ориентированной вниз сужающейся частью, в которой с одной стороны расположен поршень прессового плунжера в виде цилиндра, а на противоположной боковой стороне бункера размещается указанный формообразующий элемент, выполненный в виде спрессованного рукава, прикрепленного к раме. Недостатком известного устройства является сложность конструкции и неполное использование отходов. В связи с этим возникает проблема их транспортировки.

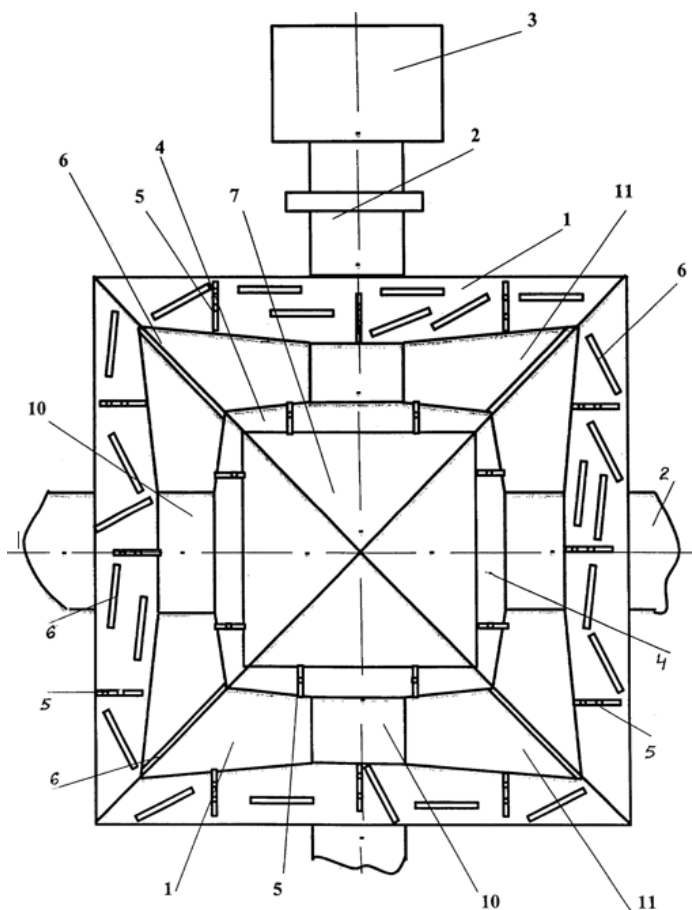
Задачей, решаемой изобретением, является 100% -ное использование бытовых отходов и мусора без сортировки с получением потребительских

товаров. Технический результат при использовании изобретения состоит в том, что бытовые отходы и мусор обрабатываются в определенном месте полностью на комплексе простых устройств.

Этот технический результат [37] достигается тем, что «способ обеспечивает получение мусора из всех отходов без сортировки и гиперпрессования мусора на кирпичах и / или блоках с последующим их использованием в народном хозяйстве. Внешний вид кирпичей и / или блоков может быть любого цвета, в зависимости от цвета красителя, используемого при гиперсжатии. Комплекс для проведения способа включает в себя приемный бункер, отходы измельчителя с рабочим принципом мясорубки и установку для гиперпресса. Буфер выполнен в форме тетраэдрической усеченной пирамиды, ориентированной вниз сужающейся частью. В нижней части приемного бункера находится вторая, также четырехгранная усеченная пирамида. На всех гранях обеих пирамид монтируются вертикально приводные цепи с крючками для опрокидывания сырья - отходы и мусор, а в свободных пространствах на гранях между цепями находятся хаотично стационарные ножи. Цепи с крючками на сторонах пирамиды приемного бункера не простираются вертикально до самого верха бункера. Верхушка второй пирамиды снабжена куполообразной крышкой для предотвращения попадания сырья - мусора внутри него во время процесса ворошения. В нижней части приемного бункера, у основания каждой грани внутренней пирамиды, открывающиеся люки для получения подготовленного сырья в мусоропроводы, установленные под каждым люком и сделанные из шнеков, ножей и решеток с отверстиями. Винтовые приводы расположены в одном и том же месте, а линейные размеры люков по периметру равны габаритным размерам мусоропровода. В промежутках между открытыми люками на дне приемного бункера в углах пирамид установлены треугольные опоры с ножами, установленные на вершинах. Установки для прессования в количестве, равном количеству мусорных баков, изготавливаются из

прессов с фидерами мусора и устанавливаются за мусорные баки. Все ножи по бокам пирамид и режущие кромки скребковых ножей изготовлены из материала, твердость которого превышает твердость резаков металлорежущих станков. Все грани пирамиды приемного бункера в верхней части снабжены крышками, поворачиваемыми от гидравлических цилиндров, чтобы защитить содержимое в бункере от атмосферных осадков. Для загрузки приемного бункера сырьем – мусором, может использоваться как конвейерами, так и самосвалами» [37].

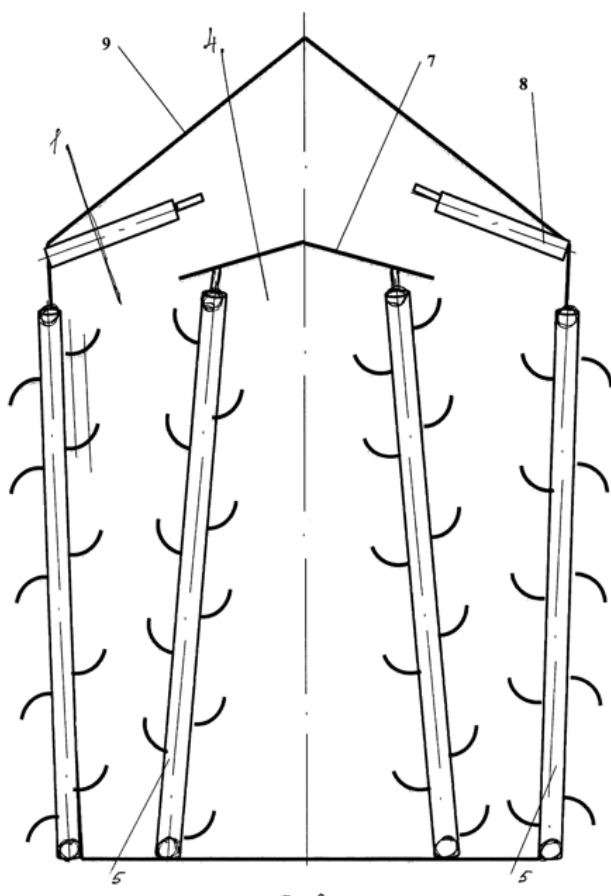
Схема данного устройства представлена на рисунке 7.



1 – приемный бункер, 2 – мясорубки, 3 – установки для прессования, 4 – второй бункер, 5 – приводные цепи с зацепами, 6 – ножи, 7 – крышка куполообразная, 8 – поворотные гидроцилиндры, 9 – крышки, 10 – люки, 11 – тумба

Рисунок 7 – Устройство для переработки ТБО без предварительной сортировки

Схема данного устройства в разрезе представлена на рисунке 8, и включает такие основные составляющие, как приемный бункер, установки для прессования, ножи, приводные гидроцилиндры, крышки и люки.



1 – приемный бункер, 2 – мясорубки, 3 – установки для прессования, 4 – второй бункер, 5 – приводные цепи с зацепами, 6 – ножи, 7 – крышка куполообразная, 8 – поворотные гидроцилиндры, 9 – крышки, 10 – люки, 11 – тумба

Рисунок 8 – Устройство для переработки ТБО без предварительной сортировки

На основании подобранного вышеуказанного материала можно сделать вывод, что проблема утилизации твердых бытовых коммунальных отходов с каждым годом приобретает все более острый характер, и касается всех населенных пунктов из разных стран. Решение проблемы обращения с отходами имеет многоаспектный характер, который включает взаимодействие стран, регионов, общества, науки, бизнеса и власти. В зарубежных странах вопросы обращения с твердыми бытовыми отходами находятся на более высоком уровне решения, чем в России, возможно за счет таких моментов, как ограниченность территории, более интенсивное развитие экономики, относительно спокойная историческая и политическая стабильность за последние 50 лет.

Тем не менее, не только в зарубежных странах, но и в России ведутся разработки технологий, способов и устройств, целью которых является утилизация твердых бытовых отходов. Эти технологии и устройства разработаны в сортировке, транспортировке, хранении, переработке, уничтожении бытовых отходов.

Однако, мировая практика показывает, что отходы – это ценный ресурс, перерабатывая который можно получать ценные материалы, электроэнергию, удобрения. И соответственно, наибольшее внимание необходимо уделить сортировке твердых отходов с целью извлечения ценных компонентов.

Таким образом, можно сделать вывод, что разработка новых способов и технологий в области сортировки, переработки твердых бытовых отходов ведутся в России и за рубежом, для этих целей также учитываются особенности бытовых коммунальных отходов, что необходимо переработки и вторичного использования материалов.

Проанализировав материалы патентного поиска российских авторов, опыта зарубежных стран в сфере обращения с отходами, рассмотрев определенное количество устройств, способов и технологий утилизационных технологий, можно определить оптимальное

инжиниринговое решение для дальнейшего применения твердых коммунальных отходов для достижения поставленных целей – уменьшение количества отходов и сохранение и улучшение экологической обстановки.

2 Пути реализации вторично переработанных материалов из твердых бытовых отходов

2.1 Актуальность использования переработанных из твердых бытовых отходов материалов

Постоянно увеличивающееся число бытовых коммунальных отходов в городах приводит к увеличению числа свалок, полигонов, что в свою очередь приводит к необратимым последствиям в экологической обстановке города. В настоящее время проводится достаточно много исследований по переработке ТБО, существует немалое количество разработанных технологий и устройств, которые не только уменьшают количество отходов, но и дают возможность повторно использовать переработанные материалы, тем самым решая задачу улучшения экологической обстановки в целом, при этом получая определенные экономические выгоды.

Вторичная переработка отходов подразумевает специальную деятельность, которая направлена на безопасную утилизацию или повторное применение материалов, сырья в некоторых отраслях промышленности и сельском хозяйстве. Повторное использование уже переработанных отходов, вовлечение биологических, технологических (неорганических веществ – стекло, металлолом, неорганических веществ – резина, пластмасса, сточные воды) веществ, биогаза в промышленное производство называют рециклингом.

Важность вторичной переработки твердых бытовых отходов и дальнейшее использование переработанных материалов в народном хозяйстве чрезвычайно высока, так как ресурсы планеты ограничены и не

успевают восстанавливаться вслед за развитием человечества, отходы, попадая в природную среду чаще всего наносят вред окружающей среде и становятся загрязнителями.

Вторичная переработка отходов имеет следующие преимущества:

- экономичность для дальнейшего использования в технологическом процессе производства;
- бережность по отношению к природной среде, возможность восстановления природной среды;
- нормализация экологической обстановки и улучшение здоровья населения;
- экономия всех видов ресурсов.

В последнее время в России постепенно складывается тенденция к пониманию того, что переработка различных видов отходов имеет существенные преимущества и выгоды как с экономической точки зрения, так и с экологической. В России приняты важные документы программно-целевого планирования – это Государственная программа Российской Федерации «Охрана окружающей среды на 2012–2020 годы», утвержденная распоряжением Правительства РФ от 27 декабря 2012 г. № 2552-р, а также План действий по реализации Основ государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 г., утвержденный распоряжением Правительства РФ от 18 декабря 2012 г. № 2423-р), где значительное внимание уделено мероприятиям по оптимизации обращения с отходами, в том числе введению отдельного сбора отходов и их переработке.

Таким образом, нормативно – правовая база ставит следующие цели, которые необходимо достичь путем реализации и исполнения законов, это общее повышение экологической безопасности, сохранение ресурсов и экологических систем, стимулирование предприятий, занимающихся развитием экологической политики, создание условий для внедрения, а также внедрение эффективных утилизационных технологий.

Что касается стран Евросоюза, то история переработки отходов и вторичного применения материалов уже насчитывает несколько десятилетий. В Европе распространена практика разделения мусора, его сортировка, транспортирование, утилизация и переработка закреплены на законодательном уровне, а также мотивацией населения. В различных странах Европы сортировка твердых бытовых отходов воспитывается и пропагандируется среди населения, существуют различные мотивационные программы, например в Германии за сбор и сдачу мусора на переработку граждане получают денежное вознаграждение, гражданам Нидерланд, активно участвующим в программе раздельного сбора мусора, выдают специальные купоны экологической лояльности, которые предоставляют льготы на оплату жилья и коммунальных услуг. Также в странах Европы существует система жестких штрафов [13].

Таким образом, вопросы переработки твердых бытовых отходов имеют чрезвычайно важный характер решения для человечества в целом. Преимущества переработки и вторичного использования материалов из отходов имеют экономические, экологические аспекты для человека и государства.

2.2 Применение вторично переработанных материалов

Определение вторичного сырья регламентируется ГОСТ 25916-83 «Ресурсы материальные вторичные. Термины и определения». В соответствии с этим ГОСТом под вторичным сырьем понимаются «вторичные материальные ресурсы, которые в настоящее время могут повторно использоваться в народном хозяйстве» [39].

В России история переработки и применения вторичного сырья имеет достаточно давнюю историю. В период Советского Союза сбор макулатуры, стеклотары, металлолома был не настолько навязан государством, сколько

хорошо пропагандируем, население было сильно мотивировано на соревновательный сбор.

Соответственно, собранные материалы отправлялись в повторное промышленное производство. Что касается современности, такая практика угасла и недостаточно распространена.

Основные виды вторичного сырья представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Виды и составляющие вторичного сырья

Отходы	Составляющие отходов
Макулатура	бумага, картон, газеты, текстиль, тетрапак
Стекло	стеклотара, стеклобой
Металлолом	черный, цветной, драгоценный
Химикаты	кислоты, щелочи, органика
Пластмассы	ПЭТ, ПВХ, ПВД, ПНД
Нефтепродукты	масла, битум, асфальт
Электроника	изделия, платы, аккумуляторы, ртутные лампы, провод
Резина	шины, резина
Биологические	пищевые отходы, жиры, ассенизация
Древесина	сучья, стружка, листья
Строительные	кирпич, бетон
Сточные воды	-

В России деятельность по сортировке, переработке твердых бытовых отходов, дальнейшей реализации и утилизации переработанных материалов находится на недостаточно высоком уровне.

Основным источником образования твердых коммунальных отходов является жилищно – коммунальный сектор – многоквартирные дома, частные домовладения, причем такие отходы процедуру сортировки не проходят. Однако стоит отметить, что бытовые коммунальные отходы включают в себя такие составляющие, как пищевые отходы, макулатура, пластик, текстиль, опасные отходы, например батарейки или люминесцентные лампы, то есть материалы, которые являются ценным ресурсом для переработки и повторного использования. Но при этом уровень переработки того или иного вида бытового отхода достаточно низок, за счет того, что коммунальные отходы в местах их образования (многоквартирные дома, частные домохозяйства, предприятия торговли) практически не проходят предварительную сортировку, а значит значительные полезные материалы теряются.

В таблице 3 представлены общие данные по России о составе твердых бытовых отходов по видам и об уровне переработке различных видов твердых бытовых отходов в России, в процентном измерении [18].

Таблица 3 - Уровень переработки отходов в России

Вид отходов	Уровень переработки, %
Макулатура	35 – 40
Пищевые отходы	5 - 7
Стеклобой	20 - 23
Пластиковые отходы	33 - 35
Металлические отходы	До 50
Древесные отходы	15 - 20
Текстиль	До 20

По способу использования в качестве вторичного сырья все виды отходов можно разделить на группы [17]:

- «отходы как вторичное сырье, используемое в качестве добавки или

полностью взамен первичного сырья и материалов;

- отходы как исходный продукт для производства вторичного сырья, предназначенного для использования частично или полностью взамен первичного сырья (например, производство регенерата изношенных шин с целью его использования в качестве сырьевой добавки в шинном производстве взамен натурального каучука; производство гранулята из полимерных термопластичных отходов для использования взамен первичного полиэтилена при изготовлении различных полимерных деталей);

- отходы, образующиеся в виде использованного в основном технологическом процессе сырья или материалов, как вторичное сырье для использования в другом технологическом цикле (в частности, активированные угли, отработавшие свой ресурс в производстве винилхлорида, могут быть использованы затем в технологии очистки газов от ртути);

- отходы как сырье и материалы, характеризующиеся принципиально новыми свойствами, отсутствующими у первичного сырья (например, некоторые разновидности золы ТЭС как продукта, прошедшего тепловую обработку, могут быть использованы в ряде случаев в качестве готового вяжущего взамен цемента; полимерные отходы, насыщенные в процессе эксплуатации кислородом и бывшие в течение продолжительного времени под воздействием излучения солнца, могут быть использованы в качестве сырья для производства активированного угля);

- отходы как источник рудного сырья для извлечения разного рода металлов (доменные и сталеплавильные шлаки – в качестве источника железосодержащего сырья; шлаки цветной металлургии)

– для извлечения цветных металлов; пиритные огарки – полиметаллов; зола мазутных ТЭС – высоко-концентрированный сырьевой источник для извлечения ванадия)» [17].

В большем или меньшем масштабе в России наиболее распространена вторичная переработка следующих материалов, это стекло, бумага, алюминий, асфальт, железо, ткани и текстиль, и различные виды пластика. Для каждого типа сырья есть соответствующая технология переработки. Для разделения отходов на различные материалы используются различные виды сепарации.

Вторичным сырьем отходы являются лишь в том случае, если их можно использовать либо взамен первичного сырья, либо как принципиально новый вид сырья без существенной их обработки и подготовки к применению (чистки, мойки, сушки и других аналогичных подготовительных операций).

В бытовом мусоре также содержится значительная часть ценных веществ: органические соединения, пищевые отходы, пригодные для применения в качестве удобрения в сельском хозяйстве, бумага и картон, стекло и стеклобой, пластмасса, кожа, древесина, различные металлы, поэтому необходимо разрабатывать проекты и строить специальные заводы по переработки мусора. По мнению специалистов, они более безопасны для окружающей среды и одновременно более экономичны, чем мусоросжигательные установки [18]. Сократить накопление отходов позволяет многократное использование стеклянных бутылок, сбор пластмассовых бутылок, и полиэтиленовых пакетов для переплавки и т.д.

Во многих странах Европы на мусоросборных площадках спальных районов, помимо контейнеров для сбора металла, пластика, бумаги и стекла, появились контейнеры для сбора использованной одежды, обуви, которые дальше поступают в сортировочный центр, где происходит следующий этап сортировки и отбора одежды, которая ещё может быть пригодна для использования, например для благотворительности. Такая невостребованная одежда проходит тщательный отбор: первоначально отделяются все металлические и пластмассовые детали (пуговицы, змейки, замки, кнопки и пр.), затем разделяют по типу ткани (хлопок, лен, полиэстер и т. д.).

Например, джинсовая ткань поступает на заводы по производству бумаги, где ткань измельчается и отмачивается, после этого процесс производства идентичен целлюлозному.

Органические по своей природе отходы (отходы растительного или пищевого происхождения, макулатура) возможно перерабатывать посредством биологического компостирования и перегнивания. Получающееся в результате органическое вещество в дальнейшем используется в садоводстве, фермерском и сельском хозяйстве как перегной или компост. Кроме того, выделяющийся в процессе перегнивания газ (например, метан) накапливается и затем используется для выработки электричества.

Энергосодержащие отходы возможно использовать сразу без какой-либо переработки в качестве топлива для двигателей или, переработав их, в виде любого другого вида топлива. Обработка отходов посредством использования высоких температур позволяет использовать отходы как источник топлива как для приготовления пищи и отопления помещений, так и для обеспечения работы котлов, с помощью которых вырабатывается пар и электроэнергия для турбин. Пиролиз и газификация — две формы переработки отходов при высокой температуре с ограниченным доступом кислорода. Эти процессы протекают в герметичной ёмкости под высоким давлением. В процессе пиролиза твердых отходов получают твердые, жидкие и газообразные вещества. При сжигании полученных жидких и газообразных веществ можно вырабатывать энергию, а при их переработке получать другие необходимые материалы. При дальнейшем очищении твердого остатка (кокса) получают такие вещества, как активированный уголь. Обычную и плазменно-дуговую газификацию используют для прямой переработки органических веществ в синтетический газ, в состав которого входят моноксид углерода и водород. При сжигании газа вырабатывают электричество и пар.

Также в составе твердых коммунальных отходов присутствуют древесные отходы (обрезки деревьев и кустов, мебель, оконные рамы), которые также можно перерабатывать и вовлекать в дальнейшую хозяйственную деятельность. Самый простой способ переработки древесных отходов – это получение технологической щепы, которая может использоваться в производстве плит, стройматериалов.

Следующий материал, который можно использовать, это стеклобой. В последнее время стеклобой используют как добавку в шихту стекловаренных печей, выработку облицовочных стеклокерамических плитки, строительных кирпичей, бетон и изделия из него.

Следующий компонент твердых бытовых отходов – автомобильные шины. Основные направления переработки и использования изношенных шин – это производство регенерата, получение резиновой крошки для производства гидроизоляционных строительных и некоторых технических материалов; строительство дорог с усовершенствованным асфальторезинобетонным покрытием; получение технического углерода и др. продуктов методом пиролиза; сжигание в специальных установках для получения тепловой энергии; укрепление откосов, берегов морей и рек; создание искусственных рифов в морях, плавающих волнорезов, противоударных барьеров на дорогах и т. д.

Регенерация резины – одно из наиболее целесообразных направлений утилизации шин, поскольку в этом случае материалы, содержащиеся в резиновой части шин, используются с наибольшим эффектом. По данным научно-исследовательских организаций, в рецептуре резиновых изделий без ухудшения их качества можно заменить регенератом до 10 % исходной смеси. При этом одна тонна регенерата в зависимости от типа резиновой смеси позволяет экономить 400-550 кг синтетического каучука. Разработана технология изготовления из регенерата объемной многооборотной тары для упаковки и транспортирования химических продуктов. Тара обладает высокой химической стойкостью и может эксплуатироваться при

температуре от – 30 до +70°С. Применение такой тары позволяет экономить большие количества фанеры, дерева, металла и полиэтилена [35].

Широкие перспективы имеют и другие направления использования изношенных шин [35]:

- «производство водной дисперсии резины для тампонирования буровых скважин, добавки в литой асфальтобетон, создания подпочвенных водоудерживающих экранов, гидроизоляция фундаментов зданий и сооружений;

- изготовление плиточных полов животноводческих помещений на основе резиновой крошки; - производство технического углерода методом пиролиза изношенных покрышек» [35].

Особое значение придается разработке технологии производства резиновой пыли и применению ее в протекторных резиновых смесях для автомобильных шин. Возможно также использование изношенных шин для производства тепловой энергии, так как по теплопроводной способности резина не уступает каменному углю.

Исходя из вышесказанного, можно сделать следующие выводы:

- бытовые коммунальные отходы содержат ценные составляющие компоненты, которые при отсутствии сортировки теряются;

- извлеченные ценные компоненты можно отправить в дальнейшую работу;

- применение и использование переработанных материалов может приносить значительные экономические выгоды, например экономия на упаковке, низкая цена первоначальных материалов (т.е. переработанных) для производства новых продуктов ;

- такое обращение с отходами значительно влияет на экологию в положительную сторону, а также способствует бережному отношению к экологии.

Путей реализации переработанных твердых бытовых отходов существует достаточное количество в зависимости от видов отходов. Для

каждого вида твердого бытового отхода разработаны и будут в будущем разрабатываться специфические утилизационные технологии, и технологии рециклинга. Наиболее распространены переработка макулатуры, стекла, пластика, пищевых отходов.

Таким образом, переработка твердых бытовых отходов является одним из важных инструментов для устойчивого социально – экономического и экологического развития человечества как отдельно взятого города, так и для страны и мира в целом.

3 Реализация утилизационных технологий на территории г.о. Тольятти

3.1 Анализ структуры бытовых коммунальных отходов в г.о. Тольятти

Рассмотреть варианты и пути реализаций утилизационных технологий можно на отдельно взятом г. Тольятти, так как ситуация с отходами, их обращением в целом по России схожа во всех населенных пунктах.

В Самарской области скопление и концентрация производств, других хозяйствующих субъектов, населения происходит в таких центрах, как г.о. Самара, г.о. Тольятти, г.о. Сызрань, и тем самым приводит к увеличению техногенной нагрузки на окружающую среду территорий, усилению негативного воздействия на здоровье людей.

Количество отходов, образуемых предприятиями и населением, по городам и районам Самарской области за последние пять лет составляло 5,5– 6,0 млн. т. Объем промышленных отходов составлял 4,35–4,75 млн. т и бытовые отходы – примерно 1,15– 1,4 млн. т. Следует отметить, что около 30 % в общем объеме занимает доля коммунальных отходов [40].

Также специалисты отмечают, что из 37 муниципальных образований Самарской области только в 16 имеются мощности по организованному размещению твердых бытовых отходов. Десятки поселений сельских

районов просто не охвачены услугами по сбору, транспортировке и размещению отходов [40].

На территории Самарской области функционируют два завода по переработки твердых бытовых отходов, расположенные в г. Тольятти. Мощности указанных заводов перерабатывают лишь от 7 до 10 % от общего объема образующихся твердых бытовых отходов.

В Самарской области появились инновационные технологии обращения с ТБО [36]. Прежде всего, к ним относятся новые мусоросортировочные станции, куда привозят собранные отходы.

В настоящее время деятельность по сортировке, транспортировке, переработке твердых бытовых отходов в области реализуется на трех мусоросортировочных станциях: ООО «Поволжские вторичные ресурсы», ООО «Эко Рециклинг Групп» и ОАО «ЗПБО». Однако, вывезенные на полигоны отходы не проходят процедуру сортировки, или сортируются крайне мало. Тем самым, доля использования отходов в качестве вторичных ресурсов в Самарской области не превышает 15 % [41].

Что касается экологической ситуации в г.о. Тольятти, можно сделать вывод, что она достаточно напряженная за счет плотной промышленной застройки и различных сфер деятельности предприятий – химическая, автомобилестроение и др. (она в городе примерно в 3—4 раза больше, чем в среднем по России). Вследствие этого значительно возрастает и образование отходов, и объем загрязнения окружающей среды. Основными источниками образования отходов и загрязнения являются промышленные территории — химические предприятия Центрального района и промрайон ОАО «АВТОВАЗ», доля коммунальных отходов также занимает лидирующие позиции [8].

До 2012 года весь объем крупногабаритных отходов и часть твердых бытовых отходов, образованных в результате жизнедеятельности населения размещался на специализированных полигонах ООО «Эколайн» и МУПП «Экология» [8].

Фактический объем образования и утилизации ТБО от жилищно - коммунального фонда соответствует действующим нормативам накопления отходов потребления для граждан, проживающих в жилищном фонде городского округа Тольятти, и составляют $1,67 \text{ м}^3$ на одного человека в год, в том числе $1,5 \text{ м}^3$ твердых бытовых отходов и $0,17 \text{ м}^3$ крупногабаритных отходов [8].

В городском округе Тольятти утилизация бытовых коммунальных отходов, образующихся от жизнедеятельности населения субсидируется за счет средств бюджета города, вывоз отходов оплачивается населением самостоятельно.

Функционирующие на территории города мусоросортировочные и мусороперерабатывающие заводы по ООО «ПОВТОР» и ОАО «ЗПБО» перерабатывают бытовые отходы жилого фонда и коммунальные отходы от организаций города, путем предварительной сортировки, их последующего обезвреживания.

Морфологические исследования твердых бытовых отходов г.о. Тольятти показали, что бытовые отходы города содержат в себе более 80% вторичных материальных ресурсов, которые можно перерабатывать [8].

Исходя из вышесказанного, можно сделать следующие выводы:

- объем твердых коммунальных отходов, образующихся за счет жизнедеятельности населения города составляет достаточное количество,
- на территории города функционируют мусоросортировочные центры и мусороперерабатывающие заводы,
- объем переработки и вторичного использования ценных материалов из отходов не достаточен, вследствие чего увеличивается количество мусора на свалках и число свалок,
- появляются попытки сортировки твердых коммунальных отходов в источниках их образования (дома, магазины), примерами являются контейнеры под ПЭТ – тару, отдельные урны у торгового центра,

- существует утвержденный порядок сбора отходов на территории г.о. Тольятти [42].

Подводя итог вышесказанному, можно сделать вывод, что решение вопроса по обращению с бытовыми коммунальными отходами в г.о. Тольятти сконцентрирован в правильном направлении, принимают участие в решении этого вопроса как муниципалитет, так и крупные предприятия города. Однако для устойчивого улучшения экологической ситуации необходимы меры стимулирующего и характера для населения и хозяйствующих субъектов.

3.2 Применение утилизационных технологий на примере г.о. Тольятти

Совместная работа предприятий города по сортировке и переработке отходов приносит стабильные результаты - извлечение порядка 20 000 т вторичных ресурсов из общего количества мусора и вовлечение их в хозяйственный оборот региона, уменьшение объема захораниваемых отходов до 20% от объема, поступивших от предприятий, и получение компостируемых смесей, применяемых при рекультивации полигонов. Однако, максимальная расчетная производительность мусоросортировочного комплекса ООО «ПОВТОР» при действующей системе сбора составляет 13 419 тонн вторичных материалов в год, а фактические показатели сортировки ТБО на данном предприятии значительно ниже и составляют 8 750 тонн. Полученные отходы после сортировки отправляют на ОАО «ЗПБО» для обезвреживания в биобарабанах ОАО «ЗПБО» [8]. В таблице 4 приведены расчетные данные о отборе вторичных материальных ресурсах на ООО «ПОВТОР».

Таблица 4 – Данные об отборе вторичных материалов на ООО «Повтор»

Материал	На входе, %	На входе, т	Отобрано, т	ОПС, т
----------	-------------	-------------	-------------	--------

Смешанная бумага	5,30	6625	550,0	6075
Пластик	20,30	25375	8054	17321
Металл	1,80	2250	675,0	1575
Стекло	9,20	11500	4140,0	7360
Органика	38,00	47500	0	47500

Продолжение таблицы 4

Данные об отборе вторичных материалов на ООО «Повтор»

Материал	На входе, %	На входе, т	Отобрано, т	ОПС, т
Текстиль	3,80	4750	0	4750
Смёт	21,6	25700	0	27000
Всего	100,00	125000	13419	111581

Далее на рисунке 9 представлено наглядно процентное соотношение извлекаемых из ТБО материалов. Наибольший процент занимают органические отходы и пластик. Что касается органики, то приносимый вред окружающей среде относительно не большой за счет естественного разложения, которое занимает определенное время. Что касается пластика, то такие накапливаемые отходы приносят значительный экологический вред за счет длительного естественного разложения.

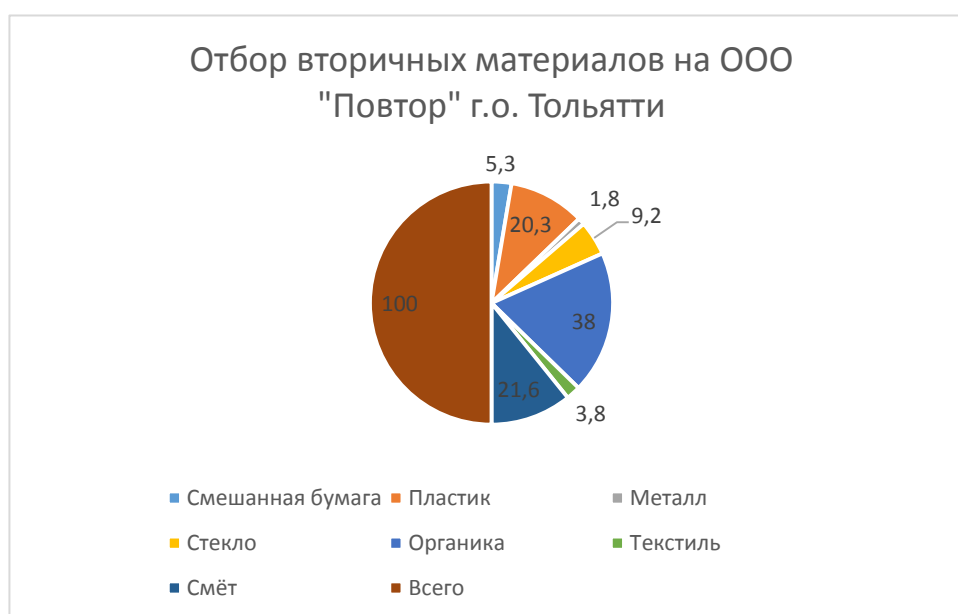


Рисунок 9 – Процентное соотношение отобранных вторичных материалов

Для определения морфологического состава твердых коммунальных отходов г.о. Тольятти было проведено исследование, в ходе которого была отобрана проба отходов в 560 кг, и результаты представлены в таблице 5 [8].

Таблица 5 - Морфологический анализ состава ТБО в г.о. Тольятти

Материал	Всего %	Тонн
<i>На входе</i>	<i>100 %</i>	<i>560</i>
Смешанная бумага	5,3 %	30
Смешанное волокно	1,3 %	7
Газета	0,0 %	0
Картон	4,0 %	22
Пластик	20,3 %	114
ПЭТ	4,3 %	24
Смешанный пластик	10,5 %	59
Плѐнка	0,5 %	3
Металл	1,8 %	10
Чѐрный металл	1,5 %	8
Алюминий	0,3 %	2
Стекло	9,2 %	52
Органика	27,0 %	151
Дерево	1,0 %	6
Кожа/Резина	1,0 %	6
Пищевые отходы	25,0 %	140
Текстиль	3,0 %	17
Другие отходы	33,4 %	187

На рисунке 10 наглядно представлена информация по

морфологическому анализу состава ТБО в г.о. Тольятти на основе отобранной пробы.



Рисунок 10 – Морфологический анализ состава ТБО г.о. Тольятти, т.

Таким образом, наибольшие составляющие коммунальных отходов – это пищевые остатки, органика и пластик. Существует не мало способов и технологий переработки и утилизации этих видов отходов, среди которых можно выбрать наиболее подходящие для организации и улучшения системы обращения с отходами в г.о. Тольятти.

Однако, проблемы обращения отходов должны решаться во взаимодействии государства, общественности и бизнеса. В общем по России, и в частности в г.о. Тольятти задачи по обращению с отходами ставит государство или местные власти, но в тоже время практически не затронуто малое предпринимательство, которое можно стимулировать. Предпринимательская деятельность в сфере обращения с отходами недостаточно поддерживается государством, отсутствуют экономические и законодательные стимулы для вовлечения предпринимательства.

Что касается общественности, то на основании данных социологического опроса, 57 % россиян готовы сортировать коммунальные

отходы, однако организация специальных мест или контейнеров не достаточна [43].

На основании вышесказанного для реструктуризации и улучшения системы обращения с твердыми коммунальными отходами для г.о. Тольятти можно предложить:

1. Организация в жилых многоквартирных домах, частном секторе, торговле отдельного сбора отходов жилого сектора, а также их отдельного транспортирования на комплексы по сортировке ТБО и другие перерабатывающие предприятия.

Предлагается установить контейнеры следующих типов: «Стекло», «Бумага», «Пластик», «Пищевые отходы» и контейнер с неотсортированными отходами. Далее контейнеры будут транспортироваться на объекты их дальнейшей сортировки и переработки.

2. Параллельно должны быть созданы пункты приема вторсырья (стеклотара, макулатура, ПЭТ-тара, черные и цветные металлы), с направлением на перерабатывающие их заводы.

Разделение мусора в источнике его образования позволит максимально разобрать вторичное сырье для последующей переработки, снизить общие расходы на утилизацию ТБО, улучшить экологическую обстановку на территории города, создать новые рабочие места, привлекая малоквалифицированный состав населения.

3. Создание мусороперерабатывающих предприятий, в местах равноудаленных от крупных населенных пунктов, куда будут транспортироваться селективно собранные отходы (контейнеры с неотсортированными отходами) и сырье с предприятий по сортировке ТБО (оставшиеся, после извлечения полезных фракций, отходы). На предприятии следует предусмотреть систему фильтров и их повсеместное использование.

Конечной продукцией после сортировки и переработки отходов на таком предприятии будут отсортированные полезные фракции,

энергетические ресурсы (выработка тепло- и электроэнергии) и коксующийся угольный остаток (используемый при производстве асфальта, покрытий игровых площадок, а также в качестве твердого топлива). На этой же площадке получаемое вторсырье будет подвергаться дальнейшей переработке, в целях получения уже готовый к потреблению и использованию продукции. Тем самым, процесс сбора и утилизации ТБО будет замкнут.

4. Организовать пункты сбора пластиковой тары, стеклотары, макулатуры, металла (жестяных банок из-под напитков, алюминиевой фольги из продуктов питания) в супермаркетах, торговых центрах. Это можно сделать с помощью малого бизнеса, однако для организации таких малых предприятий нужна помощь государства. Сбор и транспортировка собранных сортированных отходов должна производиться на мусороперерабатывающее предприятие. Мусороперерабатывающее предприятие будет включать не только извлечение вторсырья из общей массы мусора, но и его дальнейшую переработку:

- переработка отходов сельского хозяйства, пищевой и зерноперерабатывающей промышленности в кормовые добавки и комбикорма по технологии микробиологической биоконверсии;
- переработка пластиковых бутылок в полиэфирное волокно;
- переработка стеклобоя в стекловолокно, стеклобетон и стеклотару или стекломассу вторичного использования;
- переработка алюминия в пищевую фольгу, жестяные банки, кухонную посуду;
- переработка макулатуры в теплоизоляционный материал – эковату, картон и различного вида бумагу;
- переработка отходов древесины в сайдинг для отделки фасадов;
- переработка текстиля в бумагу для акварели, экообои, органно-синтетические плиты (аналог ДВП).

5. Проводить пропаганду сортировки мусора в источнике их

образования – в квартирах, домах, магазинах. В домашних условиях возможно использование специально разработанных контейнеров с отделениями для различных видов отходов. Контейнеры представляют собой несколько поставленных друг на друга пластиковых ящиков с крышками и ручками для переноса. На фронтальной части каждого ящика сделан специальный проем для складирования через этот проем бытовых отходов. Можно использовать несколько поставленных друг на друга ящиков для таких видов отходов, как пищевые отходы, бумага и картон, стекло и ПЭТ тара. Схематично указанные контейнеры представлены на рисунке 11.

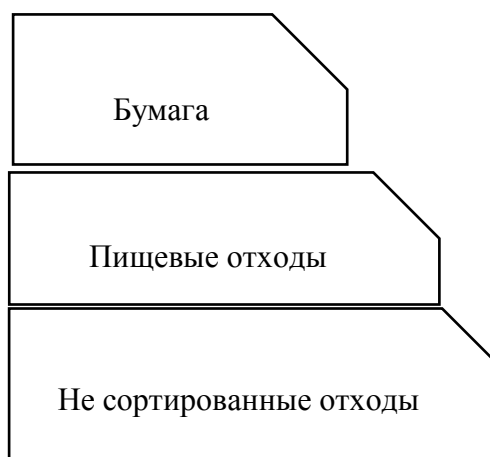


Рисунок 11 – Контейнеры под твердые коммунальные отходы

6. В местах сбора общих бытовых отходов предлагается использовать опыт европейских стран, где для отдельных видов мусора предназначены специальные контейнеры, которые выделены цветом или на которых прикреплены специальные обозначения. Таким образом, рассортированные в домашних условиях ТБО складываются в специально предназначенные для этого вида отхода контейнеры. Опорожнение контейнеров и транспортировка отходов на мусороперерабатывающий завод или свалку зависит от вида ТБО, например, пищевые отходы необходимо вывозить каждый день.

7. Использовать на мусороперерабатывающих предприятиях следующие способы сортировки и утилизации ТБО (для не сортированных ранее отходов): сортировочную линию, состоящую из 2х частей - с механическим способом сортировки ТБО и с ручным способом сортировки отходов. Описываемая линия представляет собой приемник, куда складываются привозимые отходы, с помощью транспортирующей ленты отходы провозятся на этапы механической сортировки с помощью процесса грохочения, выделяя фракции нескольких видов крупности. Одинаковые по размеру фракции транспортируются на различные столы, по периметру которых расположены сотрудники комплекса, которые вручную производят процесс дальнейшей сортировки или удаления не однородных материалов. Материалы складываются в контейнеры по видам отходов, и по транспортировочной ленте поступают на конечный этап – склад, откуда отходы пойдут на переработку. Механическая сортировка позволяет сэкономить время и трудовые затраты на разделение мусора по размеру, ручная сортировка позволяет добиться более качественного разделения отходов. Схематично такая система представлена на рисунке 12.

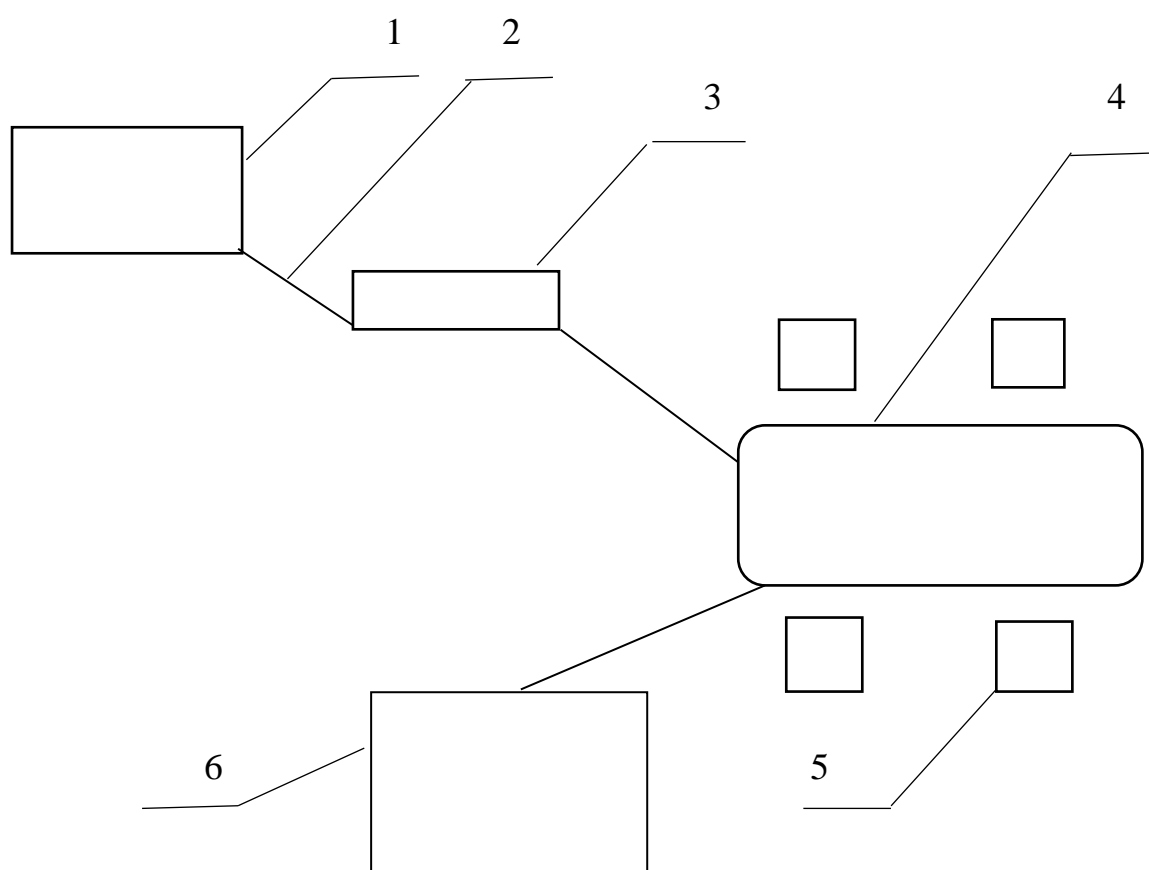


Рисунок 9.

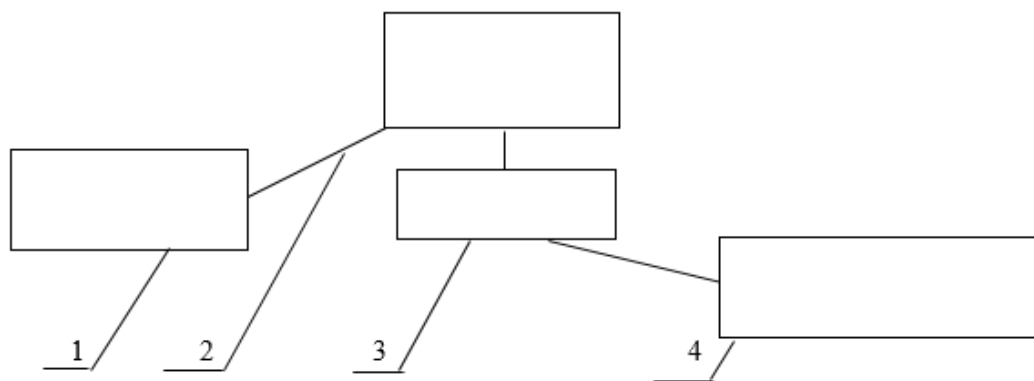
1 – Приемник, 2 – транспортировочная лента, 3 – отделение механической сортировки, 4 – отделение ручной сортировки, 5 – контейнеры для отходов, 6 – склад

Рисунок 12 – Схема линии по сортировке ТБО

8. На основе рассмотренного выше анализа было выявлено, что пластик занимает значительную долю от общего количества твердых коммунальных отходов. Для уменьшения количества пластмасс в отходах, качественного извлечения данного материала и повторного применения в хозяйственной деятельности предлагается следующая установка.

Установка представляет собой линию, состоящую из двух частей – сортировочной и перерабатывающей. Составные части линии – это приемный бункер, куда выгружаются пластмассовые отходы, которые могут быть как уже ранее сортированные, так и имеющие в составе различные фракции. Далее по транспортировочной ленте общая масса отходов продвигается на участки грохочения, которых имеется несколько штук для извлечения пластика различной крупности. Таким образом происходит отсев остальных компонентов и извлечение пластмасс различного размера. Далее на участке переработки происходит нагрев массы пластика и выплавка различных форм. Например, плит, которые можно использовать в качестве дорожного покрытия для передвижения человека. Данная установка может применяться на мусороперерабатывающих заводах и сортировочных комплексах, а также на предприятиях небольшого размера и небольших объемов переработки. Таким образом, данная установка может быть основой работы и получения прибыли в малых предприятиях, то есть сегмент бизнеса будет принимать участие в решении проблем обращения, переработки и утилизации твердых коммунальных отходов.

Схематично установка представлена на рисунке 13.



1 – приемный бункер, 2 – транспортировочная лента, 3 – участки грохочения, 4 – участок переработки массы пластика

Рисунок 13 – Устройство для сортировки и переработки пластика

9. Стимулировать население на муниципальном, региональном и федеральном уровне к разделению мусора за счет штрафов либо льгот. Например, Минприроды подготовило проект поправок в закон об отходах, в которых отдельный сбор мусора населением заинтересовывается и мотивируется через дифференцированные тарифы и льготы на вывоз мусора в домах [44]. Однако такая работа должна быть проведена в совместном и системном взаимодействии властей различного уровня, бизнес – сегмента и населения. Предполагается, что разработанные и предлагаемые штрафы будут стимулировать жителей многоквартирных домов, частного сектора, предприятий питания и торговли на осознанное разделение мусора, которое с течением времени станет неотъемлемой частью жизни и культуры. Предлагаемые льготы также способствуют укреплению бережного отношения к ресурсам и окружающей среде посредством мероприятий по разделению отходов.

Подводя итог вышесказанному, перечисленные мероприятия окажут существенное положительное влияние на ситуацию с твердыми коммунальными отходами в г.о. Тольятти, будут способствовать

улучшению экологической ситуации в городе, позволят использовать сортированные отходы для вторичной переработки, сохраняя при этом ресурсы и принося определенные экономические выгоды. Трехстороннее взаимодействие таких участников, как государство и региональные и местные власти, крупные, средние и малые предприятия и население укрепит взаимоотношения и способствует решению проблем обращения и утилизации отходов, бережному отношению к окружающей среде, развитию инновационных разработок в этой сфере. Однако, способы сортировки отходов с пропагандой в массах бережливого отношения к природе и необходимости сортирования твердых бытовых отходов должны первоначально поддерживаться и исходить от государства, что позволит с течением времени ввести в привычку у общества разделение отходов. Переработка ТБО и их повторное использование позволит получить экономические выгоды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Продукция и товары, производимые промышленностью и сельским хозяйством, являются неотъемлемой частью современной экономики, однако все товары и продукты с течением времени теряют свои потребительские свойства. В результате этого происходит процесс образования и накопления твердых коммунальных отходов.

Объемы образования отходов, и наносимый вред окружающей среде с каждым годом увеличивается, однако в развитых странах внимание на решение таких проблем обращается в значительной степени, что касается России, переход от накопления отходов к решению проблем с обращением с отходами и улучшению экологической обстановки только в процессе.

Деятельность по управлению твердыми коммунальными отходами в странах Европейского союза (ЕС) – это обязательная часть общей государственной и экологической политики, которая отличается обоснованностью, систематичностью и целенаправленностью. В настоящее время управление отходами в ЕС представляет собой индустрию, успешно развивающуюся, прибыльную и самостоятельную отрасль, которая по своей мощи и значимости не только не уступает, но и превосходит отдельные виды отраслей промышленности, что приносит в конечном счете такие результаты, как сбережение различных ресурсов, внедрение новых экологических и утилизационных технологий, бережное отношение к окружающей среде и населению, возможность восстановления окружающей среды.

Российская Федерация может перенять положительный опыт ЕС в области управления отходами, руководствуясь следующей иерархией последовательности приоритетов [44]:

- минимизацию и уменьшение объемов образования отходов;
- разделение отходов в источниках их образования;

- рециркуляцию, повторное использование отходов;
- переработку-обезвреживание и утилизацию отходов;
- удаление и захоронение конечных отходов экологически приемлемыми методами.

Основной задачей всего человечества является то, чтобы не нарушать естественные основы своего существования, не мешать прогрессивным процессам в биосфере, растрачивая на это все возрастающее количество энергии, а постараться разобраться в законах и правилах, движущих этими процессами, и согласовать с ними свои цели и действия. Достигнуть этих целей непросто по причинам значительной сложности биосферных связей, которые необходимо постоянно изучать и учитывать при организации своей деятельности. В представленной работе была сделана работа по сбору и обобщению теоретического, методического и практического материала об основных видах твердых бытовых отходов в России, и в частности г.о. Тольятти, основных технологий переработки ТБО, приведены характеристики типовых способов и устройств, использование которых способствует становлению положительного влияния на санацию окружающей среды.

Что касается технологий утилизации ТБО, то в современном мире применяются следующие:

- захоронение – складирование отходов на специально отведенном месте – полигоне, является самым распространённым методом избавления от отходов,
- сжигание – контролируемый процесс, происходящий в печах при высоких температурах,
- компостирование – способ, основанный на естественном и достаточно длительном по времени биоразложению;
- пиролиз – технология разложения фракций отходов при высоких температурах и без доступа кислорода;
- сортировка – разложение отходов по видам,

- вторичная переработка – вовлечение в повторное использование ТБО, которые прошли стадии специальных обработок.

Твердыми коммунальными отходами можно считать различные предметы, вещи, материалы, которые потеряли свои потребительские свойства.

Первейшим основным источником образования твердых коммунальных отходов является жилищно – коммунальная сфера, предприятия торговли. В таких источниках образования процедуру сортировки отходы практически не проходят. Такая ситуация складывается в целом по России, и в частности по г.о. Тольятти.

В г.о. Тольятти, также, как и по России в целом ситуация с ТБО представляет собой достаточно серьезную проблему. В составе твердых коммунальных отходов находятся такие материалы и вещества, как бумага и картон, пищевые отходы, металл, стекло, пластик, древесина, текстиль. Однако специальной деятельности по разделению по отходам на однородные группы в местах образования отходов практически не ведется. Очень мало установлено контейнеров под определенные виды отходов; сортировать ТБО в источнике их образования необходимо для уменьшения объема отходов путем переработки и вовлечения в повторный оборот необходимых материалов, нормализации экологической обстановки.

Поэтому в данной работе были предложены мероприятия и устройства для достижения вышеуказанных целей – сортировка коммунальных отходов в частных домовладениях и использование для этого специальных контейнеров, возможность складирования рассортированных отходов по общим контейнерам для транспортировки их на мусоросортировочных комплексах, применение частично механизированного, частично ручного способа сортировки привезенных общих отходов, проведение профилактически – пропагандистских мероприятий для укрепления в сознании общества необходимости бережного отношения к окружающей среде.

Мероприятия, указанные в работе, способствуют достижению таких основных целей, как уменьшение объема образования ТБО, нормализация экологической обстановки в городе, получение экономических выгод за счет переработанных и введенных во вторичное использование материалов.

Проведенный патентный поиск, анализ материалов, касающийся вопросов технологий утилизации твердых бытовых отходов, способов реализации и повторного использования переработанных материалов представляет собой необходимую информационную базу для дальнейших исследований.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Прямая линия с Владимиром Путиным. Все новости в деталях [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://в-деталях.рф/>.3.
- 2 Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды Ульяновской области в 2013 году» [Текст] // Корпорация технологий продвижения. – 2014. - № 5 – С. 143.
- 3 Манохин, М.В. Проблемы обращения с твердыми бытовыми отходами в России [Текст] / М.В. Манохин // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. – 2014. - № 4. – С. 76 – 79.
- 4 Шевелева, О.В. Российская система управления отходами: реформировать срочно! [Текст] / О.В. Шевелева // Твердые бытовые отходы. – 2013. - № 7. – С. 38 – 41.
- 5 Бобович, Б.Б. Управление отходами: учебное пособие [Текст] / Б. Бобович – М. : Форум: Инфра-М, 2013, 88 с.
- 6 Трофименко, Ю.В. Управление потоками твёрдых бытовых отходов в муниципальных образованиях (на примере Пушкинского района Московской области) [Текст] / Ю.В. Трофименко, С.Н. Просев, В.И. Комков // Безопасность в техносфере. – 2008. - № 2. – С. 11 – 20.
- 7 Мельникова, Д.А. Оптимизация системы управления движением отходов ТБО с целью улучшения экологической ситуации на территории г.о. Тольятти [Текст] / Д.А. Мельникова, М.В. Кравцова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2012. - № 1 – С. 771 – 776.
- 8 Трешников, С.Е. Мониторинг качественного состава ТБО на примере мусороперерабатывающего предприятия г.о. Тольятти [Текст] / С.Е. Трешников, А.О. Гомоницкая // Технические науки - от теории к практике: сб. ст. по матер. XXXI междунар. науч.-практ. конф. – Новосибирск, 2014. - № 2 (27). – С. 190 – 196.

- 9 Федеральный закон от 24.06.1998 № 89 (в ред. от 21.11.2011) «Об отходах производства и потребления» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.
- 10 Доклад Росприроднадзора «О ходе работ по выявлению и понуждению к ликвидации мест несанкционированного размещения твердых бытовых отходов в 2012 году» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://rpn.gov.ru/node/14>.
- 11 Концепция обращения с твёрдыми бытовыми отходами в Российской Федерации. Утв. Постановлением коллегии Госстроя России от 22.12.1999 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.
- 12 Кирсанов, С.А. и др. Мировой и российский опыт утилизации твердых бытовых отходов [Текст] / С.А. Кирсанов, Г.В. Мустафин // Вестник Омского университета. Серия «Экономика». – 2014. - № 2. – С. 114 – 120.
- 13 Переработка мусора (ТБО) в Европе [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://ztbo.ru/o-tbo/stati/stranni/pererabotka-musora-tbo-v-evrope>.
- 14 Совершенствование системы обращения с твердыми бытовыми отходами (ТБО) на муниципальном уровне: обзор литературы [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.fsdejournal.ru/node/508>.
- 15 Савиных, В.В. Ульяновское отделение МАНЭБ в системе обеспечения экологической безопасности региона [Текст] / В.В. Савиных, А.О. Воронцов, Д.А. Фирсов // Международные научные чтения "Белые ночи – 2012". Матер. конф. "Проблемы безопасности XXI века и пути их решения". – Киев, 2012. – С. 462 – 469.
- 16 Малышевский, А.Ф. Обоснование выбора оптимального способа обезвреживания твердых бытовых отходов жилого фонда в городах России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://netess.ru/>.
- 17 Никитин, А.Т. Отходы производства и потребления: управление на уровне субъекта России [Текст] / А.Т. Никитин // Твердые бытовые отходы. – Электрон. журн. – МНЭПУ, 2009. – Режим доступа: www.mprso.ru.

18 Способ удаления, сортировки и переработки твердых бытовых отходов : пат. 2164447 Рос. Федерация : МПК В 03 В 9/06 В 65 F5/00 В 09 В5/00 / Петруков О.П., Бабкин В.Ю., Шубов Л.Я.; заявитель и патентообладатель ООО «Компания «Спецкоммунтехника» [Текст] - № 2164447 : заявл. 15.06.00 : опубл. 27.03.01 – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.freepatent.ru/patents/2164447>.

19 Способ комплексной переработки городских твердых бытовых отходов : пат. 2209682 Рос. Федерация : МПК В 09 В 3 В 07 В 9 В 03 В 9 / 06 / заявитель и патентообладатель ООО «Компания «Спецкоммунтехника» [Текст] - № 22009682 : заявл. 08.08.02 : опубл. 10.08.03 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/220/2209682.html>.

20 Плазмохимический способ переработки твердых бытовых и промышленных отходов : пат. 2478169 Рос. Федерация : МПК F 23 G 5 / 00 C 22 В 7 / 00 / Емельянов С.Г., Звягинцев Г.Л., Кобелев Н.С.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Юго-Западный государственный университет" (ЮЗГУ) [Текст] - № 2478169 : заявл. 23.09.11 : опубл. 27.03.2013 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.freepatent.ru/patents/2478169>.

21 Способ переработки бытовых отходов и линия для его осуществления: пат. 2238156 Рос. Федерация : МПК В 09 В 3 / 00 В 03 В 9 / 06 C 05 F9/00/ Киселенко В.В.; заявитель и патентообладатель Киселенко В.В. [Текст] - № 2238156 : заявл. 20.01.0 : опубл.20.10.04 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/223/2238156.html>.

22 Устройство для переработки твердых бытовых отходов : пат. 2397031 Рос. Федерация : МПК В 09 В 3 / 00 В 03 В 9 / 06 В 07 В 1 / 18 / Парахин Ю.А.; заявитель и патентообладатель Парахин Ю.А. [Текст] - № 2397031 : заявл. 06.10.09 : опубл. 20.08.10 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/239/2397031.html>.

23 Система сортировки твердых бытовых отходов : пат. 2558873 Рос.

Федерация : МПК В 07 В 9 / 00 В 03 В 9 / 06 В 03 В 4 / 00 / Коротаяев В.Н., Паршакова С.Н., Григорьев В.Н., Вайсман Я.И.; заявитель и патентообладатель ООО «Центр инженерного консалтинга» [Текст] - № 2558873 : заявл. 06.03.13 : опубл. 20.08.14 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/255/2558873.html>.

24 Способ получения генераторного газа : пат. 2469073 Рос. Федерация : МПК С 10 J 3 / 72 F 23 G 5 / 027 / Костюнин В.В., Потапов В.Н., Чуваев С.И.; заявитель и патентообладатель ООО «Вихревые газовые системы» [Текст] - № 2469073 : заявл. 17.08.12 : опубл. 10.12.13 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.freepatent.ru/patents/2469073>.

25 An integrated approach of composting methodologies for solid waste management [Текст] : Kumaresan K., Balan R., Sridhar F., Aravind J., Kanmani P. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gjesm.net/article_15267_0.html.

26 Установка для утилизации люминесцентных ламп : пат. 2415721 Рос. Федерация МПК В 09 В 3 / 00 В 03 В 9 / 06 / Кочетов О.С., Гестия С.И., Костюченко В.Е., Комиссарова Т.А., Кривенцова С.М.; заявитель и патентообладатель Кочетов О.С. [Текст] - № RU 2415721 : заявл. 21.01.10 : опубл. 10.04.11 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.freepatent.ru/patents/2415721>.

27 Шубов, Л.Я. Концепция промышленной переработки твердых бытовых отходов: необходимость создания и принципы построения [Текст] / Л.Я. Шубов, Р.В. Залепухин // Новое в экологии и безопасности жизнедеятельности. Доклад на III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Санкт – Петербург, 2000. – С. 48 – 59.

28 Система сортировки твердых бытовых отходов : пат.2558873 Рос. Федерация МПК В 07 В 9 / 00 В 03 В 9 / 06 В 03 В 4 / 00 / Григорьев В.Н., Вайсман Я.И.; заявитель и патентообладатель ООО «Центр инженерного консалтинга» [Текст] - № 2558873 : заявл. 19.05.03 : опубл. 27.12.04

[Электронный ресурс]. – Режим доступа:
<http://www.findpatent.ru/patent/255/2558873.html>.

29 Способ переработки твердых отходов и шламов : пат. 2225762 Рос. Федерация МПК В 09 В 3 / 00 / Старовойтов М.А., Старовойтов С.М., Старовойтов В.И.; заявитель и патентообладатель ООО «Экология» [Текст] - № 2225762 : заявл. 25.03.03 : опубл. 20.03.04 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bd.patent.su/2225000-2225999/pat/servlet/servlet982f.html>.

30 Вакуумная система удаления мусора [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fsdejournal.ru/node/485>.

31 Комплекс переработки твердых бытовых отходов производства и потребления : пат. 2324554 Рос. Федерация МПК В 09 В 3 В В 03 В 9 / 06 / Федотов Е.В.; заявитель и патентообладатель Федотов Е.В. [Текст] - № 2324554 : заявл. 29.12.06 : опубл. 20.05.08 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/232/2324554.html>.

32 System for separate wast vinyl [Текст] : KR101629369 (B1) - В 02 С 18 / 06 В 02 С 23 / 08 В 03 С 1 / 00 В 07 В 1 / 22 / Jeong Kyung Ho [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://worldwide.espacenet.com>.

33 System and method for disposing household garbage [Текст] : CN106077024 (A) В 09 В 3 / 00 С 04 В 7 / 24 / Jia Yiman, Bao Xinxin, Xiao Lei, Wang Pengfei – [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://worldwide.espacenet.com>.

34 Описание системы вакуумного удаления мусора [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.clearsystem-pro.ru/catalog/187-centralное-мусороудаление>.

35 Рециклинг отработанных шин: технологические инновации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.solid-waste.ru/publ/view/832.html>.

36 Process for cleaning dirty post – consumer waste glass [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.patentscope.wito.int>.

37 Способ использования бытовых отходов и мусора и комплекс для осуществления способа: пат. 2520675 Рос. Федерация МПК В 09 В 3 / 00 / Елистратов Ю.П., Лозовой В.А., Рогов В.А.; заявитель и патентообладатель Елистратов Ю.П., Лозовой В.А., Рогов В.А. [Текст] - № 2520675 : заявл. 12.04.12 : опубл. 27.06.14 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.freepatent.ru/patents/2520675>.

38 Установка обезвреживания и уничтожения твердых отходов : пат. 2282788 Рос. Федерация МПК F 23 G 5 / 027 F 23 G 5 / 24 / Щукин Д.Е., Феньков И.Н., Новиков А.С., Крюков М.А., Мельников А.В.; заявитель и патентообладатель ООО «Итлан» [Текст] - № 2282788 : заявл. 27.12.04 : опубл. 28.08.06 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/228/2282788.html>.

39 ГОСТ 25916-83 «Ресурсы материальные вторичные. Термины и определения» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.

40 Корнилов, А.М. Экономико – математическое моделирование рециклинга твердых бытовых отходов и использование вторичного материального сырья [Текст] / А.М. Корнилов, К.Т. Пазюк // Вестник ТОГУ. – 2008. - № 2 (9) – С. 69 – 80.

41 Постановление Правительства Самарской области от 6.08.2009 № 372 «Об утверждении областной целевой программы «Совершенствование системы обращения с отходами производства и потребления и формирование кластера использования вторичных ресурсов на территории Самарской области» на 2010–2012 годы и на период до 2020 года» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.

42 Об утверждении муниципальной программы по обращению с отходами на территории городского округа Тольятти на 2014-2016 годы (с изм. на 05.04.2016) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/464005476>.

43 Готовы сортировать [Текст] // Презент. – 2016. - № 27. – С. 8.

- 44 Внедрение дуальной системы сбора ТБО в г. Тольятти: проблемы и перспективы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://edu-science.ru/wp-content/uploads/2016/03/edu_9_p7_5-95.pdf.
- 45 Сортируешь мусор – меньше платишь? [Текст] // Презент. – 2017. - № 54. – С. 7.
- 46 Industry and waste management [Текст] Cambridge University Press. – 2012. - № 6. – С. 209 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cambridge.org/core/books>.