

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
ПЕРМСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по науке и  
инновациям ПНИПУ

д-р техн. наук, профессор

В. Н. Коротаев



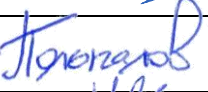


« 01 » 20 17 г.



**Каталог технических и технологических решений для  
проектирования мусороперерабатывающих предприятий**

Пермь 2017

## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Ф.И.О.	Должность	Подпись
Коротаев В. Н.	д. т. н., профессор кафедры ООС	
Ильиных Г. В.	старший преподаватель	
Польгалов С. В.	инженер	
Борисов Д. Л.	старший преподаватель	
Базылева Я. В.	инженер	

## РЕФЕРАТ

Каталог технических и технологических решений для проектирования мусороперерабатывающих предприятий представлено на 149 страниц, содержит 85 рисунков, 116 таблиц, 36 литературных источников, 12 приложений.

Ключевые слова: ТВЕРДЫЕ КОММУНАЛЬНЫЕ ОТХОДЫ, СОРТИРОВКА ТКО, РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ, ВТОРИЧНОЕ СЫРЬЕ, КРУПНОГАБАРИТНЫЕ ОТХОДЫ, МЕЛКАЯ ФРАКЦИЯ, ОПАСНЫЕ МАТЕРИАЛЫ.

Объектом исследования являются технологии и оборудование для промышленной сортировки твердых коммунальных отходов.

Цель работы – разработка руководства по сортировке твердых коммунальных отходов.

В процессе работы проводился литературный обзор технологий и оборудования на всех этапах сортировки твердых коммунальных отходов.

Результаты работы – сводная информация по технологиям и оборудованию на всех этапах сортировки твердых коммунальных отходов.

Каталог технических и технологических решений может, применяется на существующих предприятиях, осуществляющие деятельность по обработке и сортировке отходов, в том числе муниципальных и твердых коммунальных отходов. Полученные решения могут быть использованы при разработке проектной документации для новых мусоросортировочных комплексов, также при разработке региональных технологических схем обращения с отходами (муниципальными, твердыми коммунальными и другими), при модернизации и расширении существующих объектов по обращению с отходами.

Представленные решения предназначены также для специалистов в области обращения с твердыми коммунальными отходами (техногенными) отходами, которые организуют и контролируют деятельность по обращению с отходами (администрации населенных пунктов, службы жилищно-коммунального хозяйства и благоустройства территории и т.п.).

Технические и технологические решения могут использовать производители оборудования для улучшения технических характеристик выпускаемого оборудования.

Каталог технических и технологических решений может использоваться в учебном процессе при обучении студентов соответствующих направлений, в курсах лекций для подготовки специалистов природоохранных служб.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ</b> .....	<b>6</b>
<b>ОПРЕДЕЛЕНИЯ</b> .....	<b>7</b>
<b>ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ</b> .....	<b>11</b>
<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	<b>12</b>
<b>1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ</b> .....	<b>13</b>
1.1. Общая характеристика твердых коммунальных отходов.....	13
1.2. Ресурсный потенциал твердых коммунальных отходов.....	15
1.3. Методы извлечения ресурсного потенциала твердых коммунальных отходов.....	15
1.4. Общая характеристика промышленной сортировки твердых коммунальных отходов.....	17
<b>2. ОБЩАЯ СХЕМА СОРТИРОВКИ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ</b>	<b>19</b>
2.1. Технологическая схема сортировки твердых коммунальных отходов.....	19
2.2. Основные этапы сортировки твердых коммунальных отходов.....	20
<b>3. ПОДГОТОВКА ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ</b> .....	<b>22</b>
3.1. Отделение крупногабаритных отходов.....	22
3.2. Открытие пакетов с твердыми коммунальными отходами.....	27
3.3. Предварительное отделение вторичного сырья и/или опасных материалов.....	34
3.4. Фракционирование твердых коммунальных отходов.....	37
3.4.1. Грохочение.....	37
3.4.2. Дробление.....	43
<b>4. ОСНОВНАЯ СОРТИРОВКА ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ</b> .....	<b>54</b>
4.1. Механическая сортировка.....	54
4.2. Электромагнитная сортировка.....	58
4.3. Ручная сортировка.....	62
4.4. Оптико-механическая сортировка.....	65
4.4.1. Идентификация компонентов.....	66
4.4.2. Разделение компонентов.....	74
<b>5. ПОДГОТОВКА ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ К РЕАЛИЗАЦИИ</b> .....	<b>80</b>
5.1. Доочистка потоков.....	80
5.2. Прокалывание потоков.....	82
5.3. Прессование потоков и «хвостов».....	86
5.4. Упаковывание потоков и «хвостов».....	89
<b>6. ИЗВЛЕЧЕНИЕ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА</b> .....	<b>93</b>
6.1. Выделение горючих материалов.....	93
6.2. Подготовка высококалорийной фракции к переработке.....	96
6.3. Выделение инертных материалов.....	97
6.4. Подготовка инертных материалов к повторному использованию.....	99
6.5. Выделение биоразлагаемых отходов.....	100
6.6. Подготовка биоразлагаемых отходов к компостированию.....	102
6.7. Выделение опасных материалов.....	102
6.8. Прессование «хвостов».....	104
<b>7. ОБРАБОТКА КРУПНОГАБАРИТНЫХ ОТХОДОВ</b> .....	<b>106</b>
7.1. Сортировка КГО.....	106
7.2. Дробление КГО.....	108
7.3. Разборка КГО вручную.....	111
7.4. Выделение опасных материалов.....	112
7.5. Подготовка КГО к захоронению.....	114

<b>8.</b>	<b>ОБРАБОТКА МЕЛКОЙ ФРАКЦИИ.....</b>	<b>115</b>
8.1.	Выделение вторичного сырья.....	115
8.2.	Выделение опасных материалов .....	116
<b>9.</b>	<b>ОБРАБОТКА ОПАСНЫХ МАТЕРИАЛОВ .....</b>	<b>118</b>
<b>10.</b>	<b>ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ .....</b>	<b>120</b>
10.1.	Погрузчики .....	120
10.2.	Конвейеры .....	121
10.3.	Контейнеры .....	124
	<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>125</b>
	<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....</b>	<b>126</b>
	<b>ПРИЛОЖЕНИЯ.....</b>	<b>128</b>
	Приложение 1. Характеристики оборудования для отделения крупногабаритных отходов .....	129
	Приложение 2. Характеристики разрывателей.....	131
	Приложение 3. Характеристики оборудования для фракционирования .....	132
	Приложение 4. Характеристики оборудования для дробления .....	134
	Приложение 5. Характеристики оборудования для механической сортировки.....	136
	Приложение 6. Характеристики оборудования для выделения металлов .....	137
	Приложение 7. Классификация макулатуры .....	138
	Приложение 8. Классификация вторичного полимерного сырья.....	140
	Приложение 9. Классификация стеклобоя.....	142
	Приложение 10. Классификация металлолома .....	143
	Приложение 11. Характеристики оборудования для прокалывания.....	147
	Приложение 12. Характеристики оборудования для прессования .....	148

## НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

При разработке настоящего руководства использованы следующие основные нормативные правовые документы, регулирующие вопросы обращения с отходами:

1. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ (ред. от 13.07.2015) «Об охране окружающей среды».
2. Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ (ред. от 01.07.2015) «Об отходах производства и потребления».
3. Постановление Правительства РФ от 03.09.2010 № 681 «Об утверждении Правил обращения с отходами производства и потребления в части осветительных устройств, электрических ламп, ненадлежащие сбор, накопление, использование, обезвреживание, транспортирование и размещение которых может повлечь причинение вреда жизни, здоровью граждан, вреда животным, растениям и окружающей среде» (ред. от 01.10.2013).
4. Санитарные правила по сбору, хранению, транспортировке и первичной обработке вторичного сырья (утв. главным государственным санитарным врачом СССР 22.01.1982 № 2524-82).
5. ГОСТ 30772-2001. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Термины и определения (введен в действие постановлением Госстандарта РФ от 28.12.2001 № 607-ст).
6. ГОСТ Р 53692-2009. Национальный стандарт РФ. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы технологического цикла отходов (утв. и введен в действие приказом Ростехрегулирования от 15.12.2009 № 1092-ст).
7. ГОСТ 2787-75. Металлы черные вторичные. Общие технические условия (утв. Постановлением Госстандарта СССР от 26.12.1975 N 4035) (ред. от 01.12.1982).
8. ГОСТ 10700-97. Макулатура бумажная и картонная. Технические условия (введен Постановлением Госстандарта РФ от 23.08.2002 N 311-ст) (ред. от 21.05.2015).
9. ГОСТ 24599-87. Грейферы канатные для навалочных грузов. Общие технические условия.
10. ГОСТ Р 54235-2010 (CEN/TS 15357:2006) Топливо твердое из бытовых отходов. Термины и определения (ред. от 21.05.2015).
11. ГОСТ Р 52233-2004. Тара стеклянная. Стеклобой. Общие технические условия Классификация и Виды вторичного сырья. (утв. и введен в действие Постановлением Госстандарта России от 9 марта 2004 г. № 86-ст) (ред. от 21.05.2015).
12. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 09.12.2010 № 163 «Об утверждении СанПиН 2.1.7.2790-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к обращению с медицинскими отходами».
13. ТУ 14-10-14-90. Лом и отходы углеродистых черных металлов не рассортированные.
14. ТУ 63.473-32-90. Сырье полимерное вторичное необработанное.

## ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящем руководстве применяются следующие термины с соответствующими определениями:

**Вид отходов** – совокупность отходов, которые имеют общие признаки в соответствии с системой классификации отходов (по ФЗ от 24.06.98 № 89-ФЗ).

**Вторичное сырье** – вторичные материальные ресурсы, для которых имеется реальная возможность и целесообразность использования в народном хозяйстве (по ГОСТ 30772-2001).

**Горючая фракция** – отходы, которые обладают теплотворной способностью (бумага, пластик, текстиль, дерево, кожа, резина).

**Группы однородных отходов** – отходы, классифицированные по одному или нескольким признакам (происхождению, условиям образования, химическому и (или) компонентному составу, агрегатному состоянию и физической форме) (по ФЗ от 24.06.98 № 89-ФЗ).

**Захоронение отходов** – изоляция отходов, не подлежащих дальнейшей утилизации, в специальных хранилищах в целях предотвращения попадания вредных веществ в окружающую среду (по ФЗ от 24.06.98 № 89-ФЗ).

**Идентификация отхода** – деятельность, связанная с определением принадлежности данного объекта к отходам того или иного вида, сопровождающаяся установлением данных о его опасных, ресурсных, технологических и других характеристиках (по ГОСТ 30772-2001).

**Инертные отходы** – отходы, существование которых не оказывает негативного воздействия на людей и окружающую среду (по ГОСТ 30772-2001).

**Использование отходов** – деятельность, связанная с утилизацией отходов, в том числе и отходов, появляющихся на последней стадии жизненного цикла любого объекта, направленная на производство вторичной товарной продукции, выполнение работ (услуг) или получение энергии с учетом материало- и энергосбережения, требований экологии и безопасности (по ГОСТ 30772-2001).

**Крупногабаритные отходы (КГО)** – отходы хозяйственной деятельности и потребления, утратившие свои потребительские свойства, размерами более 75 см в одну из сторон (в том числе мебель, бытовая техника, тара и упаковка от бытовой техники, мусор от ремонта и реконструкции квартир и мест общего пользования в многоквартирном доме и другой).

**Лом и отходы цветных и (или) черных металлов** – пришедшие в негодность или утратившие свои потребительские свойства изделия из цветных и (или) черных металлов и их сплавов, отходы, образовавшиеся в процессе производства изделий из цветных и (или) черных металлов и их сплавов, а также неисправимый брак, возникший в процессе производства указанных изделий (по ФЗ от 24.06.98 № 89-ФЗ).

**Медицинские отходы (отходы лечебно-профилактических учреждений)** – отходы, образующиеся в организациях при осуществлении медицинской и/или фармацевтической деятельности, выполнении лечебно-диагностических и оздоровительных процедур, подразделяющиеся на пять классов опасности (А, Б, В, Г, Д) в зависимости от степени их эпидемиологической, токсикологической и радиационной опасности, а также негативного воздействия на среду обитания (по СанПиН 2.1.7.2790-10).

**Мелкая фракция (отсев)** – отходы, которые представляют частицы, не превышающие определенного размера оборудования, образовавшиеся после стадии обработки отходов (частицы, прошедшие через ячейки определенного размера грохотов).

**Накопление отходов** – временное складирование отходов (на срок не более чем шесть месяцев) в местах (на площадках), обустроенных в соответствии с требованиями законодательства в области охраны окружающей среды и законодательства в области

обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения, в целях их дальнейших утилизации, обезвреживания, размещения, транспортирования (по ФЗ от 24.06.98 № 89-ФЗ).

**Обезвреживание отходов** - уменьшение массы отходов, изменение их состава, физических и химических свойств (включая сжигание и (или) обеззараживание на специализированных установках) в целях снижения негативного воздействия отходов на здоровье человека и окружающую среду (по ФЗ от 24.06.98 № 89-ФЗ).

**Обработка отходов** – предварительная подготовка отходов к дальнейшей утилизации, включая их сортировку, разборку, очистку (по ФЗ от 24.06.98 № 89-ФЗ).

**Обращение с отходами** – деятельность по сбору, накоплению, транспортированию, обработке, утилизации, обезвреживанию, размещению отходов (по ФЗ от 24.06.98 № 89-ФЗ).

**Объекты размещения отходов** - специально оборудованные сооружения, предназначенные для размещения отходов (полигон, шламохранилище, в том числе шламовый амбар, хвостохранилище, отвал горных пород и другое) и включающие в себя объекты хранения отходов и объекты захоронения отходов (по ФЗ от 24.06.98 № 89-ФЗ).

**Отходы I – IV классов опасности** – отходы чрезвычайно опасные (I), высокотоксичные (II), умеренно опасные (III) и малоопасные (IV), в состав которых входят вещества или компоненты, обладающие одним или несколькими опасными свойствами (токсичностью, взрывоопасностью, способностью к самовозгоранию, высокой реакционной способностью, канцерогенностью, наличием возбудителей инфекционных заболеваний или другими установленными документально опасными свойствами), и обращение с которыми представляет непосредственную или потенциальную опасность для жизни и здоровья человека и/или окружающей среды (по ГОСТ Р 53692-2009).

**Опасные материалы** – совокупность материалов, обладающих одним или несколькими опасными свойствами (токсичностью, взрывоопасностью, способностью к самовозгоранию, высокой реакционной способностью, канцерогенностью, наличием возбудителей инфекционных заболеваний или другими установленными документально опасными свойствами), и присутствие которых в составе ТКО представляет непосредственную или потенциальную опасность для жизни и здоровья человека и/или окружающей среды при обращении с твердыми бытовыми отходами.

**Отходы производства и потребления (далее - отходы)** - вещества или предметы, которые образованы в процессе производства, выполнения работ, оказания услуг или в процессе потребления, которые удаляются, предназначены для удаления или подлежат удалению (по ФЗ от 24.06.98 № 89-ФЗ).

**Перевозчик отходов** – любое юридическое лицо, индивидуальный предприниматель, осуществляющее транспортирование опасных или других отходов (по ГОСТ 30772-2001).

**Переработка отходов** – деятельность, связанная с выполнением технологических процессов по обращению с отходами для обеспечения повторного использования в народном хозяйстве полученных сырья, энергии, изделий и материалов (по ГОСТ 30772-2001).

**Подготовленные твердые коммунальные отходы** – отходы, которые были подготовлены для удобства дальнейшего использования (сушка отходов, извлечение крупногабаритных отходов и т.д.).

**Полигон отходов** – объект размещения отходов, внесенный в государственный реестр и оборудованный комплексом природоохранных сооружений, предназначенных для централизованного складирования, обезвреживания и размещения отходов, обеспечивающий защиту от загрязнения атмосферы, почвы, поверхностных и грунтовых вод, препятствующий распространению грызунов, насекомых и болезнетворных микроорганизмов.



**Предварительное отсортированное вторичное сырье** – материалы и изделия, которые были отсортированы перед основной сортировкой твердых коммунальных отходов для удобства дальнейшего использования.

**Раздельный (селективный) сбор отходов** – вид сбора отходов, предусматривающий в местах сбора и/или накопления отходов разделение отходов согласно определенным критериям на качественно различающиеся составляющие (компоненты, фракции) в виде вторичного сырья (текстиль, бумага, стекло, пластик, металл и пр.), компостной фракции (пищевые и растительные отходы) и/или опасных материалов (отработанные химические источники тока (батарейки и аккумуляторы), ртутьсодержащие лампы и пр.).

**Размещение отходов** – хранение и захоронение отходов (по ФЗ от 24.06.98 № 89-ФЗ).

**Ртутьсодержащие отходы** – ртутьсодержащие изделия и приборы, утратившие полностью или частично свои потребительские свойства (отработанные или пришедшие в негодность), металлическая ртуть, материалы и предметы, загрязненные металлической ртутью и ее соединениями.

**Сбор отходов** - прием или поступление отходов от физических лиц и юридических лиц в целях дальнейших обработки, утилизации, обезвреживания, транспортирования, размещения таких отходов (по ФЗ от 24.06.98 № 89-ФЗ).

**Сепарация отходов** – механизированная обработка неоднородных отходов, имеющая целью их разделение на однородные составляющие (по ГОСТ 30772-2001).

**Сортировка отходов** – разделение и/или смешение отходов согласно определенным критериям на качественно различающиеся составляющие (по ГОСТ 30772-2001).

**Строительные отходы** – это остатки сырья, материалов, иных изделий и продуктов, образующихся при строительстве, реконструкции, ремонте, разрушении, сносе, разборке зданий, сооружений, инженерных коммуникаций и промышленных объектов.

**Твердые коммунальные отходы** - отходы, образующиеся в жилых помещениях в процессе потребления физическими лицами, а также товары, утратившие свои потребительские свойства в процессе их использования физическими лицами в жилых помещениях в целях удовлетворения личных и бытовых нужд. К твердым коммунальным отходам также относятся отходы, образующиеся в процессе деятельности юридических лиц, индивидуальных предпринимателей и подобные по составу отходам, образующимся в жилых помещениях в процессе потребления физическими лицами (по ФЗ от 24.06.1998 N 89-ФЗ).

**Технологический цикл отхода** – последовательность технологических процессов ликвидации конкретного отхода (по ГОСТ 30772-2001).

**Транспортирование отходов** – перемещение отходов с помощью транспортных средств вне границ земельного участка, находящегося в собственности юридического лица или индивидуального предпринимателя либо предоставленного им на иных правах (по ФЗ от 24.06.98 № 89-ФЗ).

**Хранение отходов** - складирование отходов в специализированных объектах сроком более чем одиннадцать месяцев в целях утилизации, обезвреживания, захоронения (по ФЗ от 24.06.98 № 89-ФЗ).

**Управление отходами** – регламентация и регулирование всех процессов, связанных с организацией образования, складирования, накопления, сбора, транспортирования, обезвреживания, использования, хранения и захоронения отходов, учета и контроля за движением потоков отходов, а также реализация мероприятий по уменьшению количества образования отходов и их направления на захоронение.

**Утилизация отходов** - использование отходов для производства товаров (продукции), выполнения работ, оказания услуг, включая повторное применение отходов,

в том числе повторное применение отходов по прямому назначению (рециклинг), их возврат в производственный цикл после соответствующей подготовки (регенерация), а также извлечение полезных компонентов для их повторного применения (рекуперация) (по ФЗ от 24.06.98 № 89-ФЗ).

**«Хвосты» сортировки** – остатки отходов, образующиеся после всех технологических этапов сортировки отходов, представляют достаточно однородный по крупности материал.

**Этапы технологического цикла отходов** – последовательность процессов обращения с конкретными отходами в период времени от его появления и до окончания его существования: на стадиях жизненного цикла продукции и далее паспортизации, сбора, сортировки, транспортирования, хранения (складирования), включая утилизацию, захоронение и/или уничтожение отходов (по ГОСТ 30772-2001).

**Твердое топливо из отходов** (англ. «RDF – refused-derived fuel») – твердое топливо, подготовленное из неопасных отходов и предназначенное для выработки энергии на мусоросжигательных фабриках (установках) или фабриках (установках) попутного мусоросжигания (по ГОСТ Р 54235-2010).

## **ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ**

В настоящем руководстве применяются следующие обозначения и сокращения:

**ВС** – вторичное сырье

**КГО** – крупногабаритные отходы

**ОС** – окружающая среда

**PCO** – ртутьсодержащие отходы

**ТКО** – твердые коммунальные отходы

**ЛКМ** – лакокрасочные материалы

**МСК** – мусоросортировочный комплекс

А также обозначения и сокращения в латинской транскрипции:

**RDF** (англ. «refused-derived fuel») – твердое топливо из отходов

## **ВВЕДЕНИЕ**

По данным Росприроднадзора в 2011 г. объем образования отходов производства и потребления в России составил 4,3 млрд. т, что на 16,3% больше, чем в 2010 г. [1].

Ежегодно в Российской Федерации образуется более 60 млн. тонн отходов, что составляет около 400 кг отходов на 1 человека в год. В стране по данным Росприроднадзора, действует 1 092 полигона для захоронения ТКО, в Роспотребнадзоре таких объектов учтено 4 617, а органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации – 3 919, что негативно воздействует на окружающую среду и увеличивают риски для здоровья населения. Связанные с этим экологические проблемы затрагивают практически все регионы страны [1].

В хозяйственный оборот вовлекается около 7-8 % собираемых ТКО, остальной их объем направляется на захоронение [2].

В последние годы в составе отходов увеличилось содержание упаковочных материалов (полимеры, бумага, картон). Таким образом, данное количество упаковочных отходов представляет собой ценное вторичное сырье, которое после переработки может быть снова вовлечено в хозяйственный оборот в виде товаров народного потребления.

Сортировка является одним из важных элементов системы обращения с отходами и позволяет использовать ресурсный потенциал ТКО по максимуму.

Для оптимальной сортировки ТКО должны применяться комплексные технические решения, реализуемые на основе учета следующих показателей: уровня развития мировой техники, маркетинговых условий, стоимостных показателей, степени отработанности и готовности технологии к промышленному применению и возможности их адаптации к российским условиям.

# 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

## 1.1. Общая характеристика твердых коммунальных отходов

Твердые коммунальные отходы (ТКО) представляет собой гетерогенную смесь различных по физическому состоянию, крупности и свойствам органических и неорганических элементов сложного компонентного и химического состава (макулатура, черные и цветные металлы, стеклбой, пластмасса, текстиль, пищевые и растительные отходы, камни, кирпичи, кости, кожа, дерево, резиновые изделия, уличный смет и т.п.). Состав ТКО меняется во времени (в том числе по сезонам года) и зависит от места расположения населенного пункта, его величины, состояния благоустройства, уровня развития промышленности и ряда других показателей.

Компонентный состав ТКО по некоторым городам России представлен в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Компонентный состав ТКО по некоторым городам России [3]

Населенный пункт	Содержание компонента, %								
	Макулатура	Стекло	Полимеры	Текстиль	Металлы	Пищевые отходы	Прочее	Отсев	ИТОГО
г. Пермь, 2009 г.	22,8	17,7	15,2	5,0	2,8	8,9	15,3	12,3	100,0
г. Екатеринбург, 2009 г.	19,6	8,3	23,2	11,9	3,1	6,8	10,2	16,9	100,0
г. Львов, 2009 г.	6,2	8,3	8,8	2,3	1,2	9,6	8,5	55,1	100,0
г. Оренбург, 2010 г.	8,8	11,6	10,3	2,1	2,0	30,6	9,2	25,4	100,0
г. Санкт-Петербург, 2010 г.	18,0	8,6	16,5	3,2	2,8	6,1	7,7	37,1	100,0
г. Южно-Сахалинск, 2010 г.	16,1	16,9	21,7	5,9	3,2	12,4	5,0	18,8	100,0
г. Белоярский 2011 г.	9,7	18,0	13,5	4,6	3,1	21,7	7,9	21,5	100,0
с. Казым 2011 г.	6,0	12,8	17,3	6,1	4,3	18,5	22,9	12,1	100,0

Фракционный состав коммунальных отходов – это процентное содержание массы компонентов, проходящих через сита с ячейками различного размера. В таблице 1.2 приведен фракционный состав ТКО, дающий более полную информацию о свойствах материала [4]. Фракционный состав твердых коммунальных отходов, как и компонентный, несколько меняется по сезонам года и отличается в разных климатических зонах.

Важными характеристиками ТКО являются плотность (насыпная масса), влажность и теплотворная способность. Плотность отходов зависит от компонентного состава и влажности ТКО, а также времени пребывания в таре. Этот показатель необходим для определения количества контейнеров, мусоровозов при проектировании полигонов и сооружений по обезвреживанию и переработке отходов. Отдельные компоненты отходов имеют разную плотность, и изменение их содержания сильно влияют на среднюю плотность отходов в целом. Влажность бытовых отходов зависит от соотношения содержащихся в них основных компонентов (бумаги и пищевых остатков), а также от условий хранения на местах сбора (в открытых сборниках на уличных контейнерных площадках или в закрытых контейнерах в помещениях). Влажность имеет большое значение для решения вопроса о целесообразности внедрения раздельного сбора твердых

коммунальных отходов, при оценке времени накопления и графика вывоза отходов и т.д. Влажность ТКО в зависимости от климатического пояса и времени года обычно колеблется в пределах от 30 до 58 % [5].

Таблица 1.2 – Ориентировочный фракционный состав ТКО, % по массе [4]

Компонент	Размер фракций, мм				
	более 250	150-250	100-150	50-100	менее 50
Бумага, картон	3 - 8	8 - 10	9 - 11	7 - 8	2 - 5
Пищевые отходы	-	0 - 1	2 - 10	7 - 12,6	17 - 21
Дерево	0,5	0 - 0,5	0 - 0,5	0,5	0 - 0,5
Металл	-	0-1	0,5 - 1	0,8 - 1,6	0,3 - 0,5
Текстиль	0,2 - 1,3	1 - 1,5	0,5 - 1	0,3 - 0,8	0 - 0,6
Пластмасса	0 - 0,2	0,5 - 1	1 - 2,2	1 - 2,5	0,2 - 0,5
Стекло	-	0 - 0,3	0,3 - 1	1 - 2	1 - 1,6
Кости	-	-	-	0,3 - 0,5	0,5 - 0,9
Кожа, резина	-	0 - 1	0,5 - 2	0,5 - 1,5	-
Камни, штукатурка	-	-	0,2 - 1	0,5 - 1,8	0,5 - 2
Прочее	0 - 0,3	0,2 - 0,6	0 - 0,5	0 - 0,4	0 - 0,5
Отсев	-	-	-	-	4 - 6
<b>Всего:</b>	<b>7,0</b>	<b>13,3</b>	<b>22,1</b>	<b>25,3</b>	<b>32,3</b>

Твердые коммунальные отходы обладают механической, структурной связностью за счет длинномерных волокнистых фракций (стрейч-пленка, текстиль, проволока и т.д.) и сцепления, обусловленного наличием влажных липких компонентов. За счет связности ТКО не просыпаются в неподвижную решетку с расстоянием между стержнями 20-30 см и могут налипать на металлическую стенку с углом наклона к горизонту до 65-70° [6].

За счет наличия твердых балластных фракций (камни, фарфор, стекло) твердые коммунальные отходы (и такие продукты их переработки как компост) обладают абразивностью – свойством истирать взаимодействующие с ними поверхности деталей оборудования и тары. Твердые коммунальные отходы обладает слеживаемостью, т.е. при длительной неподвижности теряют сыпучесть и уплотняются (с возможностью выделения фильтрата) без всякого внешнего воздействия. Твердые коммунальные отходы при длительном контакте оказывают на металл коррозирующее воздействие, что связано с высокой влажностью и содержанием химически агрессивных веществ [7].

С точки зрения прессования ТКО необходимо знать их компрессионную характеристику (зависимость степени уплотнения твердых коммунальных отходов от давления). В таблице 1.3 приведены ориентировочные значения давлений, которые применяются при различных способах прессования ТКО.

Таблица 1.3 – Прессование при сборе, транспортировке и переработке ТКО [8]

Способ прессования	Давление, кг/см <sup>2</sup> (10 <sup>5</sup> Па)	Степень уплотнения
При сборе		
Прессование «сухих» отходов в учреждениях, торговых предприятиях	1,0-2,0	3,0-6,0
При транспорте		
Прессование в мусоровозе	0,2-1,0	1,5-3,0
Прессование при перегрузке	0,3-0,6	2,0-2,5
При переработке и захоронении		
Прессование на прессах при захоронении на полигонах	50,0-100,0	8,0-10,0
Послойное уплотнение на полигонах	1,0	3,0-4,0

Свойства отходов определяют технические приемы для сбора отходов, их транспортирования, обработки (в том числе сортировки), утилизации, обезвреживания и размещения.

## **1.2. Ресурсный потенциал твердых коммунальных отходов**

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

Ресурсный потенциал при такой оценке обычно значительный и составляет 40-60 % от массы всех отходов. Ресурсный потенциал ТКО состоит из материального, энергетического и биологического потенциалов.

Материальный потенциал оценивается с точки зрения возможного извлечения вторичного сырья. Потенциал вторичного сырья – отношение суммарной массы компонентов твердых коммунальных отходов, представляющих ценность как вторичное сырье к общей массе отходов.

Энергетический потенциал – процент суммарной массы компонентов ТКО, способных разлагаться и/или окисляться в условиях высоких температур с выделением энергии.

Биологический потенциал – соотношение суммарной массы компонентов твердых коммунальных отходов, способных разлагаться в результате биохимических трансформаций с образованием углекислого газа, биогаза и гумусоподобных соединений, и общей массы ТКО [9].

В таблице 1.4 представлен компонентный состав ТКО г. Пермь (2009 г.) и компоненты отходов, которые определяют их ресурсный потенциал. Принято считать, что на мусоросортировочном комплексе (МСК) отбирается вначале вторичное сырье, а далее из оставшегося потока выделяется энергетический и биологический потенциалы. Поэтому в данном случае, компоненты, определяющие материальный потенциал, не учитываются в энергетическом и биологическом потенциалах. Из таблицы 1.4 следует, что материальный потенциал оценивается величиной порядка 56,5 % от общей массы отходов, энергетический – 49 % и биологический – 45,5 %.

## **1.3. Методы извлечения ресурсного потенциала твердых коммунальных отходов**

Использование ресурсного потенциала ТКО можно осуществлять по нескольким направлениям (таблица 1.5).

*Сортировка* – разделение и/или смешение отходов согласно определенным критериям на качественно различающиеся составляющие. Метод обычно позволяет выделить из общего потока ТКО вторичное сырье (извлечение материального потенциала) определенного состава и качества для последующей переработки, мелкую фракцию (извлечение биологического потенциала), которая может быть подвергнута компостированию. Оставшаяся после сортировки часть ТКО, так называемые «хвосты», может быть использована для получения топлива или отправлена на захоронение с возможностью получения биогаза (извлечение энергетического потенциала) [10].

Таблица 1.4 – Материальный, энергетический и биологический потенциал  
ТКО г. Пермь, 2009 г.

Наименование	Состав, % масс.	Материальный потенциал, %	Энергетический потенциал, %	Биологический потенциал, %
Органические отходы				
Пищевые отходы	8,9			8,9
Макулатура				
Картон крупный	6,0	6,0	6,0	6,0
Картон мелкий	2,6	2,6	2,6	2,6
Офисная бумага	5,2	5,2	5,2	5,2
Газетная бумага	2,6	2,6	2,6	2,6
Глянцевая бумага	2,7	2,7	2,7	2,7
Прочая	3,7		3,7	3,7
Металлы				
Черный металлолом	0,9	0,9		
Жестяные банки	1,3	1,3		
Цветной металлолом	< 0,1	< 0,1		
Алюминиевые банки	0,5	0,5		
Полимеры				
Пленка полиэтиленовая	4,2	4,2	4,2	
Металлизированные и многослойные пленки	0,5	0,5	0,5	
Прочие пленки	1,0	1,0	1,0	
ПЭТ-бутылки темные и зеленые	0,8	0,8	0,8	
ПЭТ-бутылки светлые и синие	2,0	2,0	2,0	
ПЭ-бутылка и упаковка	1,2	1,2	1,2	
Полимерные канистры и ящики	2,2	2,2	2,2	
Прочие полимеры	2,3		2,3	
Стекло				
Стекло прозрачное	8,5	8,5		
Стекло зеленое	5,1	5,1		
Стекло темное	4,1	4,1		
Прочее стекло	0			
Текстиль	5,0	5,0	5,0	
Дерево	1,3		1,3	1,3
Тетрапак	1,0		1,0	
Электрошрот	0,8		0,8	
Кожа, резина, обувь	2,0		2,0	
Подгузники одноразовые	1,9		1,9	
Отсев	12,4			12,4
Прочее	9,3			
ИТОГО	100	56,5	49,0	45,4

Таблица 1.5 – Сравнение методов использования ресурсного потенциала ТКО

Метод	Материальный потенциал	Энергетический потенциал	Биологический потенциал
Сортировка	+	+	+
Компостирование			+
Сбраживание		+	+
Сжигание		+	
Пиролиз (газификация)		+	
Захоронение		+	

**Компостирование** – процесс заключается в биологической декомпозиции, трансформации, биостабилизации и обезвреживании органического субстрата, протекающего в контролируемых аэробных условиях, позволяющего получить биостабилизированные продукты, свободные от патогенов, семян и проростков сорных



растений и обладающие полезными свойствами – способностью улучшить плодородие почв, их физико-химические и структурные свойства, водный и воздушный режимы, обогащать микробное сообщество, противодействовать эрозии почв, способствовать биоремедиации загрязненных земель. Получаемый в результате компост в зависимости от качества исходного сырья и принятой технологии может быть использован для различных нужд в сельском хозяйстве и в других областях хозяйственной деятельности [11].

**Сбраживание** – технология переработки ТКО с получением биогаза и органического удобрения под воздействием микробиологических процессов без доступа кислорода. Сбраживание отходов производится в специализированных биореакторах. Биогаз используется для получения тепловой и электрической энергии, а остатки после сбраживания используются в виде органического удобрения в сельскохозяйственной деятельности [12].

**Сжигание** – процесс горения ТКО под действием высокой температуры с доступом кислорода. Образующиеся горячие газы могут быть использованы для централизованного отопления и производства электроэнергии. Недостатком способа является выделение в атмосферу вредных веществ.

**Пиролиз** – процесс разложения органического сырья на низкомолекулярные составляющие при воздействии высоких температур. Процесс может протекать как в условиях отсутствия воздуха, так и при его ограниченном доступе. По степени температурного воздействия пиролиз как процесс условно разделяется на низкотемпературный (до 900 °С) и высокотемпературный пиролиз (свыше 900° С). Повышение температуры приводит к увеличению выхода синтез-газа и уменьшению выхода жидких и твердых продуктов. Низкотемпературный пиролиз – это процесс, при котором размельченный материал твердых бытовых отходов подвергается термическому разложению, с целью получения энергии, которую можно использовать для отопления и получения электричества. Высокотемпературный пиролиз (газификация). Газификация – это процесс, который преобразует ТКО при высоких температурах в синтез-газ с целью получения пара, электроэнергии, отопления [13].

**Захоронение** – изоляция отходов в специальных хранилищах в целях предотвращения попадания вредных веществ в окружающую среду. В теле полигона отходы подвергаются интенсивному биохимическому разложению. В них быстро формируются анаэробные условия, в которых протекает биоконверсия органических веществ с участием сообщества микроорганизмов и образуется биогаз с последующим использованием его в качестве топлива. Полигоны могут быть снабжены вентиляционными трубами, газодувками и емкостями для сбора биогаза [14].

Таким образом, промышленная сортировка ТКО занимает особое место в ряду технологий обращения с твердыми коммунальными отходами, так как не является напрямую технологий «превращения» одних материалов в другие в отличие от компостирования или сжигания. Промышленная сортировка позволяет разделить гетерогенный поток ТКО на потоки с определенным составом и свойствами.

#### **1.4. Общая характеристика промышленной сортировки твердых коммунальных отходов**

Под промышленной сортировкой твердых коммунальных отходов (в дальнейшем – сортировка ТКО) понимается технологический процесс, который позволяет выделять полезные компоненты из отходов. Промышленная сортировка ТКО обычно осуществляется на мусоросортировочных комплексах, а ее аппаратное оформление зависит от объемов и компонентного состава отходов и финансовых возможностей.

Мусоросортировочные комплексы предназначены для извлечения ресурсного потенциала, то есть различных компонентов, которые представляют интерес для использования в качестве вторичного сырья, энергетического ресурса и/или компоста.

МСК могут быть различными по мощности и применяемым технологиям, набору сооружений и численности персонала, занимаемым территориям.

Современный рынок оборудования для мусоросортировочного комплекса предлагает линии сортировки отходов от 5 тыс. т/год до 300 тыс. т/год. При необходимости мощность МСК может быть увеличена за счет параллельного использования нескольких линий сортировки.

Нижняя граница производительности обычно определяется окупаемостью МСК (недостаточный объем входящего потока отходов не позволяет получить и, соответственно, продать достаточное количество вторичного сырья и покрыть затраты). Верхняя граница производительности МСК обусловлена необходимостью разработки логистических систем доставки отходов – для снижения транспортных затрат в крупных городах зачастую целесообразнее организовать несколько МСК в разных частях города меньшей производительности, чем один крупный на весь город [15].

Комплексы сортировки могут работать, как со смешанными отходами, так и с отдельно собранными отходами.

## **2. ОБЩАЯ СХЕМА СОРТИРОВКИ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ**

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

- выделение из состава отходов компонентов дальнейшей переработки;
- выделение опасных компонентов для дальнейшего обезвреживания;
- минимизация объема не утилизируемых остатков для их последующего захоронения;
- исключение смешивания и загрязнения разных компонентов отходов, полученных при раздельном сборе с целью облегчения их последующей переработки и утилизации [10].

Для оптимизации сортировки ТКО с целью максимального извлечения компонентов, обладающие ресурсным потенциалом, и минимизации затрат необходимо правильно выстроить технологическую линию и подобрать оборудование для каждой технологической операции.

### **2.1. Технологическая схема сортировки твердых коммунальных отходов**

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

Комплексные технические решения, подобранные исходя из уровня современного развития мировой техники, маркетинговых условий, стоимости расходных материалов, степени отработанности и готовности технологии к промышленному применению и возможности их адаптации к российским условиям, позволяют оптимизировать сортировку отходов.

При выборе целесообразной технологии переработки твердых коммунальных отходов учитываются следующие факторы:

- финансовые возможности по первоначальным инвестициям;
- заданная производительность;
- компонентный состав твердых коммунальных отходов;
- число компонентов, входящих в состав ТКО, которые в данных технико-экономических условиях представляют практическую ценность и должны извлекаться в самостоятельный продукт (черные металлы, цветные металлы и т.д.), наличие потребителей этой продукции;
- требования, предъявляемые к продуктам переработки – степень влажности отходов, наличие мешающих фракций (биоразлагаемые отходы), разделение основных компонентов на расширенный перечень в зависимости от качества (бумага, картон), цвета и химического состава (пластик), размера кусков, цвета и наличия различных примесей (стекло), химического состава, степени чистоты и размера (металл);
- число компонентов, которые являются опасными и должны быть удалены из ТКО либо по экологическим соображениям, либо исходя из требований процессов дальнейшей обработки (к опасным компонентам относятся в первую очередь токсичные материалы – отработанные люминесцентные лампы и химические источники тока);
- требования экологических и санитарно-гигиенических норм с учетом фонового загрязнения территории;

- размер промышленной площадки, выделяемой под застройку [15].

На рисунке 2.1 изображена общая технологическая схема, позволяющая детализировать этапы сортировки, а также показаны потоки отходов, которые можно переработать в продукты: вторичные материалы, энергию, компост.

Последовательность процессов может несколько варьироваться, кроме того, некоторые этапы не всегда используются (то, что отмечено пунктиром). При отсутствии этапа, ТКО направляются по указанным стрелкам на следующую операцию.

## **2.2. Основные этапы сортировки твердых коммунальных отходов**

Процесс сортировки может быть рассмотрен как система, которая состоит из взаимосвязанных элементов. Поэтому для дальнейшего описания процесса сортировки используются схемы, уточняющие взаимоотношения между операциями сортировки.

К основным этапам сортировки твердых коммунальных отходов относятся:

1. Подготовка ТКО. Твердые коммунальные отходы проходят предварительную сортировку, в ходе которой отделяются КГО, стекло, опасные отходы, мелкая фракция, а также разрываются пакеты.
2. Основная сортировка ТКО. Из подготовленного потока ТКО выделяется бумага, картон, полимеры, другие виды вторичного сырья вручную или с использованием сенсорного оборудования, позволяющего автоматизировать процесс сортировки.
3. Подготовка вторичного сырья к реализации. Вторичное сырье дополнительно контролируется на соответствии требований к качеству и, при необходимости, досортировывается. Бумага, картон, полимеры – прессуются и упаковываются в кипы, стекло – грузится в транспортную тару.
4. Извлечение остаточного ресурсного потенциала. Из остатков сортировки выделяется поток материалов с высокой теплотой сгорания для дальнейшей переработки в топливо, поток биоразлагаемых отходов для компостирования, поток инертных материалов для использования в строительстве, а также опасные материалы.
5. Обработка КГО. Крупногабаритные отходы (мебель, дерево, окна, двери, ковры, рубероид, матрацы и т.п.) вручную разбирают или дробят с использованием специального оборудования для извлечения вторичного сырья и уменьшения объемов материалов, которые необходимо захоранивать.
6. Обработка мелкой фракции. Мелкая фракция подвергается грохочению и другим методам с целью получения вторичного сырья (например, металла).
7. Подготовка опасных материалов. Из опасных материалов извлекают ценные компоненты (литий, серебро, цинк, никель), сливают электролит из аккумуляторов для повторного использования, выделяют поток металлических и пластмассовых элементов для переплавки.

Каждый этап включает в себя подэтапы (блоки), которые описывают более подробно этап. Ниже рассмотрены все этапы сортировки ТКО.



Рисунок 2.1 – Технологическая схема сортировки TKO

### 3. ПОДГОТОВКА ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Предварительная подготовка твердых коммунальных отходов предназначена для их гомогенизации и повышения процента извлечения вторичного сырья на последующих подэтапах технологического процесса. Общая схема предварительной подготовки твердых коммунальных отходов представлена на рисунке 3.1.

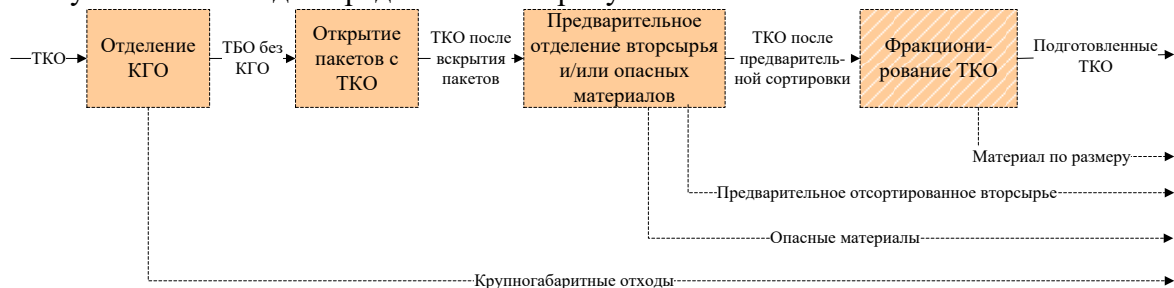


Рисунок 3.1 – Общая схема предварительной подготовки твердых коммунальных отходов

К этапу «подготовка твердых коммунальных отходов» относятся следующие технологические операции:

- отделение крупногабаритных отходов;
- открытие пакетов с твердыми коммунальными отходами;
- предварительное отделение вторичного сырья и/или опасных материалов;
- фракционирование твердых коммунальных отходов.

Данный этап облегчает извлечение компонентов на следующих стадиях технологической схемы, также исключает поломку оборудования, нанесение вреда персоналу предприятия.

#### 3.1. Отделение крупногабаритных отходов

Крупногабаритные отходы из потока твердых коммунальных отходов необходимо отделять, чтобы предотвращать забивание и заклинивание оборудования крупными предметами и материалами. Забивание может привести к приостановке всей технологической линии сортировки ТКО.

Крупногабаритные отходы целесообразно разделять по категориям (см. главу 7.1 подэтап «Сортировка КГО») и размещать на разных площадках для последующего разделения на компоненты.

##### **Способ выполнения:**

- ручной – на мусоросортировочных комплексах чаще всего крупногабаритные отходы отбирают вручную, при этом количество занятых на данной операции рабочих определяется объемом поступающих отходов, габаритами и массой предметов и материалов;
- механический – выделение КГО из отходов при помощи стационарных манипуляторов, которые применяются в качестве грузоподъемных устройств для навалочных грузов.

Классификация стационарных манипуляторов представлена на рисунке 3.2.

Напольные стационарные манипуляторы (рисунок 3.3), закрепленные на фундаменте, устанавливаются на относительно ровную площадку. Данный тип манипуляторов считается наиболее распространённым. Высота устройства зависит от требуемой высоты подъёма объектов и ограничивается высотой помещения. Управление напольными стационарными манипуляторами, как правило, производится с пульта

управления оператора, расположенного в кабине, или с пульта управления, размещенного на манипуляторе, или со специального блока управления.

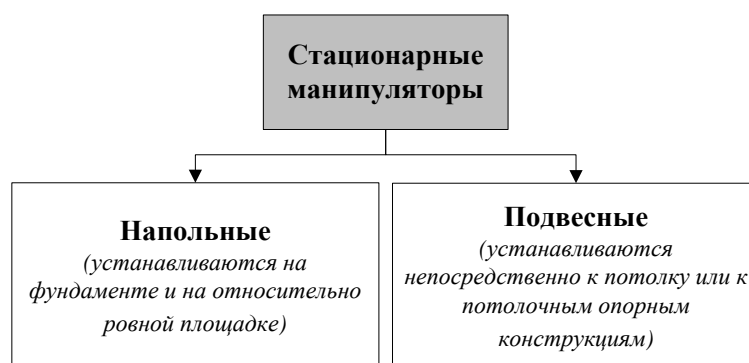


Рисунок 3.2 – Классификация стационарных манипуляторов

Подвесные стационарные манипуляторы (рисунок 3.4) закреплены на неподвижном основании и применяются в случае ограниченного пространства. В этом случае используют подвесную опорную колонну, которую монтируют непосредственно к потолку или к потолочным опорным конструкциям. Данный тип подъёмного механизма экономит рабочее пространство под манипулятором.



Рисунок 3.3 – Напольный стационарный манипулятор, оснащенный пятичелюстным грейфером



Рисунок 3.4 – Подвесной стационарный манипулятор

К рукояти манипулятора монтируется грузозахватный орган, предназначенный для удобства и безопасности работы с определенным грузом и выполнения различных технологических операций. Грузозахватные органы представлены многочелюстными грейферами и электромагнитами.

Многочелюстный грейфер (рисунок 3.5) представляет собой грузозахватное приспособление с поворотными челюстями, применяемое для выделения КГО, перемещения и загрузки отходов на технологическую линию сортировки отходов. Челюсти имеют серповидную форму и шарнирно закреплены на цилиндрической нижней траверсе, количество челюстей – 3-8 шт, расположенных друг относительно друга под углом 45-120°. Чаще всего для отбора КГО используют пятичелюстные грейферы, так как они обеспечивают более крепкий захват материалов (выпадение отходов минимально).

Электромагниты (рисунок 3.6) используются для захвата и перемещения только ферромагнитных компонентов. В зависимости от назначения электромагниты могут быть разные по конструкции и форме. Электромагнитная шайба представляет собой металлический корпус из магнитного материала, внутри которого помещается обмотка, которая защищена плитой. Плита выполнена из немагнитной стали для предохранения от замыкания магнитного потока, который направляется через поднимаемый ферромагнитный материал. Магнитное поле создается при прохождении электрического тока через обмотку оборудования.

При выделении ферромагнитных компонентов возможно притягивание других посторонних предметов и материалов, которые состоят из комбинированных материалов, или случайно зацепляются за извлекаемые компоненты.



Рисунок 3.5 – Пятичелюстной грейфер



Рисунок 3.6 – Электромагнит

Для выбора способа отделения крупногабаритных отходов и загрузки отходов на технологическую линию сортировки отходов необходимо учитывать значимые характеристики оборудования и процесса (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Значимые характеристики при выборе подэтапа «Отделение крупногабаритных отходов»

№	Значимые характеристики	Описание
1.	Производительность	Характеризуется количеством отбора крупногабаритных предметов (по массе) (кг, т) в единицу времени (ч, год). Для нахождения производительности следует учитывать грузоподъемность (т, кг), угол поворота (град), время движения стрелы от загрузки до разгрузки материалов в обоих направлениях (с). Грузоподъемность манипулятора обратно пропорциональна вылету стрелы манипулятора – чем больше вылет, тем меньшую массу может поднять устройство и наоборот. Угол поворота (для рабочей зоны) зависит от места установки манипулятора (обычно 100-180 °С), данные по техническому паспорту оборудования составляют до 400 °С. Время движения стрелы зависит от формы, размеров, геометрического расположения и доступа захвата КГО из ТКО.
2.	Эффективность	Показывает долю отбора крупногабаритных предметов при заданной производительности.
3.	Потребление электроэнергии	Определяет количество потребляемой электроэнергии при работе оборудования
4.	Капитальные затраты	Представляют затраты на приобретение оборудования, так как при проектировании предприятия необходимо производить расчет срока окупаемости технологического процесса





№	Значимые характеристики	Описание
8.	Рабочая зона	<p>Определяется с учетом следующих параметров:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• размеры оборудования при его размещении на технологической площадке. Установка должна монтироваться таким образом, чтобы для оператора был открыт обзор области между перемещаемыми предметами и площадкой(ами) их выгрузки;</li> <li>• рабочая зона манипулятора, так как выбор должен ориентироваться на высоту, длину и ширину помещения, также запрещается размещать любые элементы оборудования в данной области. Рабочая высота подъема стрелы указана в техническом паспорте оборудования.</li> <li>• удобный подход персонала к рабочему месту (как к пульту управления подвешеного стационарного манипулятора и к кабине напольного стационарного манипулятора, так и к площадке с выгруженными отходами при ручном отделении КГО).</li> </ul>



Рисунок 3.7 – Отделение крупногабаритных отходов подвесным стационарным манипулятором



Рисунок 3.8 – Отделение крупногабаритных отходов напольным стационарным манипулятором



Рисунок 3.9 – Отделение крупногабаритных отходов вручную

Таблица 3.2 – Квалификация и занятость персонала

Функция	Квалификация персонала	Степень занятости
отделение КГО вручную	особая квалификация не требуется	зависит от объемов поступающих отходов (1 чел*ч – 0,63 т <sup>1</sup> )
отделение КГО стационарным манипулятором	оператор (наличие удостоверения на право управления грузоподъемными кранами-манипуляторами)	зависит от объемов поступающих отходов
техническое обслуживание	слесарь-механик	при плановых мероприятиях по техническому обслуживанию и ремонту
санитарное обслуживание (мойка и дезинфекция)	особая квалификация не требуется	согласно графику уборки и дезинфекции

<sup>1</sup> Значение расчетное. Принято, что количество перерабатываемых ТКО составляет 100 тыс. тонн/год, численность персонала для отделения КГО – 2 чел. Масса КГО принимается 5 % по массе в составе смешанных ТКО в соответствии с ГОСТ Р 51617-2000 «Жилищно-коммунальные услуги. Общие технические условия».

В приложении 1 представлены значимые характеристики стационарных манипуляторов и навесного оборудования.

Для сравнительного анализа рассмотрены ручной и механический способы отделения КГО из твердых коммунальных отходов, так как отличительными особенностями при выборе стационарного манипулятора является грузозахватное приспособление, то в таблице 3.3 представлены достоинства и недостатки многочелюстных грейферов и гидравлических электромагнитов.

Таблица 3.3 – Сравнительная характеристика способов отделения крупногабаритных отходов

Способ выполнения	Достоинства	Недостатки
Вручную	Высокая эффективность выделения КГО. Возможность разбора КГО на компоненты	Низкая производительность. Из-за крупных размеров и тяжелого веса возникают трудности выделения КГО. Повышенный риск вреда здоровью рабочих
Многочелюстные грейферы	Высокая производительность. Возможность также загружать отходы на технологическую линию сортировки отходов	Низкая эффективность выделения КГО. Захват посторонних предметов и материалов
Гидравлический электромагнит	Высокая эффективность извлечения ферромагнитных компонентов (различной крупности)	Не позволяет извлекать другие виды компонентов

В таблице 3.4 представлены значимые характеристики навесного оборудования установленного на стационарном манипуляторе и персонала предприятия.

### 3.2. Открытие пакетов с твердыми коммунальными отходами

Данная стадия применяется для разрыва и вскрытия мусорных мешков и пакетов, так как компоненты ТКО должны быть в «свободном» доступе, и не перекрыты друг другом для того, чтобы в процессе сортировки можно было максимально извлекать нужные компоненты. В случае, если значительная часть отходов упакована в мешки и пакеты, ухудшается отбор вторичного сырья – сенсорное оборудование и глаз человека различают только материал, из которого сделан пакет, а не его содержимое. При ручной сортировке персоналу предприятия необходимо затрачивать дополнительное время для опорожнения отходов из пакетов, чтобы улучшить эффективность сортировки. Кроме того, при открытии пакетов с твердыми коммунальными отходами возможно разрыхления и распределение и отходов по конвейерной ленте.

#### **Способ выполнения:**

- ручной – пакеты с твердыми коммунальными отходами вскрывают рабочие предприятия остро-режущими предметами, количество рабочих определяется объемом поступающих отходов;
- механический – вскрытие пакетов с ТКО осуществляется при помощи оборудования, оснащенного остро-режущими элементами.

Для разрыва пакетов существует несколько конструктивных исполнений машин (рисунок 3.10):

- разрыватели, оснащенные барабанными и стационарными ножами;
- разрыватели, оснащенные качающимися ножами;
- разрыватели, оснащенные билами.

Таблица 3.4 – Значимые характеристики оборудования и персонала предприятия

№ п/п	Технические характеристики	Стационарный манипулятор	Грейфер	Гидравлический электромагнит	Вручную
1.	Производительность, т/ч	н/д	-	-	1 чел – 0,63 т/ч <sup>2</sup>
2.	Размеры оборудования (Д×Ш×В), мм	2340×2525 – 2500×2525	н/д	н/д	-
3.	Мощность, кВт	2×26,7	н/д	3,6-8,8	-
4.	Условия эксплуатации: -температура, °С	От -40 до +40	н/д	н/д	17-19 (холодный период) <sup>1</sup> , 19-21 (теплый период) <sup>1</sup>
5.	Диапазон вылета стрелы, м	3-12,5	-	-	-
6.	Грузо-подъемность, кг	2625 (при вылете стрелы 7,75) 2072,5 (при вылете стрелы 5,75) 2220 (при вылете стрелы 5,15) 1600 (при вылете стрелы 7,5 м) 2100 (при вылете стрелы 7,0 м)	-	-	-
7.	Объем, м <sup>3</sup>		0,2	-	-
8.	Масса, т	2,0-3,9	0,29-0,356	0,55-1,05	-
9.	Дополнительные условия: - место расположения	Кабина манипулятора или пульт управления устанавливается таким образом, чтобы оператору было видно всю рабочую зону (от места загрузки КГО до места выгрузки КГО)	На стреле манипулятора	На стреле манипулятора	-

<sup>1</sup> температура указана с учетом категории работ (П6)

<sup>2</sup> Значение расчетное. Принято, что количество перерабатываемых ТКО составляет 100 тыс. тонн/год, численность персонала для отделения КГО – 2 чел. Масса КГО принимается 5 % по массе в составе смешанных ТКО в соответствии с ГОСТ Р 51617-2000 «Жилищно-коммунальные услуги. Общие технические условия».

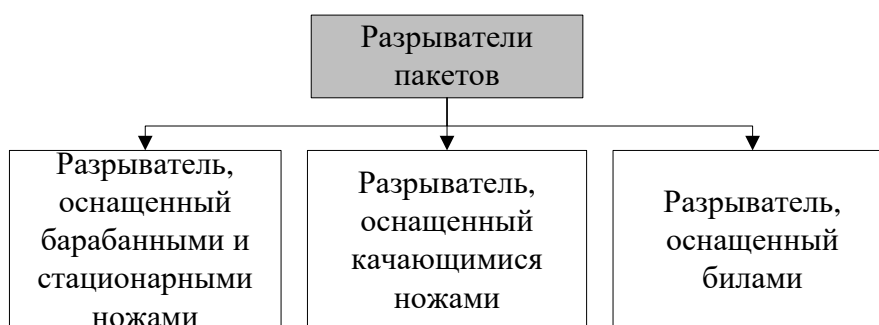
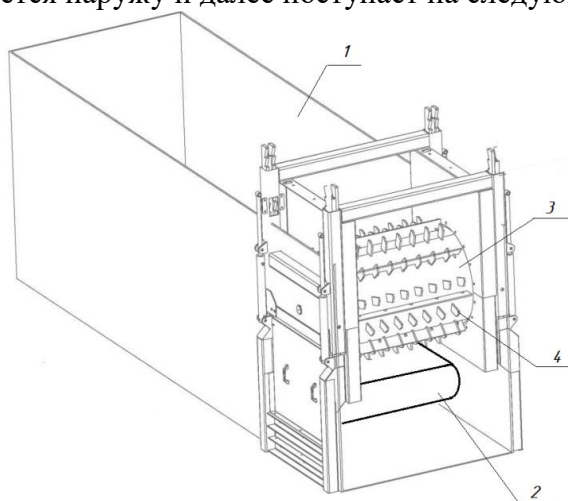


Рисунок 3.10 – Классификация разрывателей пакетов

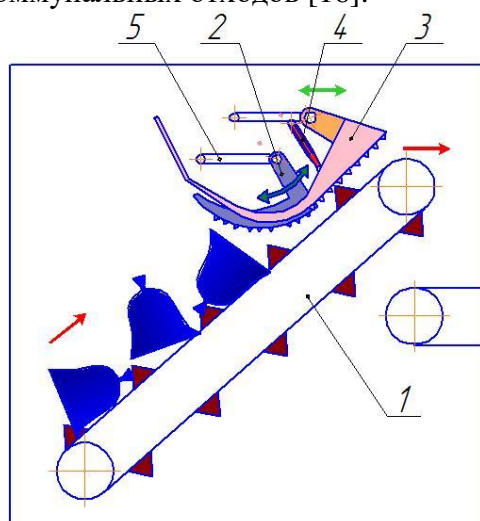
Разрыватели, оснащенные барабанными и стационарными ножами (рисунок 3.11), предназначены только для разрыва пакетов. Отходы загружаются в бункер-накопитель, в котором мешки подхватываются установленными на барабане ножами, когда мешки проходят через стационарные ножи, происходит разрыв, и содержимое пакета вываливается наружу и далее поступает на следующие этапы линии сортировки.



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

Рисунок 3.11 – Разрыватель пакетов, оснащенный барабанными и стационарными ножами

Разрыватели, оснащенные качающимися ножами (рисунок 3.12), кроме разрыва пакетов также имеют возможность дозировать материал. Отходы загружаются в бункер-накопитель, в котором мешки с ТКО подхватываются цепным конвейером и доставляются к блоку разрывания. Блок разрывания включает в себя качающиеся ножи и регулируемые резцы. После разрыва пакетов, отходы поступают на следующие этапы сортировки твердых коммунальных отходов [16].



- 1 – цепной конвейер,
- 2 – качающийся нож,
- 3 – регулируемые резцы,
- 4 – датчик нагрузки

Рисунок 3.12 – Разрыватель, оснащенный качающимися ножами

Разрыватели, оснащенные билами (рисунок 3.13), предназначены для разрыва пакетов и дробления входящего потока. Конструкция включает в себя рабочую камеру, в которой установлены 1-4 рабочих вала. На валах имеются специальные билы, которые захватывают пакет. В случае одновальной конструкции пакет рвется при зацеплении за неподвижные выступы рабочей камеры при вращении вала. В случае наличия двух и более валов – при их взаимном разнонаправленном вращении. Билы могут быть различной конфигурации – в виде лопаток и в виде резцов. Разрыватели с меньшим количеством валов имеют более высокую производительность, по сравнению с большим

количеством валов. Но оборудование с большим количеством валов позволяет получить более мелкие элементы и уменьшает наматывание материала на ось. В случае заклинивания в рабочей камере разрывателя материал высвобождается посредством обратного хода валов [17].

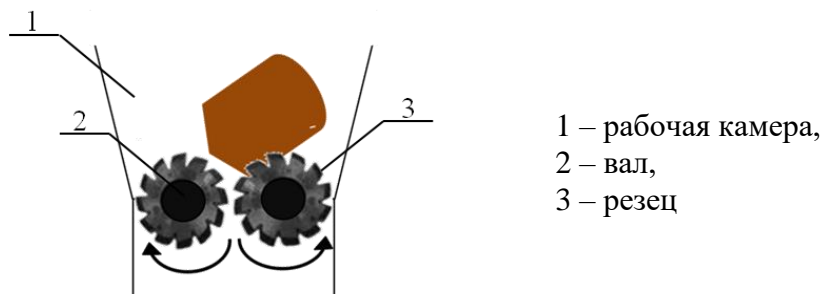


Рисунок 3.13 – Разрыватель, оснащенный билами

Для выбора способа разрыва пакетов необходимо учитывать значимые характеристики оборудования (таблица 3.5).

Таблица 3.5 – Значимые характеристики при выборе подэтапа «Открытие пакетов с твердыми коммунальными отходами»

№	Значимые характеристики	Описание
1.	Производительность	Характеризуется количеством разрыва пакетов (по массе) (кг, т) в единицу времени (ч, г)
2.	Эффективность	Показывает долю разрыва пакетов при заданной производительности. От эффективности разрыва будет зависеть степень выделения нужных компонентов на дальнейших операциях
3.	Потребление электроэнергии	Определяет количество потребляемой электроэнергии при работе оборудования
4.	Капитальные затраты	Представляют затраты на приобретение оборудования, так как при проектировании предприятия необходимо производить расчет срока окупаемости технологического процесса
5.	Условия эксплуатации: • размещение;  • температура;	<p>Существует два способа размещения оборудования:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• открытая площадка. Чаще всего применяется открытый тип площадки с навесом. Навес предназначен для защиты от попадания атмосферных осадков и солнечных лучей. Достоинствами данного способа является: 1) не требуется открывать и закрывать ворота каждый раз, когда подъезжает мусоровоз, так как подвоз отходов на мусоросортировочное предприятие осуществляется в течение всего рабочего дня; 2) не требуются затраты на отопление. Однако в зимнее время года следует соблюдать время пребывания рабочих на холоде (Методические рекомендации 2.2.7.2129-06. «2.2.7. Физиология труда и эргономика. Режимы труда и отдыха работающих в холодное время на открытой территории или в неотапливаемых помещениях»).</li> <li>• закрытое помещение. Достоинство: соблюдение условий труда по температурному режиму для персонала предприятия. Недостатки: 1) требуется организация проездов и подъездов транспорта и дополнительное время на открытие ворот; 2) дополнительные затраты на отопление.</li> </ul> <p>Температурный режим необходимо соблюдать согласно Руководству Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» и СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».</p> <p>Максимальная и минимальная температура, оговоренная паспортом для</p>

№	Значимые характеристики	Описание
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• покрытие площадки</li> </ul>	<p>оборудования и санитарными нормами для персонала предприятия. Нормативные документы по соблюдению температурного режима для персонала предприятия см. выше.</p> <p>Рабочая площадка должна быть твердой, относительно ровной, с горизонтальной поверхностью.</p>
6.	Дополнительное оборудование	Используют в качестве загрузки – конвейерные ленты (см. главу 10.2), погрузчики (см. главу 10.1) и стационарные манипуляторы (см. главу 3.1), оснащенные грейферами или электромагнитами; в качестве транспортировки отходов – конвейерные ленты.
7.	Оптимальные схемы разрыва пакетов	<p><b>1 вариант – Механический разрыв пакетов с загрузкой отходов стационарным манипулятором</b> (рисунок 3.14) Пульт управления или кабина стационарного манипулятора устанавливается таким образом, чтобы был открыт доступ к рабочему месту оператора и обзор рабочей зоны (от места загрузки пакетов до места разгрузки в разрыватель). Стационарный манипулятор может использоваться тот же, что и для отделения КГО.</p> <p><b>2 вариант – Механический разрыв пакетов с загрузкой отходов погрузчиком</b> (рисунок 3.15) В данном варианте важным параметром является радиус поворота погрузчика, так как необходимо учитывать площадь для движения транспорта.</p> <p><b>3 вариант – Механический разрыв пакетов с загрузкой отходов конвейерной лентой</b> (рисунок 3.16) Загрузка отходов на конвейерную ленту осуществляется персоналом предприятия, погрузчиком или стационарным манипулятором, разрыв пакетов – разрывателем. Необходимо учитывать дополнительную площадку для размещения конвейерной ленты, предназначенную для транспортировки отходов в разрыватель.</p> <p><b>4 вариант – Разрыв пакетов вручную на конвейерной ленте</b> (рисунок 3.17) Загрузка отходов данным способом осуществляется рабочими предприятия, погрузчиком или стационарным манипулятором, разрыв пакетов – рабочими предприятия. Количество постов разрыва зависит от объема поступающих отходов и скорости движения конвейерной ленты.</p> <p><b>5 вариант – Разрыв пакетов вручную и с дальнейшей загрузкой отходов на конвейерную ленту</b> (рисунок 3.18) Рабочие предприятия разрывают пакеты с ТКО, которые выгружают мусоровозы навалом в установленное место, и загружают отходы на конвейерную ленту. Количество персонала зависит от объемов поступающих отходов. Разрыв пакетов с ТКО может выполняться на той же площадке, где отбираются КГО и предварительно отделяются вторичное сырье и/или опасные материалы. Выгрузка отходов должна осуществляться так, чтобы не был затруднен доступ к рабочему месту рабочего.</p>
8.	Персонал	<p>Численность персонала</p> <p>Если используется на данном подэтапе разрыватель, то рабочие необходимы для обслуживания оборудования и для загрузки отходов при помощи погрузчика или стационарного манипулятора (1 чел. на 1 ед. оборудования в смену).</p> <p>Если разрыв выполняется вручную, то численность персонала зависит от объемов поступающих отходов на сортировку ТКО.</p> <p>Требуется 1 мастер для организации и контроля технологическим процессом, 1 слесарь-механик для технического обслуживания оборудования и ремонта при плановых мероприятиях, 1 человек для санитарного обслуживания (мойка и дезинфекция оборудования, конвейерных лент, накопителей и пр.) согласно графику уборки помещения и дезинфекции оборудования. Как правило, за все техническое обслуживание оборудования мусоросортировочной линии отвечает один человек (таблица 3.6).</p>

№	Значимые характеристики	Описание
9.	Рабочая зона	<p>Необходимо учитывать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• размеры оборудования при его размещении на технологической площадке;</li> <li>• высоту разгрузки ковша погрузчика или стрелы с грейфером стационарного манипулятора или конвейерной ленты, так как следует учитывать дополнительную высоту над разрывателем, поэтому запрещается размещать любые элементы оборудования в данной области. Рабочая высота подъема стационарного манипулятора и ковша погрузчика указана в техническом паспорте оборудования;</li> <li>• рабочую площадку для подъезда транспорта от места выгрузки отходов до разрывателя или рабочую площадку для перегрузки отходов стационарным манипулятором от места выгрузки отходов до разрывателя. Чаще всего используется односторонняя загрузка отходов погрузчиком или стационарным манипулятором в разрыватель;</li> <li>• удобный подход персонала к рабочему месту (площадка от места выгрузки отходов до разрывателя).</li> </ul>

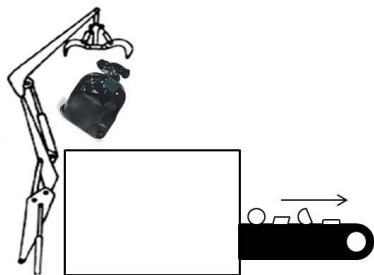


Рисунок 3.14 – Механический разрыв пакетов с загрузкой отходов стационарным манипулятором



Рисунок 3.15 – Механический разрыв пакетов с загрузкой отходов погрузчиком

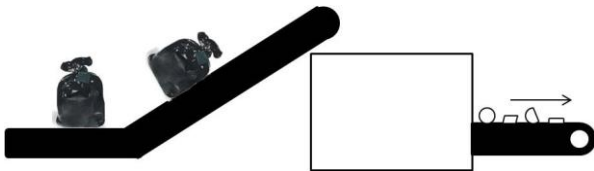


Рисунок 3.16 – Механический разрыв пакетов с загрузкой отходов конвейерной лентой



Рисунок 3.17 – Разрыв пакетов вручную на конвейерной ленте



Рисунок 3.18 – Разрыв пакетов вручную и с дальнейшей загрузкой отходов на конвейерную ленту



Таблица 3.6 – Квалификация и занятость персонала

Функция	Квалификация персонала	Степень занятости
разрыв пакетов вручную	особая квалификация не требуется	зависит от объемов поступающих отходов (1 чел. – 5,4 т/ч <sup>1</sup> )
загрузка отходов погрузчиком	Водитель автопогрузчика (наличие удостоверения тракториста-машиниста категория «В» - гусеничные и колесные машины с двигателем мощностью до 25,7 кВт и категория «С» - колесные машины с двигателем мощностью от 25,7 до 110,3 кВт)	зависит исходя из объемов поступающих отходов/рабочая смена
загрузка отходов стационарным манипулятором	оператор (наличие удостоверения на право управления грузоподъемными кранами-манипуляторами)	зависит исходя из объемов поступающих отходов/рабочая смена
техническое обслуживание	слесарь-механик	при плановых мероприятиях по техническому обслуживанию и ремонту
санитарное обслуживание (мойка и дезинфекция)	особая квалификация не требуется	согласно графику уборки и дезинфекции

<sup>1</sup> Значение расчетное. Оценочно один рабочий разрывает пакет с ТКО при помощи остро-режущего элемента за 2 с, средняя масса пакета составляет 3 кг.

В приложении 2 представлены значимые характеристики разрывателей пакетов с ТКО.

В таблице 3.7 представлены достоинства и недостатки разных способов открытия пакетов с твердыми коммунальными отходами.

Таблица 3.7 – Сравнительная характеристика способов выполнения

Способ выполнения	Достоинства	Недостатки
Вручную	Не требуется дополнительных условий для осуществления процесса, т.е. не нужно учитывать параметры и размеры оборудования.	Низкая производительность по сравнению с разрывателями разного типа. Высокие эксплуатационные затраты.
Механически	Высокая производительность по сравнению с ручным способом выполнения.	Высокие капитальные затраты.
- разрыватель, оснащенный барабанными и стационарными ножами	Обладает меньшей энергоемкостью по сравнению с разрывателями, оснащенных билами. Позволяют только разрывать пакеты.	Происходит наматывание длинномерных компонентов на барабан.
- разрыватель, оснащенный качающимися ножами	Обладает меньшей энергоемкостью по сравнению с разрывателями, оснащенных билами. Позволяет только разрывать пакеты. Для увеличения производительности можно добавить дополнительные секции загрузки (блок разрывания, который включает в себя качающие ножи).	Сложность конструкции, а следовательно высокие затраты на обслуживание оборудования
- разрыватель, оснащенный билами	Позволяет не только разрывать пакеты с ТКО, но и дробить на более мелкие гранулы.	Высокий уровень энергоемкости за счет дробления отходов.

В таблице 3.8 представлены значимые характеристики разрывателей пакетов.

Таблица 3.8 – Значимые характеристики

№	Значимые характеристики	Разрыватели пакетов			Вручную
		Разрыватель, оснащенный барабанными и стационарными ножами	Разрыватель, оснащенный качающимися ножами	Разрыватель, оснащенный билами	
1.	Производительность, т/ч	25-50	До 47 <sup>1</sup>	10-60 <sup>1</sup>	До 6 (на 1 человека) <sup>4</sup>
2.	Размеры (Д×Ш×В), мм	3972×1999×2781 - 4635×1500×1855	7990×2800×3510 <sup>1</sup> - 13010×3200×3510 <sup>1</sup> - 4300×2800×3900- 9510×3680×4270	1100×1500 1650×1780	-
3.	Мощность, кВт	23,5-75	5,5-9,9	37-230 <sup>1</sup>	-
4.	Масса, т	6,8	4,0-11,0	5,2-16,0	-
5.	Условия эксплуатации: -температура, °С	н/д	н/д	н/д	17-19 (холодный период) <sup>2</sup> , 19-21 (теплый период) <sup>2</sup>
6.	Эффективность, %	95	н/д	н/д	н/д
7.	Дополнительное оборудование	Погрузчик <sup>3</sup> (см. главу 222), грейфер <sup>3</sup> (см. главу 222), конвейерная лента <sup>3</sup> (см. главу 222)			Погрузчик <sup>3</sup> (см. главу 222), грейфер <sup>3</sup> (см. главу 222), конвейерная лента <sup>3</sup> (см. главу 222)
8.	Дополнительные условия: - высота над оборудованием, м;  - сторона подъезда транспорта/подхода персонала	Загрузка отходов погрузчиком – не менее 2; Загрузка отходов конвейерной лентой – не менее 1,5  Односторонний подъезд			Отходы навалом – всесторонний подход; Отходы на конвейерной ленте – подход с обеих сторон

<sup>1</sup> в зависимости от модели

<sup>2</sup> температура выбрана с учетом категории работ (Пб)

<sup>3</sup> для осуществления данной операции также используется дополнительное оборудование: погрузчик (см. главу 222) или грейфер (см. главу 222) для подачи отходов в разрыватель пакетов или конвейерную ленту (см. главу 222). Конвейерная лента применяется для загрузки отходов в разрыватель, транспортировки отходов (промежуточный элемент между оборудованями)

<sup>4</sup> Значение расчетное. Принято, что рабочий разрывает пакет с ТКО при помощи остро-режущего элемента за 2 с, средняя масса пакета составляет 3 кг

### 3.3. Предварительное отделение вторичного сырья и/или опасных материалов

Крупных куски картона, полиэтиленовой пленки, текстиля, резины являются мешающими компонентами при отборе вторичного сырья, что приводит к уменьшению эффективности сортировки отходов. При автоматической и ручной сортировках происходит забивание оборудования (полиэтиленовая пленка наматывается на выступающие и вращающиеся элементы; крупный картон перекрывает извлекаемое вторичное сырье, тем самым создает барьер для датчиков оптической сортировки и

персонала предприятия и т.п.). Стекло создает угрозу повреждения оборудования и травмирования персонала, и измельчается при фракционировании, поэтому иногда также выделяется на этой стадии.

Опасные материалы (ртутьсодержащие отходы, отработанные химические источники тока, отходы лакокрасочных материалов, аэрозольные баллончики, медицинские отходы и прочее (см. главу 9.) отбираются на предварительной подготовке, так как они обладают опасными свойствами, которые могут привести к ухудшению качества извлекаемых компонентов и санитарно-гигиенических условий труда персонала, работающего на данном предприятии (возможно вдыхание паров ртути разбитых термометров и люминесцентных ламп, укалывание использованными шприцами и т.д.).

**Способ выполнения:**

- ручной – отделение вторичного сырья и/или опасных материалов осуществляется персоналом предприятия в кабине предварительной сортировки (см. главу 4.3), в которой количество постов отбора потоков равно количеству отбираемых фракций.

Выделенные группы однородных отходов подготавливают к переработке (см. главу 5)).

Для предварительного отделения вторичного сырья и/или опасных материалов необходимо учитывать значимые характеристики (таблица 3.9).

Таблица 3.9 – Значимые характеристики при выборе подэтапа «Предварительное отделение вторичного сырья и/или опасных материалов»

№	Значимые характеристики	Описание
1.	Производительность	Характеризуется количеством предварительного отбора вторичного сырья и/или опасных материалов (по массе) (кг, т) в единицу времени (ч, г)
2.	Эффективность	Показывает долю предварительного отбора вторичного сырья и/или опасных материалов при заданной производительности.
3.	Потребление электроэнергии	Определяет количество потребляемой электроэнергии при работе оборудования (конвейерных лент)
4.	Капитальные затраты	Представляют затраты на возможное приобретение дополнительного оборудования (конвейерной ленты), так как при проектировании предприятия необходимо производить расчет срока окупаемости технологического процесса
5.	Условия эксплуатации: •размещение;  •температура;	<p>Существует два способа размещения оборудования:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• открытая площадка. Если данную операцию совмещать с разрывом пакетов (4, 5 варианты оптимальной схемы подэтапа «Открытие пакетов с ТКО») и с отделением крупногабаритных отходов (3 вариант оптимальной схемы подэтапа «Отделение крупногабаритных отходов»), то следует выбирать открытую площадку с навесом. Достоинствами данного способа является: 1) не требуется открывать и закрывать ворота каждый раз, когда подъезжает мусоровоз, так как подвоз отходов на мусоросортировочное предприятие осуществляется в течение всего рабочего дня; 2) не требуются затраты на отопление. Недостатком является: в зимнее время года следует соблюдать время пребывания рабочих на холоде (Методические рекомендации 2.2.7.2129-06. «2.2.7. Физиология труда и эргономика. Режимы труда и отдыха работающих в холодное время на открытой территории или в неотапливаемых помещениях»).</li> <li>• закрытое помещение. Достоинство: соблюдение условий труда по температурному режиму для персонала предприятия. Недостатки: 1) требуется организация проездов и подъездов транспорта и дополнительное время на открытие ворот; 2) дополнительные затраты на отопление.</li> </ul> <p>Температурный режим необходимо соблюдать согласно Руководству Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» и СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».</p> <p>Максимальная и минимальная температура, оговоренные паспортом для</p>

№	Значимые характеристики	Описание
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• покрытие площадки</li> </ul>	<p>оборудования и санитарными нормами для персонала предприятия. Температурный режим для персонала предприятия необходимо соблюдать согласно Руководству Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда», СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» и Методическим рекомендациям 2.2.7.2129-06. «2.2.7. Физиология труда и эргономика. Режимы труда и отдыха, работающих в холодное время на открытой территории или в неотапливаемых помещениях».</p> <p>Рабочая площадка должна быть твердой, относительно ровной, горизонтальной поверхностью.</p>
6.	Дополнительное оборудование	Используются для сбора и накопления отобранных компонентов – контейнеры или накопители для крупных фракций и спецконтейнеры для опасных материалов (см. главу 222), для транспортировки – конвейерные ленты (см. главу 222).
7.	Оптимальные схемы предварительного отбора вторичного сырья и/или опасных материалов	<p>Вторичное сырье и/или опасные материалы отделяются друг от друга в разные контейнеры или накопители, а также можно транспортировать каждый поток по конвейерным лентам к следующим этапам технологического процесса. Поток вторичного сырья можно разделять на несколько видов компонентов, а опасные материалы на основные группы, которые обуславливаются схожими опасными свойствами и происхождением предметов. Можно выделить два варианта:</p> <p><b>1 вариант – Предварительное отделение вторичного сырья и/или опасных материалов вручную на конвейерной ленте</b> (рисунок 3.19)</p> <p>Отделение вторичного сырья и/или опасных материалов совмещать с разрывом пакетов (4 вариант оптимальной схемы подэтапа «Открытие пакетов с ТКО») не целесообразно потому, что будет снижаться эффективность разрыва пакетов и выделения вторичного сырья и/или опасных материалов.</p> <p><b>2 вариант – Предварительное отделение вторичного сырья и/или опасных материалов вручную с дальнейшей загрузкой отходов на конвейерную ленту</b> (рисунок 3.20)</p> <p>Отделение вторичного сырья и/или опасных материалов возможно совмещать с разрывом пакетов (4 вариант оптимальной схемы подэтапа «Открытие пакетов с ТКО») и с отделением крупногабаритных отходов (3 вариант оптимальной схемы подэтапа «Отделение крупногабаритных отходов»).</p> <p>Площадка должна располагаться так, чтобы рабочие смогли подойти к отходам со всех сторон для более рационального времени их занятости.</p>
8.	Персонал	<p>Численность персонала</p> <p>Численность рабочих, которые предварительно отделяют вторичное сырье и/или опасные материалы, зависит от объемов поступающих отходов на мусоросортировочную линию. При совмещении с другими операциями (разрыв пакетов с ТКО и отделение КГО) численность рабочих должна быть увеличена. Требуется 1 инженер-технолог для технического обслуживания оборудования при плановых мероприятиях и ремонте конвейерной ленты, 1 человек для санитарного обслуживания (мойка и дезинфекция оборудования, конвейерных лент, накопителей и пр.) согласно графику уборки помещения и дезинфекции оборудования. Как правило, за все техническое обслуживание оборудования мусоросортировочной линии отвечает один человек, аналогично про санитарное обслуживание и про организацию и контроль технологическим процессом. Квалификация и занятость персонала представлена в таблице 3.10.</p>
9.	Рабочая зона	<p>Необходимо учитывать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• размеры оборудования при его размещении на технологической площадке.</li> <li>• если отделение вторичного сырья и/или опасных материалов осуществляется на конвейерной ленте, то необходимо учитывать площадки для установки рабочих постов, а также установки контейнеров/накопителей для сбора и накопления отсортированных компонентов или конвейерных лент для транспортировки компонентов к следующему подэтапу.</li> <li>• если отделение вторичного сырья и/или опасных материалов производится из выгруженных отходов (навал отходов), то требуется дополнительная рабочая площадка для подхода персонала со всех сторон к отходам.</li> </ul>

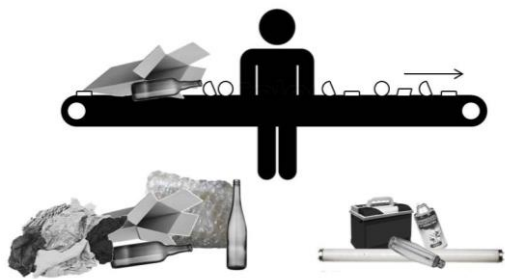


Рисунок 3.19 – Предварительное отделение вторичного сырья и/или опасных материалов вручную на конвейерной ленте

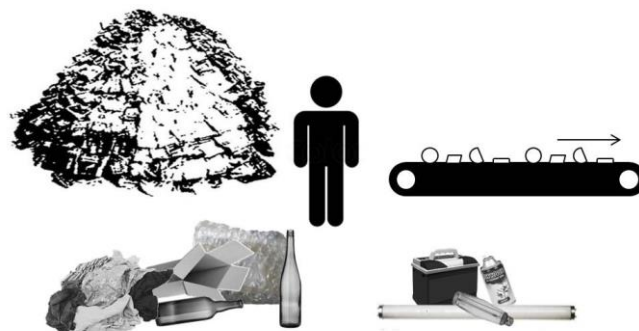


Рисунок 3.20 – Предварительное отделение вторичного сырья и/или опасных материалов вручную с дальнейшей загрузкой отходов на конвейерную ленту

Таблица 3.10 – Квалификация и занятость персонала

Функция	Квалификация персонала	Степень занятости
отделение вторичного сырья и/или опасных материалов вручную	особая квалификация не требуется	зависит исходя из объемов поступающих отходов
техническое обслуживание	слесарь-механик	при плановых мероприятиях и ремонте
санитарное обслуживание (мойка и дезинфекция)	особая квалификация не требуется	согласно графику уборки и дезинфекции

В таблице 3.11 представлены значимые характеристики на подэтапе «Предварительное отделение вторичного сырья и/или опасных материалов».

Таблица 3.11 – Значимые характеристики

№	Рабочие характеристики	Отбор вручную
1.	Производительность, т/ч	зависит исходя из объемов поступающих отходов (возможно, совмещать с подэтапами «Открытие пакетов с ТКО» и «Отделение крупногабаритных отходов»)
2.	Условия эксплуатации: -температура, °С	17-19 (холодный период) <sup>1</sup> , 19-21 (теплый период) <sup>1</sup>

<sup>1</sup> температура выбрана с учетом категории работ (Пб)

### 3.4. Фракционирование твердых коммунальных отходов

Фракционирование предназначено для разделения твердых коммунальных отходов по крупности с помощью грохочения или дробления с последующим грохочением.

#### 3.4.1. Грохочение

Грохочение применяется для выделения мелкой фракции, размер которой меньше размера отверстий сит оборудования, таким образом, повышается эффективность сортировки основного потока отходов на последующих подэтапах технологического процесса. Мелкая фракция в основном состоит из органических отходов, поэтому ее можно отправлять на процесс компостирования (чем выше их доля, тем лучше качество будет у компоста). Однако присутствуют и другие компоненты (металл, пластмасса и т.д.), степень разложения которых очень низкая, поэтому при их наличии рекомендуется предварительная обработка, по извлечению мешающей фракции.

Достоинством данного подэтапа является еще и то, что возможно исключить на начальном уровне технологической схемы «мокрую» фракцию из основного потока

отходов для улучшения качества отбора автоматической и/или ручной сортировке отходов. Влажность отходов зависит от происхождения компонентов, сезона, региона и т.д.

Дробление отходов предназначено для уменьшения размеров сортируемых материалов. Автоматическая сортировка (см. главу 4.4) в сочетании с дроблением имеет выше эффективность выделения компонентов, так как в раздробленном виде материалы практически не перекрываются друг с другом. Если в основе технологического процесса используется ручная сортировка (см. главу 4.3), то дробление использовать не целесообразно, так как рабочим предприятия сложно разделить раздробленный поток на компоненты.

**Способ выполнения грохочения:**

- механический (выделение мелкой фракции из ТКО можно осуществлять при помощи оборудования (рисунок 3.21). Эффективность грохочения также зависит от специфики использования и типа грохота, который подбирается в зависимости от характера, размера частиц и плотности материала, подлежащего грохочению. Для каждого типа грохота можно выбирать размер, форму (круглая, овальная, N-угольная и т.д.) ячеек. Для сит или решет, также можно подбирать длину, форму (с декой из звездочек, со ступенчатой декой и т.д.).

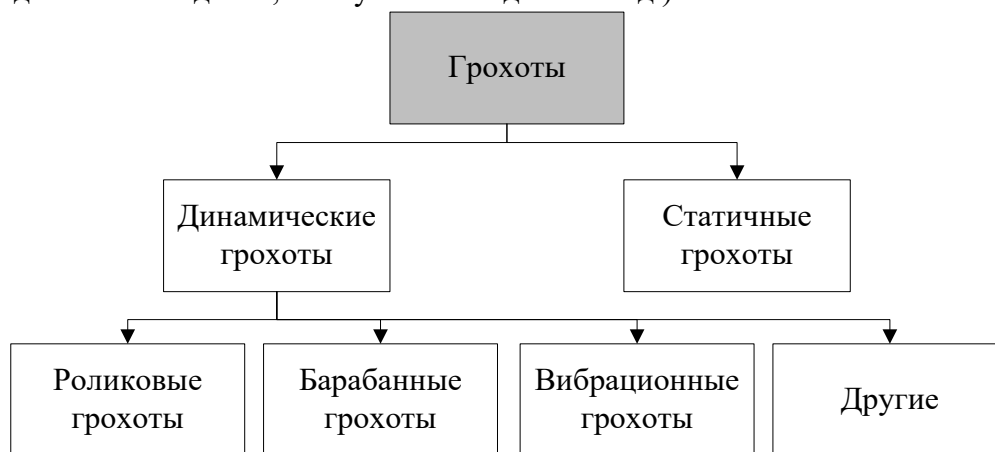


Рисунок 3.21 – Классификация грохотов [18]

Под другими грохотами понимается оборудование, у которого основная цель не является выделение мелкой фракции, но позволяет ее выделять (например, баллистический сепаратор (см. главу 4.1)).

Статичный грохот – аппарат статичного действия электрического привода, не имеющий подвижных элементов. На рисунке 3.22 представлен пример статичного грохота – дуговой грохот. Мелкая фракция проходит через отверстие сита, а оставшиеся отходы скатываются по наклонной поверхности, тем самым разделяя поток отходов на две части. Конструкция статичного грохота обеспечивает равномерное распределение отходов по ширине сита [19].

Роликовый грохот или валково-дисковый грохот – аппарат динамического действия, основным элементом являются ролики, соединенные с приводом (рисунок 3.23). Подаваемые сверху твердые коммунальные отходы скатываются вдоль грохота вниз за счет силы тяжести, а также в результате вращения роликов. Вращательное усилие передаётся на каждый ролик от привода за счёт цепи и звёздочек. Промежуточные расстояния между роликами установлены при сборке и строго зафиксированы. Эффективность разделения отходов можно повысить за счет скорости вращения роликов, которые регулируются в соответствии состава и размера материала. Так, например, на первом участке между роликами проваливается мелкая фракция менее 10 мм. На втором участке, где зазор между роликами увеличен до 16 мм вниз уходит фракция размером 10-16 мм, которые поступают на дальнейшую переработку. На третьем участке

проваливается фракция размером 16-30 мм. Весь материал размером более 30 скатывается дальше по грохоту и попадает на основную сортировку ТКО [20].

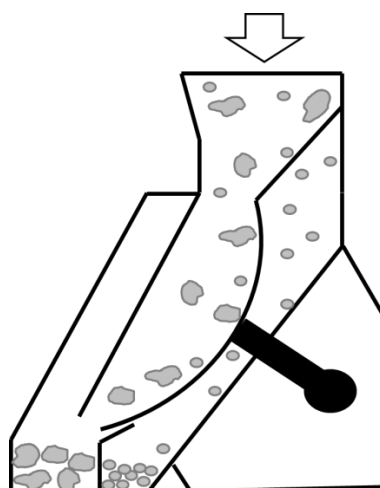


Рисунок 3.22 – Дуговой грохот (статичный)

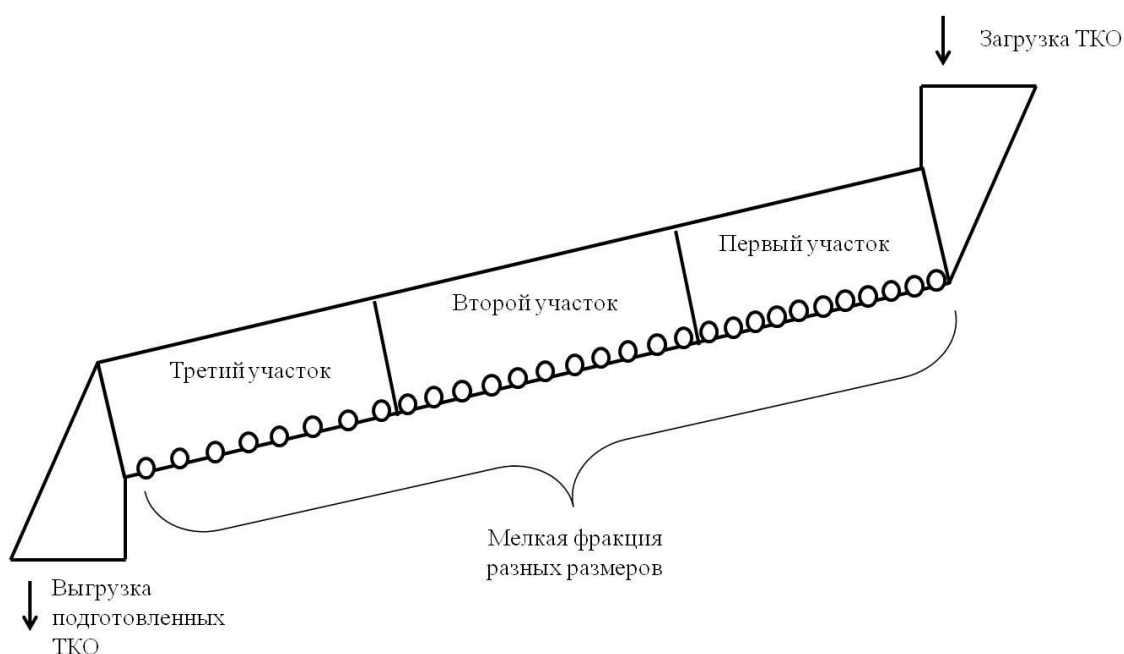


Рисунок 3.23 – Роликовый грохот

Барабанный грохот – аппарат динамического действия, который представляет собой установленный под наклоном барабан с поверхностью из сетки или перфорированного стального листа (рисунок 3.24). Грохоты барабанной конструкции предназначены для выделения мелкой фракции из основного потока твердых коммунальных отходов. Отходы загружаются через воронку внутрь барабана и попадают на просеивающую поверхность. При вращении и за счет наклона барабана мелкая фракция (размер фракции меньше ячеек цилиндра) просеивается в специальный бункер/накопитель, который установлен под грохотом, а основной поток ТКО транспортируется к разгрузочному отверстию грохота [21].

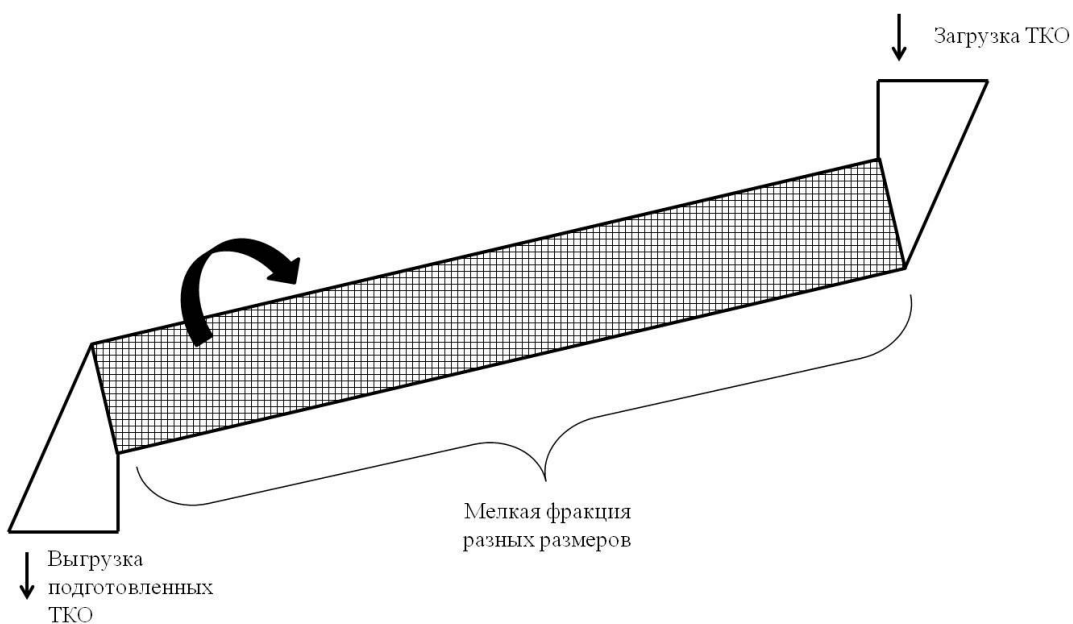


Рисунок 3.24 – Барабанный грохот

Вибрационный (инерционный) грохот – аппарат динамического действия, снабженный вибрационным приводом, предназначен для сортировки материалов путем их просеивания через сита или решета. Вибрационные грохоты делятся на грохоты с вибрирующим корпусом и грохоты с вибрирующим полотном.

Грохоты с вибрирующим корпусом (рисунок 3.25). Сита грохота с вибрирующим корпусом плотно закреплены в коробе, которому передаются периодические колебания, за счет чего и производятся перемещение и встряхивание просеиваемого материала через ячейки, то есть происходит разделение на фракции. Возможно, сита размещать в несколько рядов с постепенным уменьшением размера ячеек. При этом подача и разгрузка сортируемого материала осуществляется беспрерывно [21].

Грохоты с вибрирующим полотном (рисунок 3.26) идентичен предыдущему грохоту, только периодические колебания передаются ситам, при этом корпус неподвижен. Вибрация производится внутри оборудования.

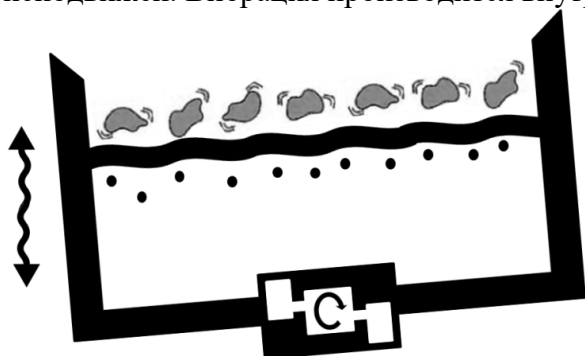


Рисунок 3.25 – Грохот с вибрирующим корпусом

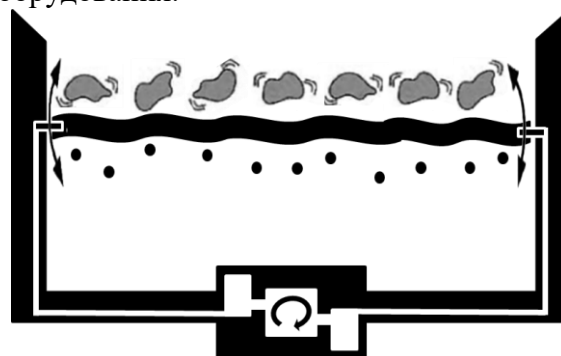


Рисунок 3.26 – Грохот с вибрирующим полотном

Для выбора отделения мелкой фракции необходимо учитывать значимые характеристики оборудования и персонала предприятия (таблица 3.12).



Таблица 3.12 – Значимые характеристики при выборе подэтапа  
«Фракционирование твердых коммунальных отходов»

№	Значимые характеристики	Описание
1.	Производительность	Характеризуется количеством прошедших отходов через грохот (по массе) (кг, т) в единицу времени (ч, г)
2.	Эффективность	Показывает долю прошедшей мелкой фракции через грохот при заданной производительности. Эффективность отделения мелкой фракции будет зависеть от: <ul style="list-style-type: none"> <li>• времени нахождения отходов в грохоте;</li> <li>• влажности отходов (чем выше влажность отходов, тем ниже эффективность разделения);</li> <li>• содержания длинномерных элементов и приграничной фракции, которая практически равна по размеру ячейки сита (<math>\pm 10\%</math>) (сито забивается текстилем, стрейч-пленка, проволока и т.п.);</li> <li>• конструктивных особенностей оборудования.</li> </ul> При максимальном извлечении мелкой фракции необходимо каждый после рабочей смены очищать сито.
3.	Потребление электроэнергии	Определяет количество потребляемой электроэнергии при работе оборудования
4.	Капитальные затраты	Представляют затраты на приобретение оборудования, так как при проектировании предприятия необходимо производить расчет срока окупаемости технологического процесса
5.	Условия эксплуатации: <ul style="list-style-type: none"> <li>• размещение;</li> <li>• температура;</li> <li>• покрытие площадки</li> </ul>	Способ размещения. <ul style="list-style-type: none"> <li>• закрытое помещение. Данный подэтап целесообразно размещать в закрытом помещении в связи с соблюдением температурного режима для персонала предприятия. Температурный режим необходимо соблюдать согласно Руководству Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» и СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».</li> </ul> Максимальная и минимальная температура, оговоренная паспортом для оборудования и санитарными нормами для персонала предприятия. Нормативные документы по соблюдению температурного режима для персонала предприятия см. выше.  Рабочая площадка под грохотом должна быть твердой, относительно ровной, горизонтальной поверхностью.
6.	Дополнительное оборудование	Используют в качестве транспортировки отходов – промежуточные конвейерные ленты (см. главу 10.2) между двумя подэтапами, также применяют емкости/накопители для сбора отсева – контейнеры (см. главу 10.3). Просеянная мелкая фракция может попадать непосредственно в контейнеры или конвейерные ленты, которые транспортируют на следующий этап технологического процесса. Однако в условиях компоновки установленного оборудования, не всегда возможно разместить контейнеры под грохотом, поэтому используют разгрузочные конвейерные ленты с последующим перемещением отсева в контейнер или накопитель.
7.	Персонал	Численность персонала Требуется 1 мастер для организации и контроля технологическим процессом, 1 слесарь-механик для технического обслуживания оборудования при плановых мероприятиях и ремонте, 1 человек для санитарного обслуживания (мойка и дезинфекция оборудования, конвейерных лент, накопителей и пр.) согласно графику уборки помещения и дезинфекции оборудования. Как правило, за все техническое обслуживание оборудования мусоросортировочной линии отвечает один человек, аналогично про санитарное обслуживание и про организацию и контроль технологическим процессом. Квалификация и занятость персонала представлена в таблице 3.13.

№	Значимые характеристики	Описание
8.	Рабочая зона	Необходимо учитывать: <ul style="list-style-type: none"> <li>• размеры оборудования при его размещении на технологической площадке;</li> <li>• дополнительную высоту над оборудованием, так как над оборудованием монтируются конвейерные ленты;</li> <li>• площадки для размещения дополнительного оборудования (конвейерные ленты для транспортировки, контейнеры/ накопители для сбора отсева).</li> </ul>

Таблица 3.13 – Квалификация и занятость персонала

Функция	Квалификация персонала	Степень занятости
организация и контроль технологическим процессом	мастер	рабочая смена
техническое обслуживание	слесарь-механик	при плановых мероприятиях по техническому обслуживанию и ремонту
санитарное обслуживание (мойка и дезинфекция)	особая квалификация не требуется	согласно графику уборки и дезинфекции

В приложении 3 представлены значимые характеристики грохотов.

Достоинства и недостатки грохотов, осуществляющие разделение мелкой фракции, представлены в таблице 3.14.

Таблица 3.14 – Сравнительная характеристика грохотов

Грохот	Достоинства	Недостатки
Статичный (дуговой) грохот	Низкие капитальные и эксплуатационные затраты, конструктивно просты	Низкая эффективность отбора мелкой фракции
Роликовый грохот	Минимальное забивание зазоров между роликами. Высокая производительность и более эффективное грохочение раздробленных компонентов по сравнению со статичными грохотами	Большая длина конструкции. Низкая эффективность отбора мелкой фракции при подаче твердых коммунальных отходов навалом
Барабанный грохот	Позволяет сконцентрировать вторичное сырье перед основной сортировкой, отделить биоразлагаемые отходы (поток отходов, подвергающийся компостированию), очистить компост. Эффективность не превышает 80%, а после небольшого времени эксплуатации – уменьшается до 70% и ниже из-за забивания грохота	Забивание поверхности барабана текстильными, пленочными материалами. Данные грохоты отличаются громоздкостью и большой массой. Высокие эксплуатационные затраты. В процессе работы создают шум и активно пылят.
Вибрационный грохот	Высокая производительность и эффективность (около 90%) по сравнению с барабанным грохотом. Минимальное забивание ячеек сит грохота. Компактность. Простота регулировки и замены сит. Небольшой расход энергии	Неравномерное распределение амплитуды колебаний по поверхности сита: большая – в средней части и меньшая – по краям. Источник повышенного шума и вибраций

В таблице 3.15 представлены значимые характеристики грохотов.

Таблица 3.15 – Значимые характеристики грохотов

№ п/п	Значимые характеристики	Дуговой (статичный) грохот	Роликовый грохот	Барабанный грохот	Инерционный (вибрационный) грохот
1.	Производительность, т/ч	Не более 40	100-300	н/д	20-250
2.	Размеры (Д×Ш×В), мм	2280×1300×2560	5220×2900×2550-16500×2700×3400	6800×3090×3200-12300×3000×3260-10470×2190×3820	4350×3430×3140-3120×2310×1970
3.	Мощность, кВт	1,8	11-260	30-44	4-22
4.	Размер сит, мм	10	10-300	8-150	32-150
5.	Масса, т	1,45	4,37	10,5-21,0	2,0-9,6
6.	Угол наклона, град	-	15	-	15-30
7.	Условия эксплуатации: -температура, °С	н/д	н/д	н/д	н/д
8.	Эффективность, %	н/д	н/д	70-80	Не менее 80
9.	Дополнительные условия: - высота над оборудованием, м	Подача отходов конвейерной лентой – не менее 1,0	Подача отходов конвейерной лентой – не менее 1,0	Высота над оборудованием не требуется, так как загрузка отходов в барабанный тип грохота осуществляется с торца	Подача отходов конвейерной лентой – не менее 1,0

### 3.4.2. Дробление

Процесс дробления применяется для доведения материалов перед сортировкой до необходимой крупности и требуемого гранулометрического состава. Прошедший дробление поток материала характеризуется более однородными размерами компонентов, отсутствием слипания компонентов друг с другом. Это все обуславливает применение дробления в линиях сортировки с высоким уровнем автоматизации процесса, где важна однородность потока, а также в линиях переработки крупногабаритных отходов (мебель, бытовая техника, автомобили и др.).

Подэтап дробления встраивается в технологическую цепочку сортировки в соответствии с одной из схем, представленных на рисунке 3.27-3.29.

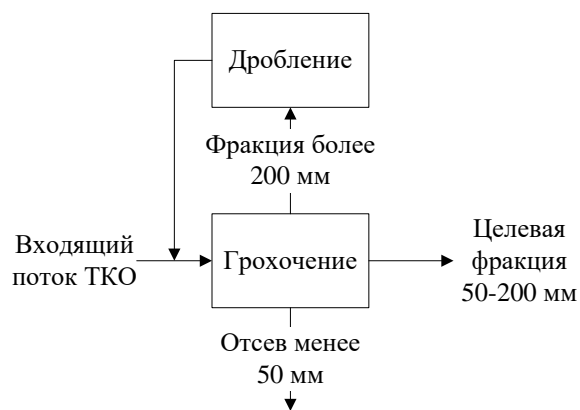


Рис. 3.27 – Схемы встраивания подэтапа дробления ТКО в технологическую схему сортировки

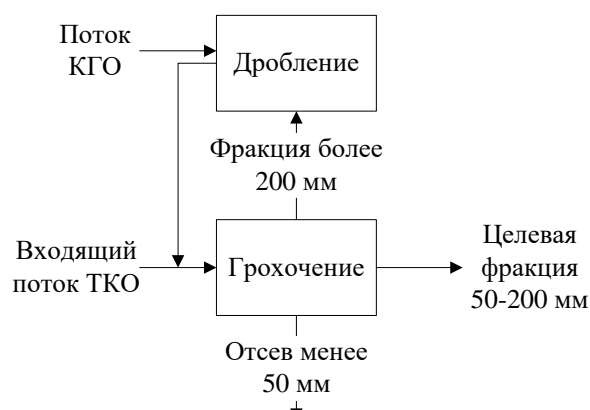


Рис. 3.28 – Схемы встраивания подэтапа дробления ТКО и КГО в технологическую схему сортировки



Рис. 3.29 – Схемы встраивания подэтапа дробления только КГО в технологическую схему сортировки

На рисунке 3.27 представлена схема, которая используется при сортировке ТКО, объем КГО в которых незначителен или перерабатывается отдельно. В соответствии с данной схемой на дробление отправляется выделенная на подэтапе грохочения фракция размером, превышающим определенную величину (обычно более 200 мм). Разумеется, что грохот в этом случае должен быть способен разделять поток более чем на 2 фракции.

На рисунке 3.28 представлена схема, которая применяется при совместной переработке ТКО и КГО, входящие в поток ТКО. Согласно данной схеме дроблению подвергается весь поток КГО, а также фракция малогабаритных ТКО размером более 200 мм, полученная при грохочении.

На рисунке 3.29 представлена схема, которая предназначена для переработки только крупногабаритных ТКО, весь поток которых отправляется на дробление перед последующей переработкой.

**Способ выполнения дробления**

На рисунке 3.30 представлены способы разрушения, принципиально применяющиеся для дробления материалов.

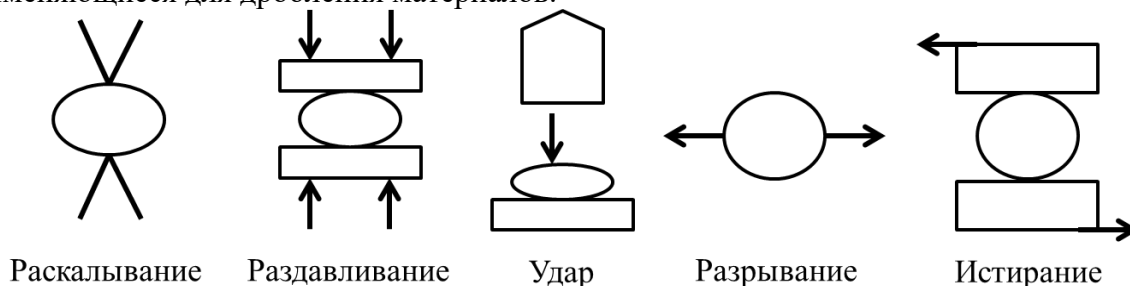


Рисунок 3.30 – Принципы работы методов дробления и измельчения отходов [22]

Указанные способы дробления являются общими для дробления и измельчения, однако эти процессы отличаются по своему технологическому назначению.

Твердые коммунальные отходы включают в себя обширную номенклатуру материалов с совершенно разными физико-механическими свойствами. Так, дерево плохо сопротивляется излому, а такие материалы как металл, твердые пластики, полимерные пленки, обладающие высокой упругостью, при воздействии излома, раздавливания, раскалывания, истирания лишь деформируются без потери целостности компонента. Это обуславливает низкую эффективность применения таких способов. На практике для дробления ТКО используются только ударную технологию и технологию среза. Ударная технология реализована в конструкциях молотковых и роторных дробилок, технология среза – в конструкциях шредеров.

Ограниченность номенклатуры компонентов ТКО, для измельчения которых может эффективно применяться ударная технология, обуславливает узкоспециализированное применение дробилок в линиях переработки уже выделенного гомогенного потока отходов (в основном линии переработки твердых пластиков).

Шредеры в силу своей универсальности получили наибольшее распространение в линиях по сортировке отходов. В основном шредеры служат для грубого предварительного дробления материала с получением фракций 70-150 мм.

### *Дробилки*

Классификация дробилок согласно ГОСТ 14916-82 представлена на рисунке 3.31.

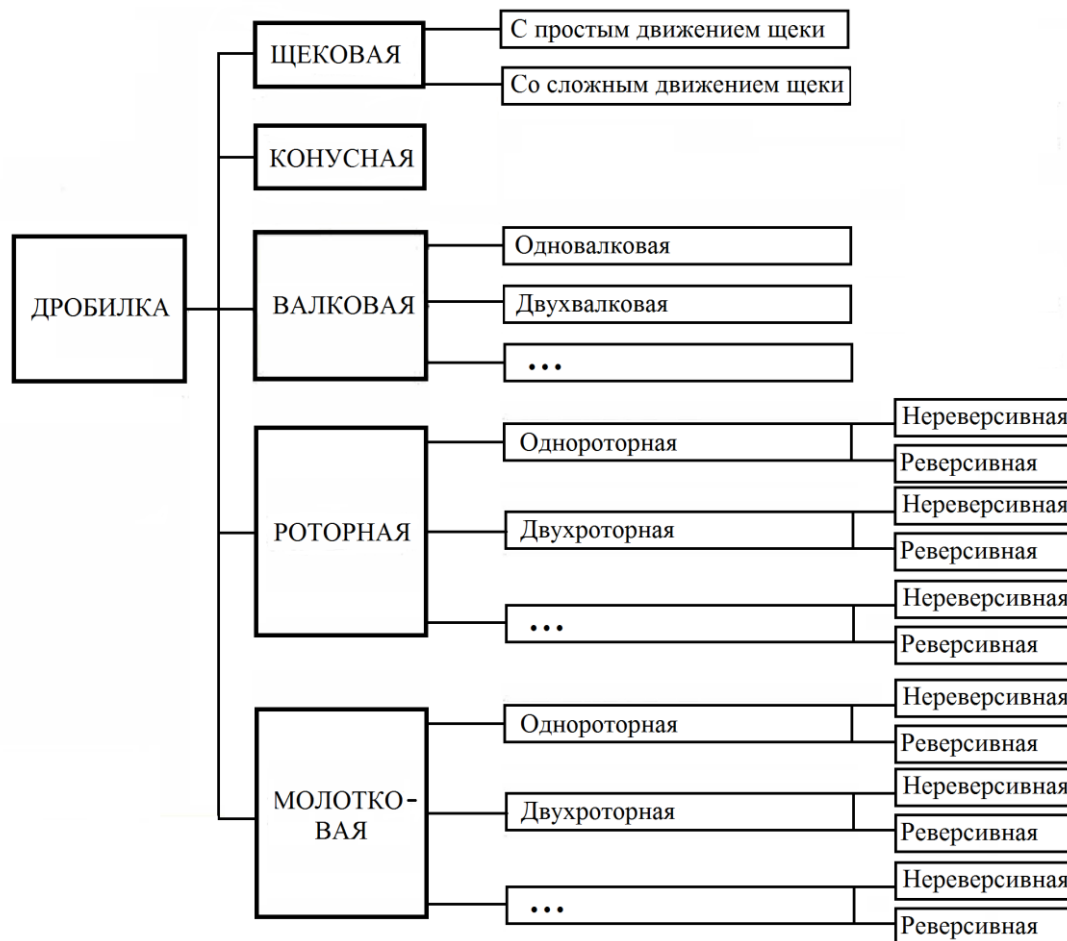


Рисунок 3.31 – Классификация дробилок согласно ГОСТ 14916-82

В молотковых дробилках материал измельчается силой ударов, нанесенных молотками (рисунок 3.32). Молотковая дробилка состоит из ротора, к дискам которого шарнирно на эксцентриковых пальцах прикреплены молотки. Они служат для дробления материалов с прочностью на сжатие до 150 МПа. Производительность дробилок 3-400 м<sup>3</sup>/ч.

Дробление в молотковой дробилке осуществляется:

- ударами быстро вращающихся молотков непосредственно по кускам материала и ударами кусков друг о друга;
- ударами кусков материала о дробящие плиты, на которые они отбрасываются молотками;
- между молотками и дробящими плитами;
- между молотками и колосниковой решеткой.

Наиболее эффективно дробление кусков ударами на лету.

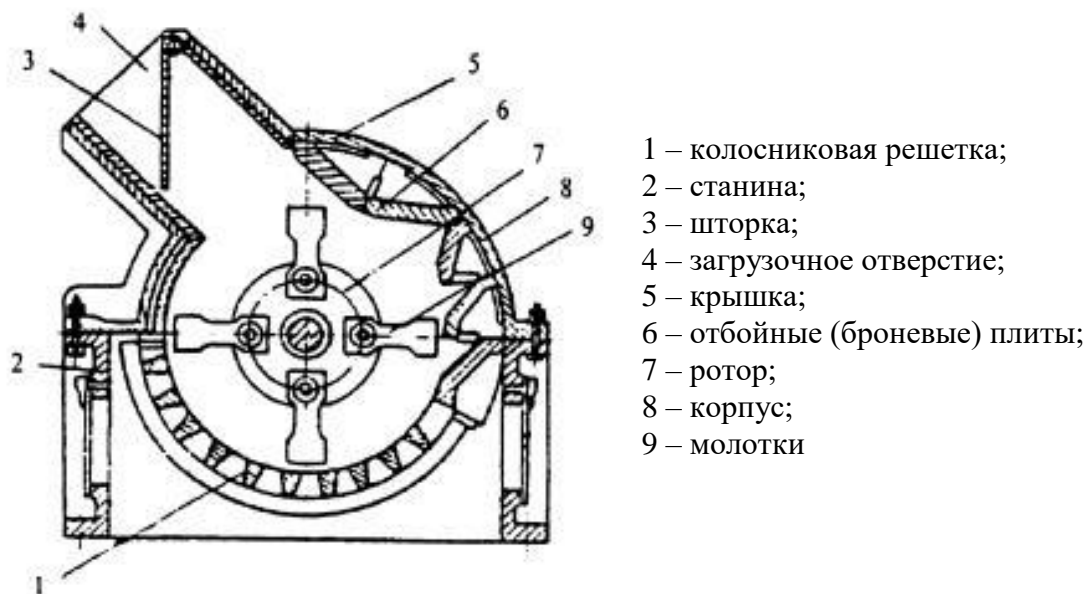


Рисунок 3.32 – Молотковая дробилка

Роторные дробилки (рисунок 3.33) представляют собой машины ударного действия, дробление в которых происходит с помощью быстро вращающихся бил, жестко закрепленных на внешней поверхности ротора. Ротор установлен внутри корпуса, на стенках которого закреплены приемный лоток, отражательные плиты, колосниковые решетки, служащие для направления движения потока дробимого материала внутри корпуса и образующие вместе с ротором камеру дробления. Корпус имеет приемное и выходное отверстия.

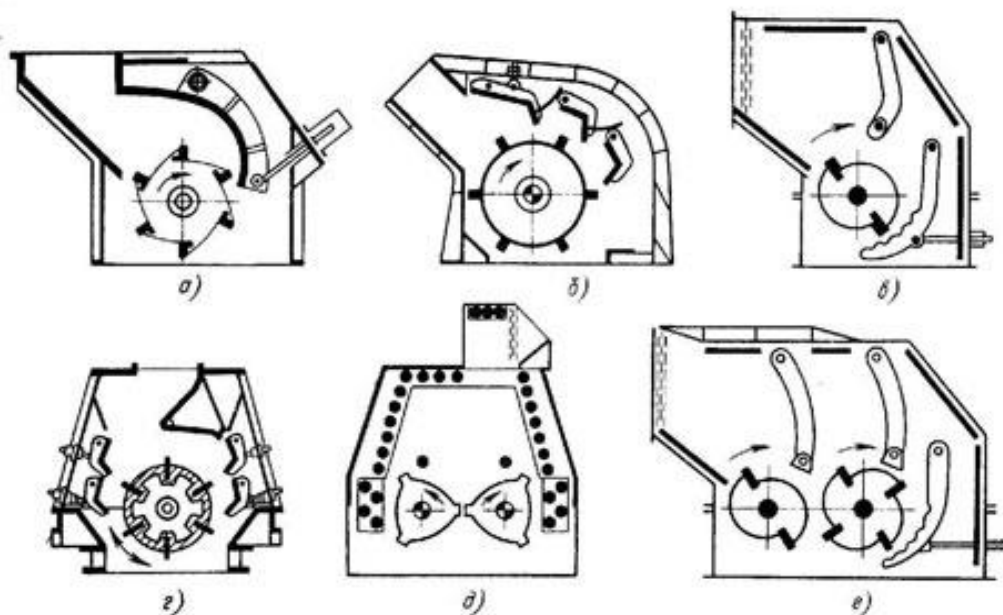


Рисунок 3.33 – Конструктивные схемы роторных дробилок:  
 а – однороторная однокамерная с отражательной плитой;  
 б – однороторная трехкамерная с отражательными плитами;  
 в – однороторная двухкамерная с колосниковыми решетками;  
 г – реверсивная; д – двухроторная одноступенчатого дробления;  
 е – двухроторная двухступенчатого дробления

Наибольшее распространение получили однороторные дробилки как наиболее простые, компактные и удобные в эксплуатации. Двухроторные дробилки разделяются на

дробилки одноступенчатого и двухступенчатого дробления. Двухроторные дробилки одноступенчатого дробления представляют собой совмещение двух однороторных дробилок с одним общим приемным отверстием. Поток исходного материала в камере дробления распределяется между двумя роторами и на каждом дробится самостоятельно. Производительность их при одинаковых размерах роторов примерно в 2 раза больше производительности однороторных дробилок. Однако верхнее положение приемного отверстия усложняет компоновочную схему (питатель должен находиться над одним из роторов) и затрудняет проведение ремонтных работ. Поэтому двухроторные дробилки одноступенчатого дробления большого распространения не получили.

Двухроторные дробилки двухступенчатого дробления представляют собой две последовательно работающие дробилки. Продукт дробления первого ротора поступает непосредственно на второй ротор. Это позволяет сократить производственные площади и упростить технологическую схему. Обычно их применяют тогда, когда необходимо получить продукт с большим содержанием мелких фракций.

В качестве отражательных органов в роторных дробилках используют колосниковые решетки, отражательные плиты или брусья.

В дробилках с колосниковыми отражательными решетками часть мелких фракций удаляется из камеры в процессе дробления. Это позволяет уменьшить переизмельчение материала и снижает удельный расход энергии. При этом конструкция дробилки получается несколько сложнее и большей массы, так как предусматриваются специальные объемы для прохода отсеянного материала.

Дробилки с отражательными плитами оказались более простыми, надежными и удобными в эксплуатации.

По направлению вращения в основном применяют дробилки с постоянным направлением вращения, в которых обеспечивается определенное движение дробимого материала и более полно используется рабочее пространство вокруг ротора. Эти дробилки обеспечивают более удобную компоновку с остальным оборудованием.

Роторные дробилки с реверсивным вращением ротора эффективны в условиях повышенного абразивного изнашивания бил для поддержания передней кромки била заостренной. Это достигается реверсированием вращения ротора. Периодическая смена направлений вращений ротора по мере изнашивания то одной, то другой стороны била позволяет использовать дробилку в наиболее благоприятных условиях работы. При этом показатели работы дробилки и ресурс била повышаются. Однако реверсивные дробилки сложнее по конструкции, так как имеют два комплекта отражательных плит, каждый для своего направления вращения.

### **Шредеры**

Измельчение материалов в шредере осуществляется за счет воздействия на компонент разрывающего усилия, создаваемого при заклинивании компонента между вращающимися друг навстречу другу рабочими роторами, оснащенными ножами, либо между ротором и корпусом шредера. Классификация шредеров представлена на рисунке 3.34 [23].

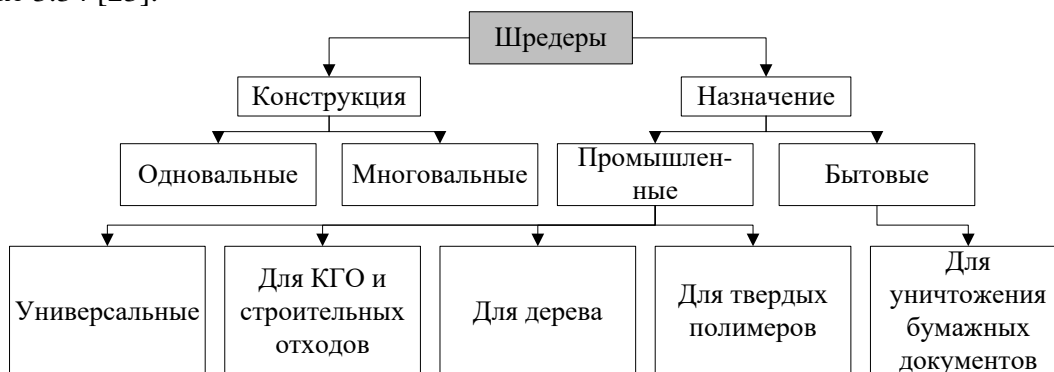
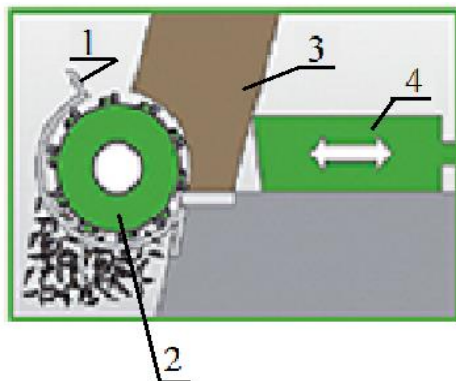


Рисунок 3.34 – Классификация шредеров

Однороторный (одновальный) шредер – это низкооборотный измельчитель с гидравлической пресс-плитой (подпрессовщиком) для дробления отходов большой толщины и высоким сопротивлением к измельчению: отходы древесины, деревянные ящики и поддоны, различные виды пластмасс, объемные полимерные емкости, пластиковые трубы, литники, ТКО, автомобильные шины. Принципиальная схема одновального шредера представлена на рисунке 3.35.



- 1 – бункер шредера,
- 2 – вращающийся ротор,
- 3 – измельчаемый материал,
- 4 – гидравлическая пресс-плита (подпрессовщик)

Рисунок 3.35 – Принципиальная схема работы измельчения в одновальном шредере

Размер фракции конечного материала зависит от диаметра ячейки фракционного сита (15-150 мм.). Роторы одновальных шредеров изготавливают гладкими и профилированными, с покрытием из износостойчивых сплавов (рисунок 3.36).



Рисунок 3.36 – Конструктивные исполнения роторов одновальных шредеров

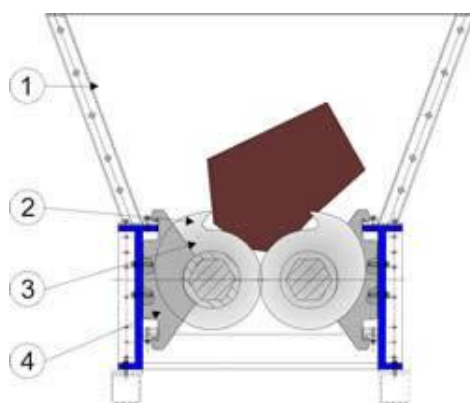
При измельчении твердых, абразивных или легконагревающихся материалов профилированный ротор, имея большую площадь поверхности взаимодействия, более равномерно распределяет появляющееся тепло от трения, по всей площади ротора, что исключает его перегрев или слипание сырья и намотку на ротор.

Режущие ножи одновального шредера имеют четырехугольную форму и крепятся к ротору при помощи винтовых соединений. При затуплении нож поворачивается на 90 градусов, таким образом, достигается увеличение стойкости ножей в 4 раза.

Двухвальный шредер благодаря высокому крутящему моменту позволяет измельчать практически любые отходы (рисунок 3.37).

Четырехвальные шредеры способны измельчать любые виды отходов: твердые коммунальные отходы (ТКО), крупногабаритные отходы (КГО), полимерные отходы разной твёрдости и толщины, бумагу, картон, дерево, отходы кожевенного и текстильного производства, автомобильные покрышки, резинотехнические отходы, асфальт (рисунок 3.38).





- 1 – загрузочный бункер;
- 2 – ножи в виде крюков;
- 3 – режущие диски;
- 4 – боковые накладки для очистки ножей

Рисунок 3.37 – Схема работы двухвального shreddera

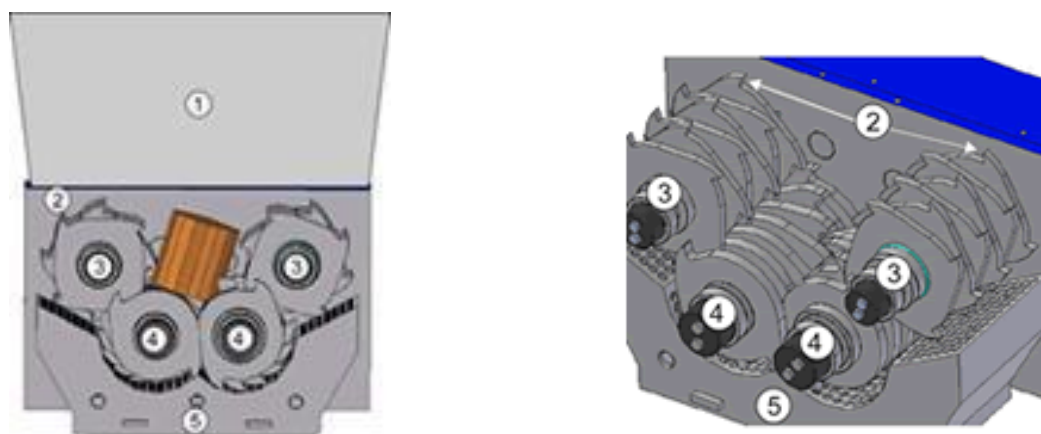


Рисунок 3.38 – Четырехвальный shredder:

- 1 – загрузочный бункер; 2 – ножи крюкообразной формы;
- 3 – вспомогательные валы; 4 – основные валы; 5 – сито

Ножи вспомогательных валов начинают измельчать отходы и благодаря своей крюкообразной форме цепляют измельчаемый материал и подтаскивают его к ножам основных валов, которые и завершают измельчение. Измельчение материала продолжается до тех пор, пока размеры частиц не достигнут уровня беспрепятственного прохода в ячейки установленного сита.

Универсальные промышленные shreddеры могут эффективно измельчать различные виды материалов: отходы деревообработки, деревянные бревна, деревянные ящики и поддоны, картон, полимерную пленку, пластмассовые литники, трубы, смешанные виды отходов, в более мелкую фракцию, которая регулируется диаметром ячеек сита. Преимущественно используются для измельчения отходов с последующей утилизацией. При крупнофракционном измельчении обладают высокой пропускной способностью.

Промышленные shreddеры для ТКО и строительного мусора предназначены для первичного (крупного) измельчения деревянных бревен любого диаметра, пней, отходов выкорчевки, деревянных шпал, старой мебели, объемных деревянных конструкций, отходов деревообработки, деревянных поддонов, смешанных полимерных отходов, грунта, смешанного строительного мусора. Способны измельчать отходы с включениями металла до 20 % от общего объема. Фракция измельчения: 150-250 мм. Обладают очень высокой производительностью: 50-700 м<sup>3</sup>/час. Чаще всего используются для измельчения утилизируемых отходов на полигонах для очень больших объемов.

Shreddеры для измельчения различных видов деревянных отходов измельчают отходы деревообработки, доски, горбыль, короткомерные стволы деревьев, плитные древесно-стружечные отходы, отходы фанеры, деревянные ящики, деревянные паллеты с гвоздями до минимальной фракции 15 мм, которые возможно использовать для

последующей переработки в качестве топливной или технологической щепы. Шредеры для древесины обладают различной производительностью (от 100 кг/час до 5000 кг/час).

Промышленные шредеры для пластмасс (пластиков) используются для измельчения любых полимерных отходов: полимерные пленки, профили, пластиковые трубы, литники, отливки, ПЭТ бутылки, отходы литьевого и термоформовочного производства. Обладают различной производительностью и фракцией измельчения. Для измельчения пластмасс обычно используется двухстадийная схема с первичным измельчением в шредере и последующим доизмельчением в дробилках для пластмасс. Для измельчения практически всех видов пластмасс используются одновальные шредеры. Так как полимеры характеризуются повышенной прочностью и абразивностью, шредеры для пластмасс изготавливаются со значительным запасом прочности и износостойкости.

Для выбора оборудования по дроблению отходов необходимо учитывать значимые характеристики оборудования (таблица 3.16).

Таблица 3.16 – Значимые характеристики при выборе подэтапа  
«Дробление твердых коммунальных отходов»

№	Значимые характеристики	Описание
1.	Производительность	Характеризуется массой раздробленных отходов в единицу времени (кг/ч, т/год). На производительность влияет оснащенность агрегата фракционной решеткой, и соответственно размер фракции. Чем меньший размер выходного материала требуется, тем ниже производительность.
2.	Универсальность	Характеризуется спектром дробимых компонентов отходов, а также необходимостью получать материал определенного размера. Универсальность в первую очередь зависит от состава входящего потока отходов, который определяет конструкцию выбираемого агрегата. Чем шире спектр компонентов, подвергаемых дроблению тем более универсальной должна быть машина.
3.	Потребление электроэнергии	Определяет количество потребляемой электроэнергии при работе оборудования.
4.	Капитальные затраты	Представляют затраты на приобретение оборудования, так как при проектировании предприятия необходимо производить расчет срока окупаемости технологического процесса
5.	Условия эксплуатации: • размещение;  • температура;  • покрытие площадки  • пылеулавливание	<p>Универсальные промышленные машины могут оснащаться гусеничным шасси и соответственно способны работать на открытом воздухе. Но если этап дробления включается в общую технологическую линию сортировки, то целесообразно размещать машину в закрытом помещении для соблюдения температурного режима согласно Руководству Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» и СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».</p> <p>Максимальная и минимальная температура, оговоренная паспортом для оборудования и санитарными нормами для персонала предприятия. Нормативные документы по соблюдению температурного режима для персонала предприятия см. выше.</p> <p>В мобильном исполнении специально подготовленной площадки не требуется. В стационарном исполнении агрегат устанавливается на рабочую площадку, которая должна быть твердой, относительно ровной, горизонтальной поверхностью.</p> <p>Измельчение материала всегда сопровождается высоким пылением, поэтому при размещении агрегата в закрытом помещении, там должна быть предусмотрена система пылеулавливания, либо встроенная в общую систему вентиляции, либо локальная система.</p>

№	Значимые характеристики	Описание
6.	Дополнительное оборудование	В зависимости от производительности технологической линии отходы в измельчитель могут подаваться циклично (вручную, фронтальным погрузчиком, крано-манипуляторной установкой с лепестковым захватом) и непрерывно – с помощью наклонного ленточного конвейера. Дробленый материал транспортируется на следующий подэтап промежуточным ленточным конвейером или системой конвейеров (см. главу 222).
7.	Персонал	Численность персонала Персонал на данном подэтапе может быть задействован для плановых мероприятий по техническому обслуживанию и ремонту, а также для санитарной обработки. <ul style="list-style-type: none"> <li>Если оборудование не подлежит сервисному обслуживанию организацией-производителем (продавцом), то все работы по всем видам ТО и Р производятся персоналом эксплуатирующей организации. Количество работников определяется на основе регламента на выполнение работ по ТО и Р.</li> <li>Если оборудование подлежит сервисному обслуживанию, то персонал эксплуатирующей организации участвует только в ежемесячном текущем ТО (таблица 3.17).</li> </ul>
8.	Рабочая зона	Необходимо учитывать: <ul style="list-style-type: none"> <li>размеры оборудования при его размещении на технологической площадке;</li> <li>дополнительную высоту над и под оборудованием, так как над оборудованием и под ним могут монтироваться конвейерные ленты;</li> <li>площадки для размещения дополнительного оборудования (конвейерные ленты, бункеры-накопители).</li> </ul>

Таблица 3.17 – Квалификация и занятость персонала

Функция	Квалификация персонала	Степень занятости
организация и контроль технологическим процессом	мастер	рабочая смена
техническое обслуживание	слесарь-механик	при плановых мероприятиях по техническому обслуживанию и ремонту
санитарное обслуживание (мойка и дезинфекция)	особая квалификация не требуется	согласно графику уборки и дезинфекции

В Приложении 4 представлены основные типы дробилок, шредеров и их значимые характеристики.

Сравнительная характеристика измельчителей, осуществляющих дробление компонентов твердых коммунальных отходов, представлена в таблице 3.18.

Таблица 3.18 – Сравнительная характеристика дробилок и шредеров

Дробилки/шредеры	Достоинства	Недостатки
Молотковая дробилка	Низкие капитальные и эксплуатационные затраты, конструктивно просты. В ремонте и обслуживании технологичны. Низкая металлоемкость. Наличие фракционной решетки позволяет получать готовый продукт.	Универсальность - очень низкая, применимы только для узкого спектра материалов (твердые пластики, строительные отходы). Имеют ограничение по габаритам загружаемого материала – не более 0,4 м. Высока вероятность отказа при попадании неизмельчаемого куска. Снижение производительности из-за забивания отверстий фракционной решетки, особенно при дроблении влажных материалов.

Дробилки/ шредеры	Достоинства	Недостатки
Роторная дробилка	<p>Низкие капитальные и эксплуатационные затраты, конструктивно просты.</p> <p>В ремонте и обслуживании технологичны.</p> <p>Металлоемкость низкая, хотя выше, чем у молотковых.</p> <p>Наличие фракционной решетки позволяет получать готовый продукт.</p>	<p>Универсальность низкая, могут применяться для твердых пластиков, строительных отходов, кабеля, древоотходов.</p> <p>Имеют ограничение по габаритам загружаемого материала – не более 0,4 м.</p> <p>Высока вероятность отказа при попадании неизмельчаемого куска.</p> <p>Снижение производительности из-за забивания отверстий фракционной решетки, особенно при дроблении влажных материалов.</p>
Одновальный шредер с гидравлическим подпрессовщиком	<p>Высокая универсальность.</p> <p>Наличие системы предохранения от попадания недробимых элементов.</p> <p>Возможность регулирования размера получаемого продукта за счет регулирования частоты вращения ротора, а также за счет оснащения фракционной решеткой.</p> <p>Пирамидальная конструкция ножей увеличивает их стойкость в 4 раза.</p> <p>Нет ограничений по габаритам входящего материала.</p>	<p>Высокие капитальные затраты.</p> <p>Высокие эксплуатационные затраты за счет наличия гидросистемы большой емкости.</p> <p>Сложность конструкции.</p> <p>Высокая металлоемкость конструкций</p>
Многовальный шредер	<p>Универсальность – очень высокая, может применяться для любых материалов, включая автомобильный металл, мебель, крупная бытовая техника, отходы дерева и твердого пластика.</p> <p>Простота конструкции.</p> <p>Наличие системы предохранения от попадания недробимых элементов.</p> <p>Нет ограничений по габаритам входящего материала.</p> <p>Возможность регулирования размера получаемого продукта за счет оснащения фракционной решеткой</p>	<p>Высокие капитальные затраты.</p> <p>Высокие эксплуатационные затраты за счет наличия гидросистемы большой емкости.</p> <p>Высокая металлоемкость конструкций</p>

В таблице 3.19 представлены значимые характеристики грохотов.

Таблица 3.19 – Значимые характеристики

№ п/п	Значимые характеристики	Молотковая дробилка	Роторная дробилка	Одновальный шредер	Двухвальный шредер
1.	Производительность, м <sup>3</sup> /ч	5-900 <sup>1</sup>	90-350 <sup>1</sup>	0,1-7 <sup>1</sup>	1,5-12 <sup>1</sup>
2.	Размеры (Д×Ш×В), мм	1830×1830×1490	400×600×1500-3120×2650×2660	3155×2870×2105-3610×4250×2640	5800×2390×3330-8000×1900×3700
3.	Мощность, кВт	5,5-400 <sup>2</sup>	4-110 <sup>2</sup>	7,5-185,5 <sup>2</sup>	22-150 <sup>2</sup>
4.	Масса, т	0,8-19,3	0,16-6,16	8,0-12,0	8,0-26,0
5.	Размер измельченного материала, мм	10-30	н/д	15-100	30-200
6.	Условия эксплуатации: -температура, °С	В рамках климатического исполнения УХЛ	В рамках климатического исполнения УХЛ	В рамках климатического исполнения УХЛ	В рамках климатического исполнения УХЛ
7.	Универсальность	Твердые пластики, строительные негабаритные отходы, электрошрот,	Древесные отходы ограниченной толщины Твердые пластики, кабель, электрошрот, бумага, картон	Древесные отходы, деревянные поддоны, твердые пластики, бумага, электрошрот, автомобильные шины	Древесные отходы, деревянные поддоны, твердые пластики, бумага, электрошрот, крупногабаритные отходы, бытовая техника, автомобильные шины
8.	Дополнительное оборудование	конвейерная лента <sup>3</sup> (см. главу 222), пневмотранспорт	Конвейерная лента <sup>3</sup> (см. главу 222), пневмотранспорт	Конвейерная лента <sup>3</sup> (см. главу 222), фракционная решетка	Конвейерная лента <sup>3</sup> (см. главу 222)
9.	Дополнительные условия: - высота над оборудованием, м; - пылеулавливание	Подача отходов конвейерной лентой – не менее 1,0 Помещение, где установлен измельчитель, обязательно должно быть оснащено системой пылеулавливания.			

<sup>1</sup> Производительность взята для ТКО, зависит от модели и вида измельчаемого материала.

<sup>2</sup> Мощность зависит от выбранного вибратора.

<sup>3</sup> Конвейерная лента используется для подачи входящего материала и вывода продуктов дробления из оборудования на следующий узел сортировки ТКО.

## **4. ОСНОВНАЯ СОРТИРОВКА ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ**

Существенным этапом в технологическом процессе мусоросортировочного предприятия является основная сортировка твердых коммунальных отходов, на которой происходит непосредственное отделение требуемых компонентов (вторичное сырье, твердое топливо из отходов) или разделение основного потока на несколько фракций по физическим параметрам отходов.

К вторичному сырью предъявляются достаточно высокие требования,

Наиболее часто выделяемые виды вторичного сырья:

- Макулатура – офисная бумага, картон (серый, белый, коричневый), газеты, иллюстрированные бумажные изделия (глянцевые журналы и рекламные изделия), каталоги, бумажные пакеты (мешки), бумага для компьютеров и факсов, писчая бумага, тетради, книги и т.п.
- Полимеры – полиэтилен, ПЭТ, ПВХ, полистирол, поликарбонат, смешанный пластик, пенопласт, полипропилен и т.п.
- Стекло – прозрачное (белое), коричневое, зеленое, янтарное, другие цвета в виде бутылок, банок, стаканов и т.п.
- Металлы – ферромагнетики, алюминий и другие неферромагнетики в виде банок из-под напитков, консервов, металлических пленок, трубок, металлических крышек для бутылок, банок и других упаковок, металлической арматуры, металлических лент (для упаковки и др.), кабель, провода, инструменты, металлическая посуда и т.п.
- Текстиль – кожа, одежда и обувь: мужская, женская и детская одежда, нательное, постельное и столовое белье, скатерти, перчатки, подушки, шерстяные изделия, обувь и т.п. [10].

Промышленную сортировку ТКО можно условно разделить на механическую, сортировку с помощью электромагнита, ручную и оптико-механическую. При ручной сортировке распознавание материалов производится персоналом визуально, а отбор осуществляется вручную. Линии механической сортировки значительно облегчают ручной труд, так как разделяют отходы на несколько потоков по физическим параметрам (плоские и объемные фракции, легкие и тяжелые фракции, магнитные и немагнитные фракции), однако распознавание интересующих компонентов, как правило, выполняется человеком. На линиях оптико-механической сортировки материалов весь процесс сортировки отходов, а именно идентификация отбираемых материалов и их выделение из общего потока, происходит без участия персонала. Как правило, в основе технологических линий оптико-механической сортировки лежит использование сенсоров оптического определения материала компонентов ТКО – определение материала проводится путем облучения потока ТКО электромагнитным излучением с определенными длинами волны и последующего анализа отраженного от поверхности материала или прошедшего через материал излучения.

### **4.1. Механическая сортировка**

Механическая сортировка основана на принципе разделения потока материала под действием силы тяжести, центробежной силы при возвратно-поступательном, вращательном движении материала и других физических свойств компонентов.

Принципиальная схема механической сортировки представлена на рисунк 4.1.

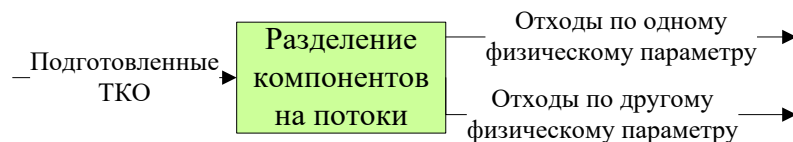


Рисунок 4.1 – Общая схема механической сортировки

Для разделения материалов по разным параметрам из отходов используют сепараторы. С помощью сепараторов различной конструкции и назначения можно выделить из потока объемные или плоские материалы, легкие или тяжелые. Классификация сепараторов представлена на рисунок 4.2.

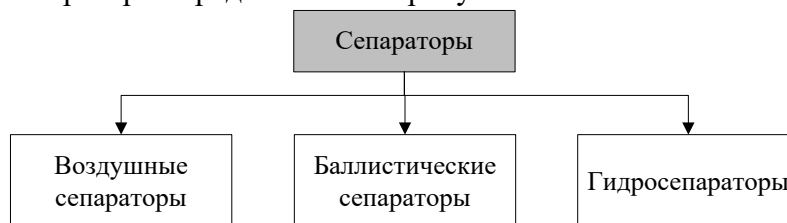


Рисунок 4.2 – Классификация сепараторов

### ***Воздушные сепараторы***

**Воздушные сепараторы.** Данный сепаратор предназначен для разделения входящего материала на легкую и тяжелую фракции. Фракции, содержащие легкие материалы, такие как бумага, картон, пластмасса, пленки и пр., имеющие незначительный удельный вес, потоком подаваемого воздуха отделяются от более тяжелых материалов (стекло, металл, камни, кирпичи и т.п.). Разделение осуществляется под действием турбулентного потока воздуха одновременно по размеру, плотности и форме частиц, составляющих исходный поток отходов [24]. Воздушный сепаратор представлен на рисунке 4.3.

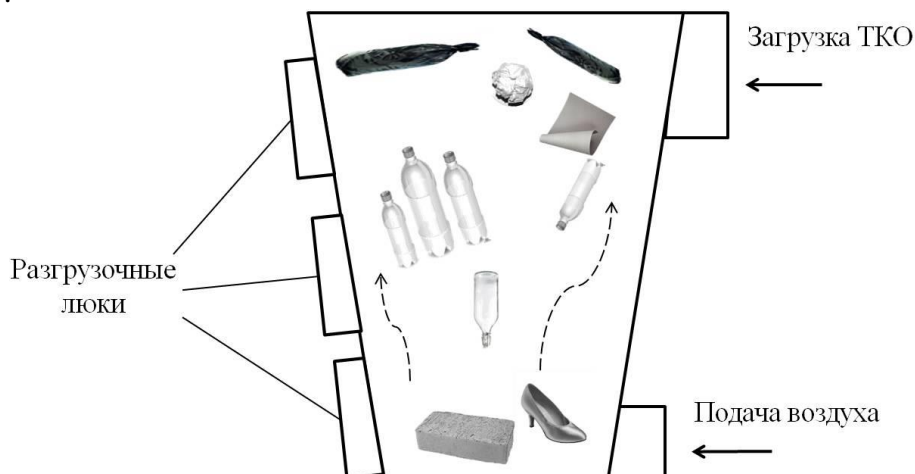


Рисунок 4.3 – Принцип работы воздушного сепаратора

### ***Баллистические сепараторы***

**Баллистический сепаратор** (рисунок 4.4) используется для разделения отходов на две или три фракции (в зависимости от типа сепаратора).

Внутри сепаратора размещена наклонная поверхность, которая совершает круговые движения. Наклонная поверхность состоит из секций (дек), на которых смонтированы лопасти-зацепы, которые определяют характер движения различных компонентов отходов по физическим параметрам (плоская фракция – пленки, картон, бумага и т.п. и объемная фракция – ПЭТ-бутылки, ПЭ-тара, «Тетрапак» и т.п.). Плоские легкие компоненты при зацеплении лопастями транспортируются вверх по наклонной поверхности, тяжелые объемные компоненты, совершая сложное движение,

перемещаются вниз по наклонной поверхности. Обычно деки изготовлены из перфорированных листов металла, поэтому при работе дополнительно отсеивается мелкая фракция [10]. Для оптимального использования баллистического сепаратора можно регулировать угол наклона поверхности в зависимости от назначения извлечения требуемых компонентов. Сепаратор данного типа позволяет разрыхлять и равномерно распределять материалы на конвейерных лентах, что способствует более эффективному разделению на компоненты на последующих операциях технологического процесса.

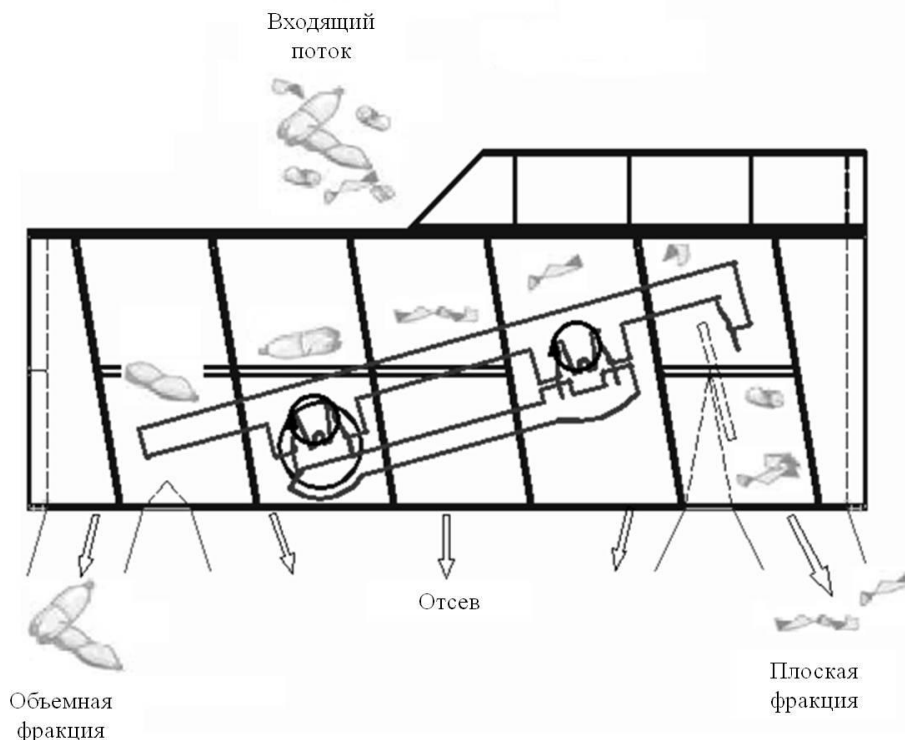


Рисунок 4.4 – Принцип работы баллистического сепаратора

### **Гидросепараторы**

Процесс гидросепарации (рисунок 4.5) заключается в разделении компонентов ТКО при помощи воды. В резервуарах с водой более тяжелые компоненты отходов (стекло, камни и т.д.) опускаются на дно резервуара. Отходы, масса которых легче массы воды, всплывают на ее поверхность (полиэтилен, полимерные материалы). Помимо этого, на данном этапе происходит отделение мелких твердых фракций (песок, гравий, щебень), а также отмывка органической массы.

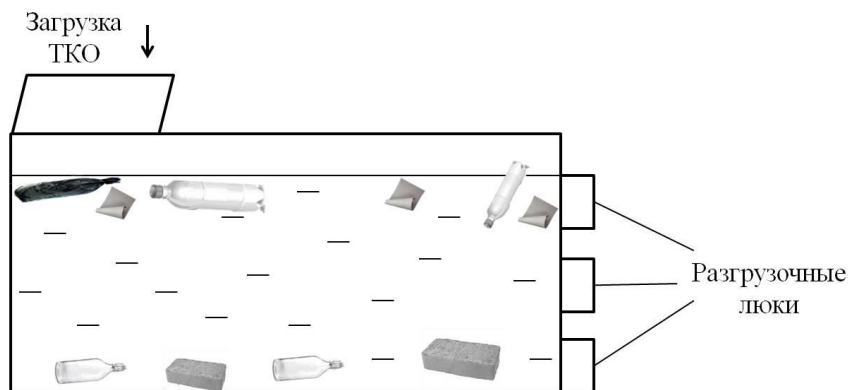


Рисунок 4.5 – Принцип работы гидросепаратора

Технологии гидросепарации дают возможность создания течений в резервуаре с помощью воздушного потока. Течения могут оказывать дополнительную помощь в



разделении некоторых видов отходов. Основным потоком данной сепарации является органические отходы, из которых можно выделить биогаз для получения электрической и тепловой энергии и компост для производства удобрений [25].

Для выбора сортировки компонентов вторичного сырья и/или твердого топлива из отходов необходимо учитывать значимые характеристики на этапе «Механическая сортировка ТКО» (таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Значимые характеристики при выборе этапа «Механическая сортировка ТКО»

№	Значимые характеристики	Описание
1.	Производительность	Характеризуется количеством отбора компонентов вторичного сырья и/или твердого топлива из отходов (по массе) (кг, т) в единицу времени (ч, г)
2.	Эффективность	Показывает долю отбора компонентов вторичного сырья и/или твердого топлива из отходов при заданной производительности.
3.	Потребление электроэнергии	Определяет количество потребляемой электроэнергии при работе оборудования. При использовании гидросепарации следует учитывать затраты на вентиляцию.
4.	Капитальные затраты	Представляют затраты на приобретение оборудования, так как при проектировании предприятия необходимо производить расчет срока окупаемости технологического процесса
5.	Условия эксплуатации: • размещение;  • температура;  • покрытие площадки	Способ размещения: • закрытое помещение. Данный подэтап целесообразно размещать в закрытом помещении в связи с соблюдением температурного режима для персонала предприятия. Температурный режим необходимо соблюдать согласно Руководству Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» и СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».  Максимальная и минимальная температура, оговоренная паспортом для оборудования и санитарными нормами для персонала предприятия. Нормативные документы по соблюдению температурного режима для персонала предприятия см. выше.  Рабочая площадка под сепаратором должна быть твердой, относительно ровной, горизонтальной поверхностью.
6.	Персонал	Численность персонала На механической сортировке ТКО требуется 1 мастер для организации и контроля технологическим процессом, 1 слесарь-механик для технического обслуживания и ремонта оборудования при плановых мероприятиях, 1 человек для санитарного обслуживания (мойка и дезинфекция оборудования, конвейерных лент, накопителей и пр.) согласно графику уборки помещения и дезинфекции оборудования. Как правило, за все техническое обслуживание оборудования мусоросортировочной линии отвечает один человек, аналогично про санитарное обслуживание и про организацию и контроль технологическим процессом. Квалификация и занятость персонала представлена в таблице 4.2.
7.	Рабочая зона	Необходимо учитывать: • размеры оборудования при его размещении на технологической площадке; • высоту помещения, так как над оборудованием размещают конвейерные ленты или подвесной магнитный сепаратор; • рабочую площадку персонала для обслуживания оборудования.

Таблица 4.2 – Квалификация и занятость персонала

Функция	Квалификация персонала	Степень занятости
организация и контроль технологическим процессом	мастер	рабочая смена
техническое обслуживание	слесарь-механик	при плановых мероприятиях и ремонте
санитарное обслуживание (мойка и дезинфекция)	особая квалификация не требуется	согласно графику уборки и дезинфекции

В приложении 5 представлены значимые характеристики механических сепараторов.

В таблице 4.3 представлена сравнительная характеристика механических сортировок.

Таблица 4.3 – Сравнительная характеристика

Способ выполнения	Достоинства	Недостатки
Воздушный сепаратор	Высокая производительность. Безопасность для обслуживающего персонала. Простота конструкции и технического обслуживания.	Высокие затраты пневмоэнергии. Относительно большой вес и габариты. Высокий уровень шума. Трудно обеспечить стабильную скорость движения воздушного потока.
Баллистический сепаратор	Высокая производительность. Высокая степень разделения отходов на плоскую и объемную фракции, отсеив. Может использоваться для разрыхления и равномерного размещения отходов на конвейерной ленте.	Не позволяет извлекать конкретные виды компонентов. Высокий уровень шума.
Гидросепаратор	Высокая производительность. Высокая эффективность.	Повышенный уровень влажности в помещении. Высокая концентрация солей тяжелых металлов в омывающей воде от опасных материалов

В таблице 4.4 представлены значимые характеристики сепараторов.

Таблица 4.4 – Значимые характеристики

№ п/п	Значимые характеристики	Воздушный сепаратор	Баллистический сепаратор
1.	Производительность, м <sup>3</sup> /ч (т/ч)	20-4600 м <sup>3</sup> /ч	10-60
2.	Размеры (Д×Ш×В), мм	9200×1800×5700- 8120×4420×2880- 3000×3480×4080	7600×2700×3000- 5500×2500×2300
3.	Мощность, кВт	2,2-43	4-24
4.	Масса, т	7,58	4-5
5.	Размер сит, мм	-	50
6.	Условия эксплуатации: -температура, °С	н/д	н/д

## 4.2. Электромагнитная сортировка

Электромагнитная сортировка основана на различии воздействия магнитного поля на материалы, обладающие и не обладающие магнитными свойствами, критерием

разделения являются магнитные свойства и электропроводимость. Этот вид сортировки применяется для извлечения из потока материала металлических предметов.

Принципиальная схема электромагнитной сортировки представлена на рисунок 4.6.

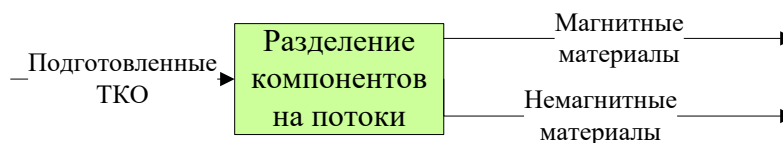


Рисунок 4.6 – Общая схема электромагнитной сортировки

Для разделения магнитных/немагнитных материалов используют сепараторы, которые представлены на рисунок 4.7.

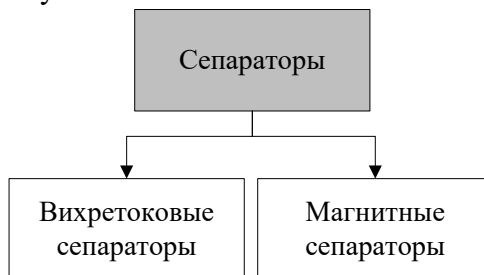


Рисунок 4.7 – Классификация сепараторов

#### **Выделение ферромагнитных металлов**

Магнитные сепараторы (рисунок 4.8-4.10). Разделение ферромагнитных материалов из потока твердых коммунальных отходов осуществляется с помощью магнитного поля, создаваемого постоянными магнитами или электромагнитами. Ферромагнитные материалы притягиваются к поверхности магнита и удерживаются на ней до момента выведения из зоны действия магнитного поля. Далее они опадают под собственным весом, а немагнитные компоненты отходов продолжают движение по естественной траектории [26].

Для выделения металлических отходов применяют магнитные сепараторы разного типа: барабанные (рисунок 4.8), железотделители шкивные (рисунок 4.9) и подвесные (рисунок 4.10). Барабанные сепараторы монтируются на неподвижной раме, входящий поток отходов транспортируется непосредственно на вращающийся барабан. Шкивные железотделители устанавливаются вместо приводного барабана конвейерной ленты в месте схода транспортируемых отходов. Подвесные магнитные сепараторы удобно использовать на любом подэтапе технологического процесса, так как их можно устанавливать над отходами, проходящие по промежуточным конвейерным лентам между оборудованями.

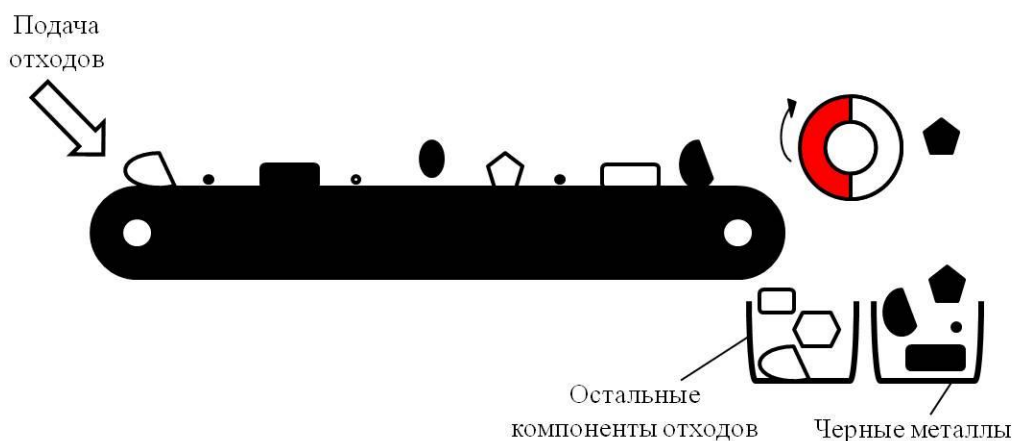


Рисунок 4.8 – Барабанный магнитный сепаратор



Рисунок 4.9 – Железоотделители шкивные



Рисунок 4.10 – Подвесной магнитный сепаратор

***Выделение немагнитных металлов***

Вихретоковые магнитные сепараторы (рисунок 4.11) предназначены для извлечения цветных металлов (алюминиевых банок, бутылочных пробок, цоколей, контактных пластин электроламп и др.) из твердых коммунальных отходов. Сепараторы основываются на генерации в материале вихревых токов при помощи высокоскоростных вращающихся магнитных полей. Отделение металлов от остальных компонентов отходов происходит с помощью выбрасывания: отходы транспортируются по конвейерной ленте над магнитным ротором, цветные металлы откидываются вперед, а прочие компоненты продолжают движение по естественной траектории.



Рисунок 4.11 – Вихретоковый магнитный сепаратор

Для выбора сортировки компонентов вторичного сырья из отходов необходимо учитывать значимые характеристики на этапе «Электромагнитная сортировка ТКО» (таблица 4.5).

Таблица 4.5 – Значимые характеристики при выборе этапа «Электромагнитная сортировка ТКО»

№	Значимые характеристики	Описание
1.	Производительность	Характеризуется количеством отбора компонентов вторичного сырья (по массе) (кг, т) в единицу времени (ч, г)
2.	Эффективность	Показывает долю отбора компонентов вторичного сырья при заданной производительности.
3.	Потребление электроэнергии	Определяет количество потребляемой электроэнергии при работе оборудования.
4.	Капитальные затраты	Представляют затраты на приобретение оборудования, так как при проектировании предприятия необходимо производить расчет срока окупаемости технологического процесса
5.	Условия эксплуатации: <ul style="list-style-type: none"> <li>• размещение;</li> <li>• температура;</li> <li>• покрытие площадки</li> </ul>	<p>Способ размещения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• закрытое помещение. Данный подэтап целесообразно размещать в закрытом помещении в связи с соблюдением температурного режима для персонала предприятия. Температурный режим необходимо соблюдать согласно Руководству Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» и СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».</li> </ul> <p>Максимальная и минимальная температура, оговоренная паспортом для оборудования и санитарными нормами для персонала предприятия. Нормативные документы по соблюдению температурного режима для персонала предприятия см. выше.</p> <p>Рабочая площадка под сепаратором должна быть твердой, относительно ровной, горизонтальной поверхностью.</p>
6.	Персонал	<p>Численность персонала</p> <p>На электромагнитной сортировке ТКО требуется 1 мастер для организации и контроля технологическим процессом, 1 инженер-технолог для технического обслуживания оборудования при плановых мероприятиях и ремонте, 1 человек для санитарного обслуживания (мойка и дезинфекция оборудования, конвейерных лент, накопителей и пр.) согласно графику уборки помещения и дезинфекции оборудования. Как правило, за все техническое обслуживание оборудования мусоросортировочной линии отвечает один человек, аналогично про санитарное обслуживание и про организацию и контроль технологическим процессом. Квалификация и занятость персонала представлена в таблице 4.6.</p>
7.	Рабочая зона	<p>Необходимо учитывать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• размеры оборудования при его размещении на технологической площадке;</li> <li>• высоту помещения, так как над оборудованием размещают конвейерные ленты или подвесной магнитный сепаратор;</li> <li>• рабочую площадку персонала для обслуживания оборудования.</li> </ul>
8.	Дополнительные условия	Создаваемое сепаратором магнитное поле обуславливает необходимость защиты конструкции конвейеров. Несущие конструкции конвейера должны содержать секции из немагнитных материалов.

Таблица 4.6 – Квалификация и занятость персонала

Функция	Квалификация персонала	Степень занятости
организация и контроль технологическим процессом	мастер	рабочая смена
техническое обслуживание	слесарь-механик	Техническое обслуживание и ремонт при плановых мероприятиях
санитарное обслуживание (мойка и дезинфекция)	особая квалификация не требуется	согласно графику уборки и дезинфекции

В приложении 6 представлены значимые характеристики магнитных и вихретоковых сепараторов.

В таблице 4.7 представлена сравнительная характеристика электромагнитных сортировок.

Таблица 4.7 – Сравнительная характеристика

Способ выполнения	Достоинства	Недостатки
Магнитный сепаратор	Высокая производительность. Высокая эффективность выделения ферромагнитных компонентов. Занимает небольшие габариты, что способствует удобному размещению. Простая и надежная конструкция.	Позволяет извлекать только ферромагнитные компоненты.
Вихретоковый сепаратор	Высокая производительность. Высокая эффективность выделения цветных металлов. Занимает довольно небольшие габариты, что способствует удобному размещению.	Позволяет извлекать только цветные металлы.

В таблице 4.8 представлены значимые характеристики сепараторов.

Таблица 4.8 – Значимые характеристики

№ п/п	Значимые характеристики	Вихревой сепаратор	Магнитный сепаратор
1.	Производительность, м <sup>3</sup> /ч (т/ч)	(1-30)	3-150
2.	Размеры (Д×Ш×В), мм	2200×1420×1000- 2200×2915×1000- 3010×1350×980- 3010×2550×980	434×600×300- 3216×1000×1000- 2015×1705×470- 1140×1560×405- 1320×2820×610
3.	Мощность, кВт	3-14	0,18-7,8
4.	Масса, т	0,4-3,0	0,035-1,75
5.	Размер сит, мм	-	-
6.	Условия эксплуатации: -температура, °С	н/д	н/д

### 4.3. Ручная сортировка

Ручная сортировка предназначена для выделения требуемых компонентов (вторичное сырье, твердое топливо из отходов) с целью дальнейшей переработки.

Общая схема ручной сортировки представлена на рисунке 4.12.

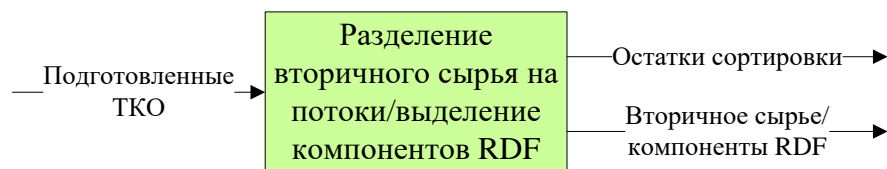


Рисунок 4.12 – Общая схема ручной сортировки

Поток подготовленных ТКО разделяют на разные компоненты в кабине сортировки непосредственно на конвейерной ленте, оборудованной определенным числом рабочих постов, которые расположены по обеим сторонам ленты. Общее количество постов для отбора вторичного сырья зависит от числа отбираемых фракций. Каждый рабочий может отбирать 1-2 вида компонентов вторичного сырья или твердого топлива из отходов.

Схема ручной сортировки твердых коммунальных отходов представлена на рисунке 4.13.

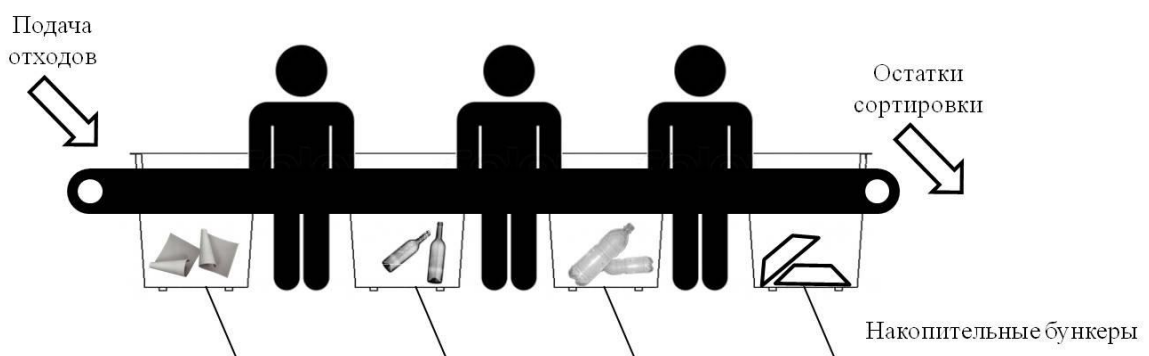


Рисунок 4.13 – Ручная сортировка ТКО

Сортировочная кабина представляет собой открытую или закрытую площадки. Закрытая кабина представляет собой термо-, влагоизолированное каркасное сооружение. Рабочие места находятся внутри кабины и должны быть оснащены для создания благоприятных условий работы освещением и приточно-вытяжной вентиляцией согласно «СП 60.13330.2012. Свод правил. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003». Под кабиной размещены накопительные бункеры или площадка разделена на отсеки перегородками для предотвращения перемешивания отсортированных компонентов вторичного сырья.

На рисунке 4.14 представлен общий вид сортировочной кабины.



Рисунок 4.14 – Общий вид сортировочной кабины

Внутри сортировочной кабины установлена конвейерная лента, длина которой зависит от числа постов сортировщиков. Ширина конвейерной ленты ограничивается эргономически обоснованной зоной доступа для персонала. Конвейерную ленту требуется оснащать защитными бортами для предотвращения попадания под движущуюся ленту рук

рабочих и посторонних предметов. Также можно регулировать скорость движения ленты, что позволяет подстроить производительность линии и количество рабочих под изменчивый входящий поток. Каждое рабочее место следует оснащать кнопкой аварийного отключения.

Значимые характеристики процесса ручной сортировки отходов представлены в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Значимые характеристики при выборе этапа  
«Ручная сортировка ТКО»

№	Значимые характеристики	Описание
1.	Производительность	Характеризуется количеством отбора компонентов вторичного сырья и/или твердого топлива из отходов (по массе) (кг, т) в единицу времени (ч, г)
2.	Эффективность	Показывает долю отбора компонентов вторичного сырья и/или твердого топлива из отходов при заданной производительности. Для повышения эффективности сортировки необходима подготовка персонала предприятия по идентификации разных видов пластмасс, макулатуры, которые позволяют визуально отличить изделие от других видов материалов.
3.	Потребление электроэнергии	Определяет количество потребляемой электроэнергии при работе оборудования (конвейерной ленты)
4.	Капитальные затраты	Представляют затраты на приобретение оборудования, так как при проектировании предприятия необходимо производить расчет срока окупаемости технологического процесса
5.	Условия эксплуатации: • размещение;  • температура;  • покрытие площадки	<p>Способ размещения.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• закрытое помещение. Данный подэтап целесообразно размещать в закрытом помещении в связи с соблюдением температурного режима для персонала предприятия. Температурный режим необходимо соблюдать согласно Руководству Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» и СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».</li> </ul> <p>Максимальная и минимальная температура, оговоренная паспортом для оборудования и санитарными нормами для персонала предприятия. Нормативные документы по соблюдению температурного режима для персонала предприятия см. выше.</p> <p>Рабочая площадка под кабиной сортировки должна быть твердой, относительно ровной, горизонтальной поверхностью.</p>
6.	Персонал	<p>Численность персонала</p> <p>Зависит от поступающих объемов ТКО на МСК и количества отбираемых компонентов (1 человек отбирает 1-2 фракции).</p> <p>Требуется 1 слесарь-механик для технического обслуживания оборудования при плановых мероприятиях и ремонте, 1 человек для санитарного обслуживания (мойка и дезинфекция оборудования, конвейерных лент, накопителей и пр.) согласно графику уборки помещения и дезинфекции оборудования. Как правило, за все техническое обслуживание оборудования мусоросортировочной линии отвечает один человек, аналогично про санитарное обслуживание и про организацию и контроль технологическим процессом. Квалификация и занятость персонала представлена в таблице 4.10.</p>
7.	Рабочая зона	<p>Необходимо учитывать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• размеры оборудования при его размещении на технологической площадке. Как правило, сортировочную кабину устанавливают таким образом, чтобы под ней можно было разместить накопительные бункеры или площадки с перегородками для разделения разных компонентов или конвейерных лент для каждого вида отбираемого компонента. В обычной практике загрузка отобранных фракций из накопителей чаще всего осуществляется погрузчиком.</li> </ul>



Таблица 4.10 – Квалификация и занятость персонала

Функция	Квалификация персонала	Степень занятости
сортировка основных компонентов, таких как бумага, картон, пластик, резина, металл, текстиль, стекло	особая квалификация не требуется	зависит исходя из поступающих объемов ТКО (1 чел. отбирает бумагу, картон – 0,18 т/ч <sup>1</sup> или из расчета 25 т/ч отбирается: текстиль 1,0 т/ч <sup>2</sup> , бумага, картон – 4,5 т/ч <sup>2</sup> , пластик – 0,7 т/ч <sup>2</sup> , стекло – 0,05 т/ч <sup>2</sup> )/рабочая смена
сортировка компонентов по видам (например, пластик – полиэтиленовая пленка низкого давления, полиэтиленовая пленка высокого давления, полипропиленовая пленка, и пр.)	рабочие, специально обученные определять разные виды компонентов	зависит исходя из поступающих объемов ТКО (1 чел. отбирает ПЭТ бутылку – 0,12 т/ч; полипропиленовую пленку - 0,12 т/ч; полиэтилен высокого давления – 0,14 т/ч <sup>1</sup> или из расчета 25 т/ч отбирается: цветной металл – 0,05 т/ч <sup>2</sup> и черный металл – 0,5 т/ч <sup>2</sup> )/рабочая смена
организация и контроль над технологическим процессом	мастер	рабочая смена
техническое обслуживание	слесарь-механик	при плановых мероприятиях технического обслуживания и ремонта
санитарное обслуживание (мойка и дезинфекция)	особая квалификация не требуется	согласно графику уборки и дезинфекции

<sup>1</sup> Хюскенс Ю., Клуттиг М. Автоматическая сортировка мусора // Инновации в теории и практике обращения с отходами: презентационные мат. межд. науч.-практ. конф., Пермь, 5–6 ноября 2009 г.

<sup>2</sup> Проект «Городская мусороперегрузочная станция производительностью 100 тыс. т ТБО и коммерческих отходов в год». Международная ассамблея столиц и крупных городов (МАГ).

В таблице 4.11 представлены достоинства и недостатки ручной сортировки.

Таблица 4.11 – Достоинства и недостатки ручной сортировки

Способ выполнения	Достоинства	Недостатки
Ручная сортировка	Высокая эффективность сортировки отходов при низкой производительности. Простота конструкции и технического обслуживания.	Низкая производительность. Высокие эксплуатационные затраты. Повышенный риск здоровью и безопасности персонала.

#### 4.4. Оптико-механическая сортировка

Данный этап предназначен для выделения требуемых компонентов (вторичное сырье, компоненты твердого топлива из отходов) с целью дальнейшей переработки. Общая схема оптико-механической (автоматическая) сортировки представлена на рис.4.15. Оптико-механическая сортировка позволяет осуществлять более качественный и полный отбор конкретных материалов (например, определение различных видов пластиковых отходов, которые трудно разделить при ручной сортировке) из общей массы смешанных отходов.

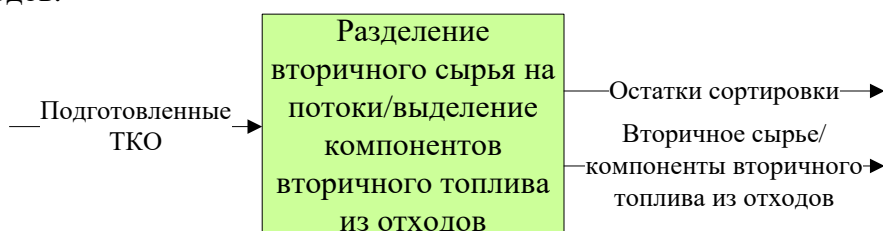


Рисунок 4.15 – Общая схема оптико-механической сортировки

Возможности машины автоматической сортировки включают в себя статистическое определение материала на входе, переключение режимов сортировки, а

также дополнительные функции управления и наблюдения за процессом сортировки с пульта управления. Автоматической системе задаются параметры по извлечению отбираемых фракций, при этом ТКО разделяется на два потока. Первый поток, это поток отбираемой фракции (параметры задаются на пульте управления), второй – оставшаяся фракция. Для повышения эффективности сортировки ТКО следует применять для каждой отбираемой фракции отдельную машину автоматической сортировки, однако, можно использовать один сканер, с помощью которого отбирается поток вторсырья, а затем поток разделить на компоненты, либо отбирать определенный компонент вторичного сырья последовательно [10, 27]. В основе оборудования оптической сортировки лежит использование систем распознавания (идентификации) нужных компонентов по их специфическим химическим и/или физическим характеристикам (датчики и технологии сканирования) и систем выделения, которые позволяют извлекать различные материалы по команде системы распознавания (отдуть воздухом, захватывать и перемещать и т.п.) (рисунок 4.16).

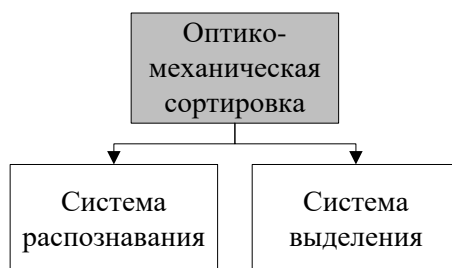


Рисунок 4.16 – Комбинация систем, входящих в состав оптико-механической сортировки отходов

Такое автоматическое оборудование позволяет извлекать компоненты с гораздо более высокой производительностью, идентифицировать и выделять материалы, неразличимые глазом человека.

Основным требованием при сортировке является равномерное распределение отходов по конвейерной ленте.

#### 4.4.1. Идентификация компонентов

Сканирование при помощи датчиков предназначено для определения материалов путем облучения потока электромагнитным излучением с определенными длинами волн (рисунок 4.17) и последующего спектрального анализа отраженного от поверхности материала излучения.

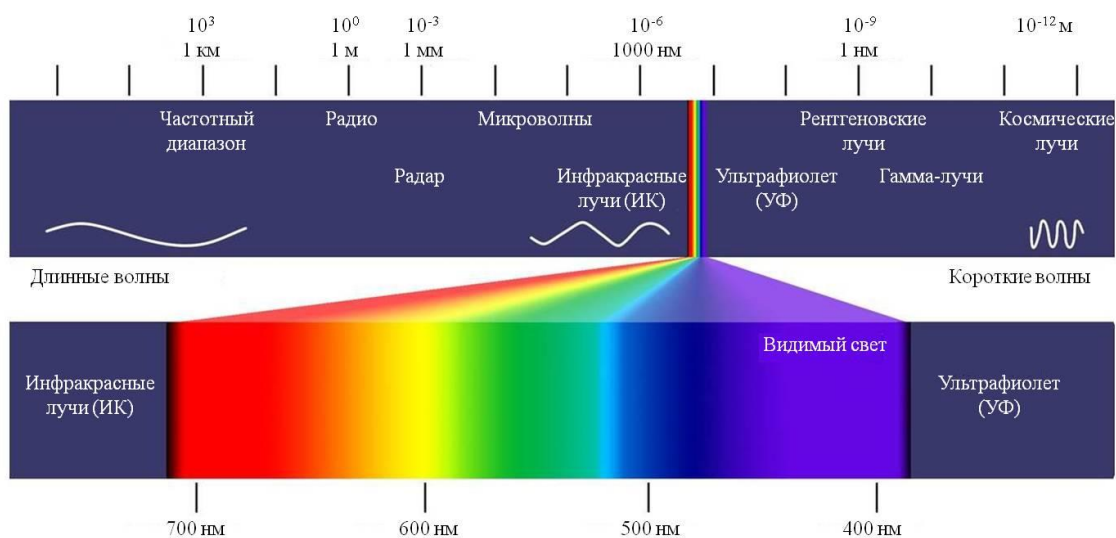


Рисунок 4.17 – Шкала электромагнитного излучения

Спектроскопия как метод аналитики занимается описанием атомов, ионов и молекул на основе регистрации и расшифровки их спектров, получаемых с помощью различных измерительных устройств. Чаще всего спектроскопические приборы представляют собой совокупность трех основных узлов: источника излучения, устройства для спектрального разложения и детектора для измерения излучения.

Каждая область спектра характеризуется особым взаимодействием электронов. Атомы и молекулы существуют в дискретных энергетических состояниях. Между этими состояниями возможны переходы, вызываемые поглощением либо излучением энергии.

Для идентификации немагнитных и неметаллических материалов большое распространение получили датчики, работающие с проникающим (рисунок 4.18) или отраженным (рисунок 4.19) излучением в разных диапазонах длин волн.

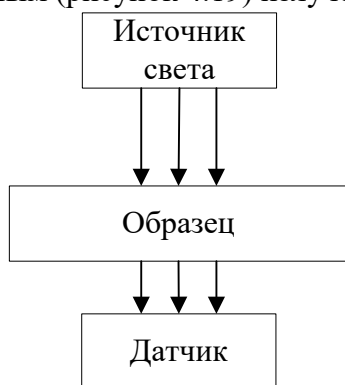


Рисунок 4.18 – Датчик, работающий с проникающим излучением

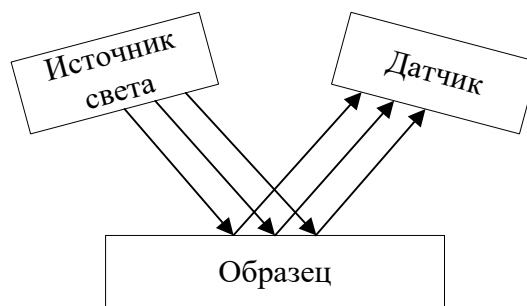


Рисунок 4.19 – Датчик, работающий с отраженным излучением

На рисунке 4.20 представлена классификация датчиков/технологий идентификации материалов в зависимости от спектра и свойств лучистой энергии и взаимодействий материалов с ней.

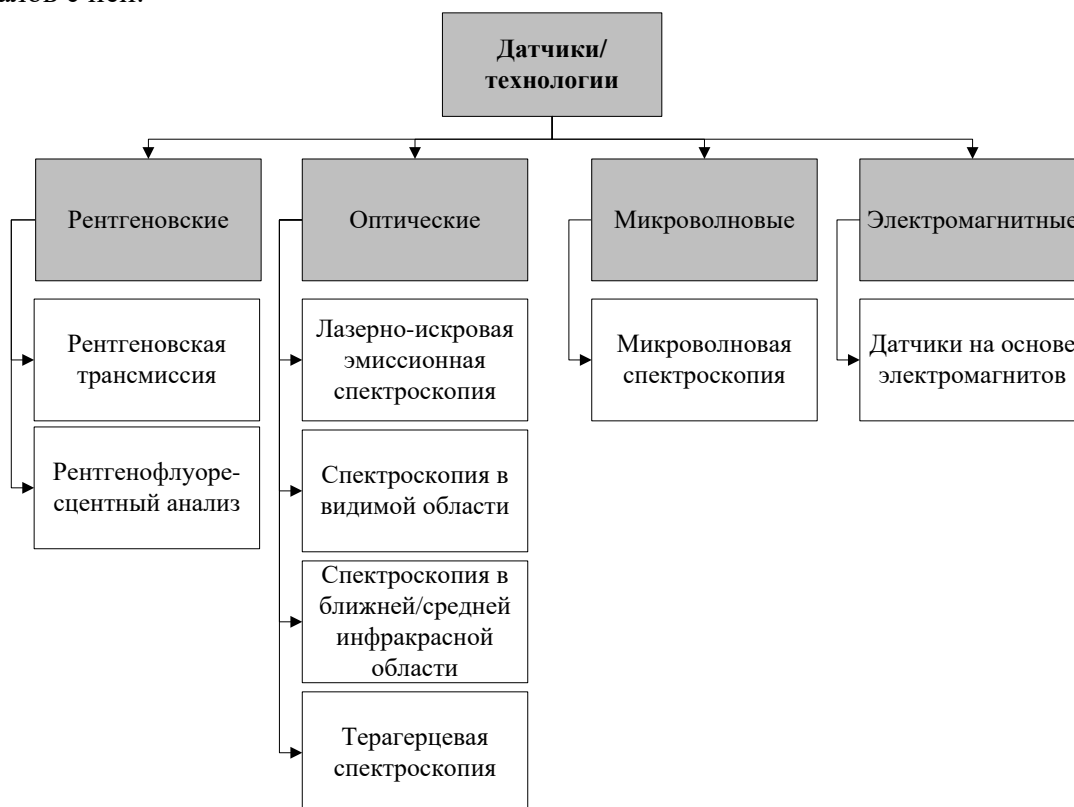


Рисунок 4.20 – Классификация датчиков/технологии оптического распознавания материалов

**Рентгеновская трансмиссия.** Рентгеновская трансмиссия или рентгеновская абсорбция – технология сенсорной сортировки, основанная на способности рентгеновских лучей проникать сквозь материалы. Материал, поступающий на конвейерную ленту, равномерно распределяется по ней. Затем частицы поступают в область рентгеновского излучения.

Рентгеновские лучи, испускаемые электронной рентгеновской трубкой, просвечивают сортируемый материал, проходят через него. Камера – детектор, чувствительная к этим лучам, расположенная под материалом, определяет интенсивность излучения, проходящего через материал. Компьютер оценивает разницу между входящим и исходящим излучением. Получающаяся при этом разница интенсивности, абсорбция, позволяет делать конкретные заключения об атомной структуре просвечиваемого материала [28].

Использование рентгеновского излучения предполагает обязательное применение систем защиты во избежание негативных воздействий на здоровье персонала.

**Рентгенофлуоресцентный анализ.** Под флуоресценцией понимают наблюдаемое у твердых тел явление, при котором падающее электромагнитное излучение (например, свет или рентгеновский луч) частично поглощается и затем вновь испускается в виде излучения равной или большей длины волны.

В случае рентгеновской флуоресценции возникает вторичное рентгеновское излучение, вызванное первичным рентгеновским излучением.

При облучении пробы мягким рентгеновским излучением характеристические для каждого атома длины волн в зоне рентгеновского излучения исходят в виде флуоресцентного свечения.

Генерация рентгеновских лучей происходит при работе электронной рентгеновской трубки. Вольфрамовым накаливаемым катодом испускаются электроны, которые при подаче отрицательного высокого напряжения ускоряются в электрическом поле. Для достижения достаточно большой длины свободного пробега электронов рентгеновская трубка находится в разреженном состоянии. При столкновении электронов с анодом кинетическая энергия электронов в результате взаимодействия с атомами материала анода преобразуется в первичное рентгеновское излучение.

Для регистрации вторичного излучения используются специальные детекторы, электрический сигнал которых пропорционален энергии рентгеновского излучения, что позволяет выделить необходимый участок спектра, применяя амплитудную селекцию. Чем лучше спектральное разрешение детектора, тем точнее он сможет отделять друг от друга фотоны от разных элементов, что в свою очередь скажется и на точности самого прибора. После попадания на детектор фотоэлектрон преобразовывается в импульс напряжения, который подсчитывается счётной электроникой и передается на компьютер. По пикам полученного спектра можно качественно определить, какие элементы присутствуют в образце.

Использование рентгеновского излучения предполагает обязательное применение систем защиты во избежание негативных воздействий на здоровье персонала.

**Лазерно-искровая эмиссионная спектрометрия.** Лазерно-искровая эмиссионная спектрометрия (ЛИЭС) – один из методов атомно-эмиссионного спектрального анализа, в котором используют спектры плазмы лазерного пробоя (лазерной искры) для анализа твёрдых образцов, жидкостей, газовых сред, взвешенной пыли и аэрозолей.

Для получения эмиссионного спектра атомам анализируемого вещества необходимо придать дополнительную энергию так, чтобы электроны перешли на более высокие орбиты, т.е. перевести атомы в «возбужденное» состояние. Основным составным элементом устройства для анализа является лазер.

Как правило, системы ЛИЭС используют Nd: YAG лазер – твердотельный лазер. В качестве активной среды используется алюмо-иттриевый гранат («YAG»,  $Y_3Al_5O_{12}$ ) легированный ионами неодима (Nd).

Генерация происходит на длине волны 1064 нм. Лазер работает в импульсном режиме, при этом продолжительность каждого импульса составляет от 5 до 20 наносекунд.

Лазерный свет проходит через систему зеркал, затем сквозь линзу, которая фокусирует энергию на образец. Некоторые системы имеют компактные размеры и внутри их камеры можно разместить небольшие образцы материала. Другие системы могут исследовать объект на расстоянии. Лазерный пробой формируют при фокусировке импульсного лазерного излучения на поверхности образца (или в объёме газа – например, в воздухе). Процесс создания плазмы путём лазерного облучения поверхности образца называют лазерной абляцией.

Анализируемую пробу вводят в источник возбуждения спектров, где она подвергается абляции (т.е. «вырыванию» с поверхности микрочастиц), нагреву и испарению. Для возбуждения спектров достаточно одного лазерного импульса длительностью 10 нс. Источник возбуждения спектров формирует насыщенную энергией область пространства с достаточно высокой температурой. Высокая температура в фокусе луча приводит к образованию плазмы. Плазма остывает и распадается за время около 1 мкс после импульса, и в течение этого времени попавшие в эту высокотемпературную область пространства микрочастицы анализируемой пробы распадаются на атомы. Эти атомы пробы при столкновениях с другими частицами переходят в возбужденное и ионизированное состояния. Поскольку частицы удаляются с поверхности образца, они ионизируются, формируя небольшую струю плазмы, называемую «лазерной искрой». В таком состоянии атомы и ионы могут находиться очень короткое время ( $10^{-8}$  –  $10^{-7}$  с). Самопроизвольно возвращаясь в нормальное или промежуточное состояние, они испускают избыточную энергию в виде фотонов, совокупность которых и образует эмиссионный спектр. Область спектра с границами 200–980 нм характерна тем, что в ней присутствуют спектры всех элементов. Измеряя интенсивность линий спектра атомов, прошедшего через преломляющую линзу, определяют концентрацию этого химического элемента в анализируемой пробе.

Детекторы системы регистрируют сигнал, а прилагаемое программное обеспечение отображает результаты измерений. Аналитическое программное обеспечение включает в себя значительную базу данных для различных атомов, ионов и молекул. Уникальная база данных по различным атомам и молекулам позволяет быстро и точно идентифицировать спектральные линии.

Существует 2 механизма появления свободных электронов и образования плазмы:

1. При использовании лазеров с короткой длиной волны излучения (менее 1 мкм)

Механизм, лежащий в основе появления первичных электронов и последующем образовании плазмы - многофотонное поглощение, в результате которого происходит ионизация некоторого количества атомов или молекул, вследствие чего, в фокальной области лазерного луча создаётся небольшое количество свободных электронов. В таком случае в зависимости от времени число электронов возрастает линейно.

2. При использовании лазеров с длинами волн лазерного излучения больше 1 мкм:

Механизм, лежащий в основе появления первичных электронов и последующем образовании плазмы – столкновительно-индуцированная ионизация, в результате которой свободные электроны в области фокального пятна лазера разгоняются электрическим полем в лазерном пучке и сталкиваются с нейтральными атомами, образуя новые свободные электроны. Этот процесс носит экспоненциальный характер [28].

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

Материал для обследования поступает в машину из бункера. Вибрирующий лоток, расположенный под бункером, подает продукт в распределительные каналы, где он размещается равномерно, в один слой и с постоянной скоростью направляется в зону обследования.

Зона обследования находится между двумя отсеками (передним и задним), снабженными источниками света, датчиками сигнала (оптическими сенсорами или CCD камерами) и фоновыми экранами. В качестве источников света видимой областях находят применение лампы накаливания или лазеры.

Попадая в освещенную зону обследования, материал отражает падающий свет от источника излучения. Сенсоры или камеры получают отраженный свет от материала, обнаруживают мельчайшую разницу в цвете частиц продукта, и посылают импульсы в электронную часть. Компьютерная система контроля, обрабатывая и сравнивая полученную информацию с заданными параметрами годного продукта, в случае несоответствия включает пневмосистему, удаляющую ненужные материалы.

В настоящее время основными являются два вида фотосепараторов: на сенсорах и CCD-камерах. Сенсор — это кремниевая пластинка, способная накапливать заряды. При этом анализ материала происходит по всей площади (общим пятном), усредняя поток информации. Основной рабочий элемент CCD камеры — это кремниевая матрица из светочувствительных элементов. Изображение с CCD матриц получается точечным, в отличие от изображения получаемого с сенсора, поэтому качество распознавания выше.

Также возможно использовать в системе анализа цветные камеры. Для ввода цветного изображения используют специальные системы, которые анализируют интенсивность потока в разных спектрах, а потом их суммируют. На сегодняшний день в аппаратах используется матрицы с 1024 пикселями или с 2048 пикселями по горизонтали. Еще одно различие между системами заключается в том, что матрица CCD осматривает полностью ширину лотка, сенсор - отдельный канал. Это делает сенсорные аппараты более надежными в работе, так как в случае выхода из строя одного сенсора из строя будет выведен лишь один канал, при выходе из строя камеры – остановится весь аппарат [28].

**Ближняя инфракрасная спектроскопия.** Инфракрасная область спектра подразделяется на несколько диапазонов:

- 1) область 0,8-2 мкм - ближняя инфракрасная область;
- 2) область 2-40 мкм - средняя (фундаментальная) инфракрасная область;
- 3) область до 200 мкм - дальняя инфракрасная область.

Поскольку в ближней инфракрасной области наиболее мощное излучение в инфракрасном диапазоне, то этот метод подходит для анализа сложных органических молекул.

В инфракрасной области спектра запись производится обычно в процентах пропускания или поглощения. Спектр поглощения может быть охарактеризован следующими величинами:

- 1) длинами волн максимумов поглощения и интенсивностью в этих максимумах;
- 2) длинами волн в минимумах кривой поглощения и интенсивностью в этих точках;
- 3) длинами волн, отвечающих перегибам кривой поглощения, и интенсивностью для этих точек.

NIR-технология распознавания материалов, основанная на поглощении излучения поверхностью, способна идентифицировать материалы без контакта с ними и без их разрушения. Источником излучения обычно служит галогенная лампа с вольфрамовой нитью.

Галогенная лампа генерирует полихроматический спектр излучения, которое превращается в монохроматическое излучение одной или нескольких длин волн с использованием вращающегося сменного светофильтра. Монохроматическое излучение

направляется на поверхность образца с помощью плоского зеркала, попадает на образец, молекулы которого начинают колебаться на определенных частотах и поглощают часть света, другая часть света отражается. Отраженное излучение собирается параболическим зеркалом, которое перенаправляет его на фотодетектор. Обнаруженное излучение переводится детектором в пропорциональный электрический сигнал, после обработки которого выдаются данные о спектральных характеристиках материалов.

Так как инфракрасное излучение проникает в материал пробы на определенную глубину, то посторонние вещества вроде наклеек или грязи не мешают процессу измерения.

**Терагерцевая спектроскопия.** Терагерцовая (ТГц) спектроскопия занимается изучением электромагнитного интервала, занимающего часть электромагнитного спектра между инфракрасным и микроволновым диапазонами. Границы между этими видами излучения в разных источниках определяются по-разному.

В ТГц диапазоне расположены линии поглощения как простых, так и сложных молекул, соответствующие вращательным колебаниям молекулы, межмолекулярному взаимодействию и колебаниям молекулярных комплексов, образующихся в результате межмолекулярного взаимодействия за счет ван-дер-ваальсовых и водородных связей.

Импульсная терагерцовая спектроскопия с разрешением по времени основана на измерении временного терагерцового сигнала, прошедшего через образец. В основе терагерцового спектрометра лежит принцип когерентного детектирования импульсов терагерцового излучения.

Из лазера излучение падает на делитель, делящий луч на два луча. Первый луч с большей мощностью, проходя линию задержки, линзой фокусируется на поверхности кристалла ZnTe, в котором на эффекте генерации разностной частоты идет генерация импульсного терагерцового излучения. Система из четырёх параболических зеркал излучение, выходящее из кристалла, фокусирует в перетяжку, куда помещается исследуемый образец, а затем прошедшее сквозь него излучение фокусирует на дипольную антенну.

Излучение, пройдя через образец, регистрируется дипольной антенной за счет того, что вместе с терагерцовым импульсом на антенну приходит второй оптический импульс, создающий в подложке антенны свободные носители, которые начинают двигаться под действием поля терагерцового импульса. С электродов антенны снимается напряжение в зависимости от времени задержки между оптическим и терагерцовым импульсом. Таким образом, делением спектров опорного сигнала и сигнала после образца, получают информацию о поглощении и преломлении терагерцового излучения в исследуемом образце.

**Микроволновая спектроскопия.** Микроволновое излучение (МВИ), сверхвысокочастотное излучение (СВЧ-излучение) — поддиапазон радиоизлучения, примыкающий к инфракрасному. Данное электромагнитное излучение относится к неионизирующему и включает в себя дециметровый, сантиметровый и миллиметровый диапазон радиоволн (длина волны от 1 м — частота 300 МГц до 1 мм — 300 ГГц). От других видов электромагнитного излучения, таких как видимый свет, ИК и УФ-излучения, микроволны отличаются большей длиной волны и более низкой энергией квантов излучения.

Генераторами СВЧ являются магнетроны, которые преобразуют энергию электрического тока в энергию сверхвысокой частоты.

Магнетрон представляет собой цилиндрический диод. На диод налагается магнитное поле, которое направлено вдоль катода. В аноде находится кольцо из взаимосвязанных объемных резонаторов, поэтому потенциал между анодом и катодом достигает нескольких тысяч вольт. Генерируемые электроны в магнитном поле резонируют и передают энергию антенне, заключенной в вакуумированную трубку и

генерирующей микроволновое поле. Чтобы антенна магнетрона излучала микроволны, к нити накала магнетрона необходимо подать высокое напряжение (порядка 3-4 кВт). Питание подается через специальный высоковольтный трансформатор.

Частицы материала, подаваемого на конвейерную ленту, транспортируют через микроволновую печь. Под действием микроволнового излучения происходит движение диполей внутри материала, приводящее к его нагреву. На выходе из печи происходит бесконтактное инфракрасное измерение теплового излучения с поверхности частиц. Программное обеспечение управления преобразует значения излучения в значения температуры. На основе разницы температур на входе и выходе из печи материалы могут быть дифференцированы. Отделение нужных частиц из всего потока производится отдувкой сжатым воздухом из специальных форсунок [28].

**Электромагнитные датчики.** Принцип работы магнитных датчиков на основе электромагнитов аналогичен электромагнитной сортировке. Только распознавание металлов осуществляется с помощью датчика, который принимает магнитные сигналы и передает компьютеру, который распознает материалы. Датчик расположен под конвейерной лентой системы сортировки. Металлы выделяются из потока твердых коммунальных отходов системой выделения (в практике чаще всего используются пневматические клапаны).

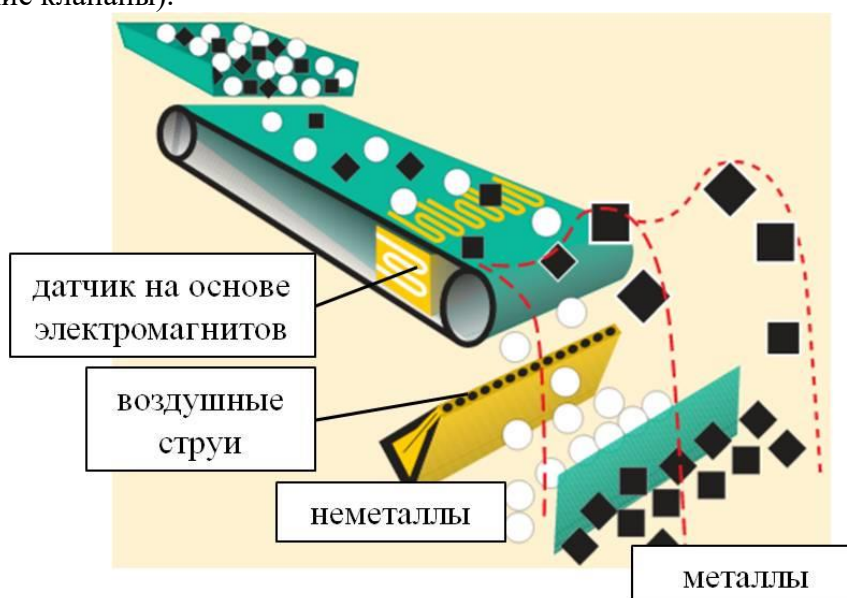


Рисунок 4.21 – Электромагнитная идентификация металлов с системой выделения

В таблице 4.12 представлены датчики/технологии электромагнитного излучения, основанные на свойствах материалов/

Таблица 4.12 – Датчики/технологии электромагнитного излучения, основанные на свойствах материалов

Датчик/технология	Свойство материала
Рентгеновская трансмиссия	Атомная плотность
Рентгенофлуоресцентный анализ	Рентгенофлуоресцентные лучи (элементарная спектроскопия)
Спектроскопия в видимой области	Отражение, поглощение, пропускание
Спектроскопия в ближней/средней инфракрасной области	Отражение, поглощение (молекулярная спектроскопия)
Терагерцевая спектроскопия	Поглощение, терагерцевые импульсы
Лазерно-искровая эмиссионная спектроскопия	Эмиссионный спектр (элементарная спектроскопия)
Микроволновая спектроскопия	Поглощение, рассеяние
Магнитный на основе электромагнита	Проводимость, проницаемость



В таблице 4.13 представлена сводная информация о применимости разных технологий распознавания для различных компонентов.

Таблица 4.13 – Идентификация компонентов отходов при помощи разных методов сортировок

Компонент	Технология							
	Рентгенофлуоресцентный анализ	Рентгеновская трансмиссия	Лазерно-искровая эмиссионная спектроскопия	Спектроскопия в видимой области	Ближняя инфракрасная спектроскопия	Терагерцевая спектроскопия	Микроволновая спектроскопия	Магнитные датчики на основе электромагнита
Макулатура					+	+		
Пластик	+	+	+	+	+	+	+	
Стекло				+				
Текстиль					+	+		
Черные и цветные металлы	+	+	+	+				+
Древесина	+	+			+	+		
Инертные материалы	+	+			+			

Наиболее универсальным методом сортировки для выбранных компонентов являются спектроскопия в ближней инфракрасной области (NIR), так как способна выделять расширенный перечень различных компонентов.

В таблице 4.14 представлена сравнительная характеристика систем сканирования.

Таблица 4.14 – Сравнительная характеристика

Системы сканирования	Достоинства	Недостатки
Рентгеновская трансмиссия	Распознает материалы при наличии этикеток и/или загрязнений. Возможность распознавания отходов из ПВХ, который влияет на качество твердого топлива из отходов.	При слишком близком расположении или склеивании материалов друг с другом, будут удалены оба предмета. Использование рентгеновского излучения предполагает повышенный риск здоровью персонала.
Рентгенофлуоресцентный анализ	Метод способен отделить бутылки из ПВХ от бутылок из полиэтилентерефалата (ПЭТ) и ПЭ, но метод не делает различия между изделиями из ПЭТ и ПЭ. Идентификация цемента, керамики, стекла, пластмасс, металлолома, а также добавок и включений.	Предметы из ПЭТ не всегда правильно идентифицируются, если на них имеются этикетки или крышки. Использование рентгеновского излучения предполагает повышенный риск здоровью персонала. Необходима подготовка отходов для равномерного распределения по конвейерной ленте с целью оптимального распознавания материалов.
Лазерно-искровая эмиссионная спектроскопия	Высокая чувствительность к материалам. Относительно невысокая стоимость технологии.	Разрушающий характер для оборудования и небезопасно для персонала предприятия.
Спектроскопия в видимой области	Высокая эффективность отбора материалов по цвету. Системы спектроскопии в видимой области безопасны для персонала.	Позволяют рассортировывать материалы только по цвету.

Системы сканирования	Достоинства	Недостатки
Спектроскопия в ближней/средней инфракрасной области	Возможность распознавания большого числа полимеров, а кроме того, различать многослойные и композиционные материалы. Высокая эффективность отбора материалов по составу. Системы инфракрасного распознавания безопасны для персонала.	Необходима подготовка отходов для равномерного распределения по конвейерной ленте с целью оптимального распознавания материалов. При наложении материалов друг на друга или в случае слипания материалов между собой дается не точная информация о составе. Позволяют рассортировывать материалы только по составу.
Терагерцевая спектроскопия	Системы терагерцевой спектроскопии безопасны для персонала. Возможность распознавать опасные предметы.	При наложении керамики и/или металла на текстиль, картон и пластик технология не позволяет обнаружить их, так как данные компоненты отражают это излучение. Большая длительность измерений. При более высокочастотных технологиях, основанные на терагерцевых волнах, достаточно дороги в настоящее время.
Микроволновая спектроскопия	Позволяет распознавать материал с нанесенным покрытием на поверхности.	Позволяют выделять из потока ТКО только пластик.
Магнитная сортировка на основе электромагнитов	Высокая эффективность отбора металлов	Позволяют выделять из потока ТКО только металлы.

#### 4.4.2. Разделение компонентов

На рисунке 4.22 представлена классификация систем выделения, которые разделяют поток компонентов от остальных отходов.

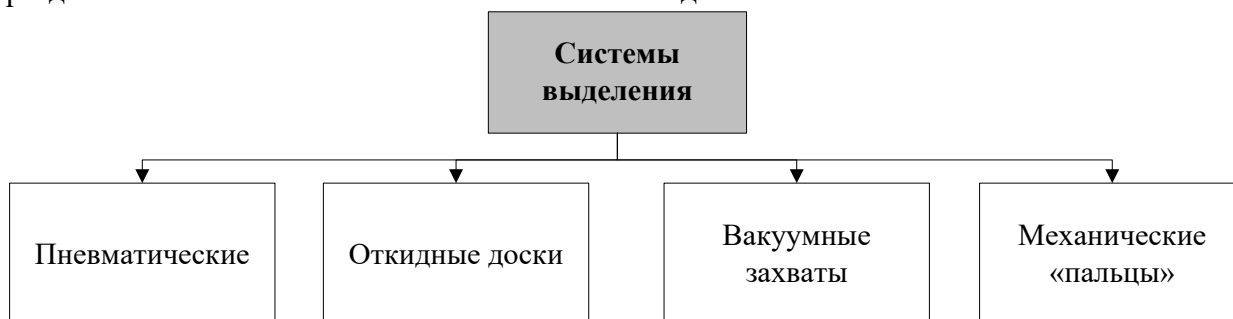


Рисунок 4.22 – Классификация систем выделения

**Пневматические клапаны.** Пневматические клапаны (рисунок 4. 23) широко применяются для выполнения различных операций со сжатым воздухом: впуска его в те или иные элементы оборудования и выпуска сжатого воздуха в определенный момент времени, ограничения или прекращения его подачи и т. д.

Клапаны открываются сигналом, поступающим от сканера, в соответствии с программой сортировки, а именно при распознавании определенного компонента. Воздух, находящийся в клапане под определенным давлением, при открытии клапана воздействует на распознанный компонент, и отдувает его в определенные бункеры и/или выводящие конвейеры. Клапаны остаются открытыми на протяжении всего периода времени, когда объект проходит над блоком пневмоклапанов.

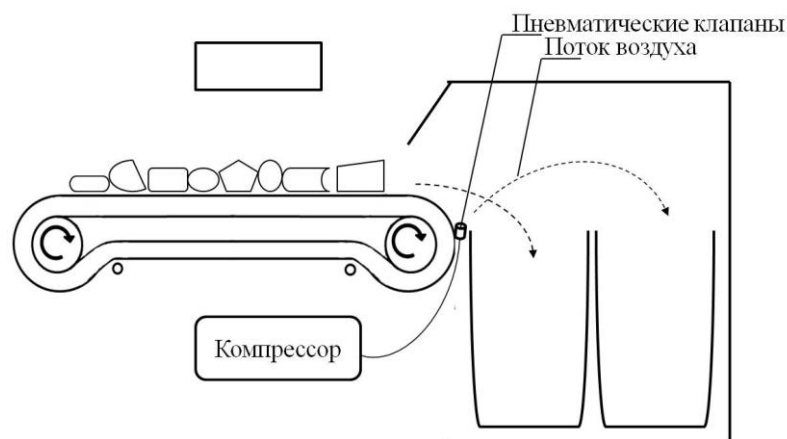


Рисунок 4.23 – Принцип работы пневматических клапанов

**Откидные доски (flap system).** Принцип работы заключается в следующем: в системе распознавания задаются параметры по идентификации компонентов, которые необходимо извлечь из потока твердых коммунальных отходов. Сканер распознает компоненты и подает сигнал системе выделения «flap system» о местоположении конкретного компонента согласно заданной программе. В определенный момент времени откидные доски опускаются сверху – вниз, отделяя извлекаемые материалы в один контейнер, остальной поток отходов движется по траектории полета в другой контейнер. Система выделения «flap system» расположена по всей ширине конвейерной ленты. Ширина досок может варьироваться в зависимости от фракционного состава отходов [29]. Принцип работы откидных досок представлен на рисунке 4.24.

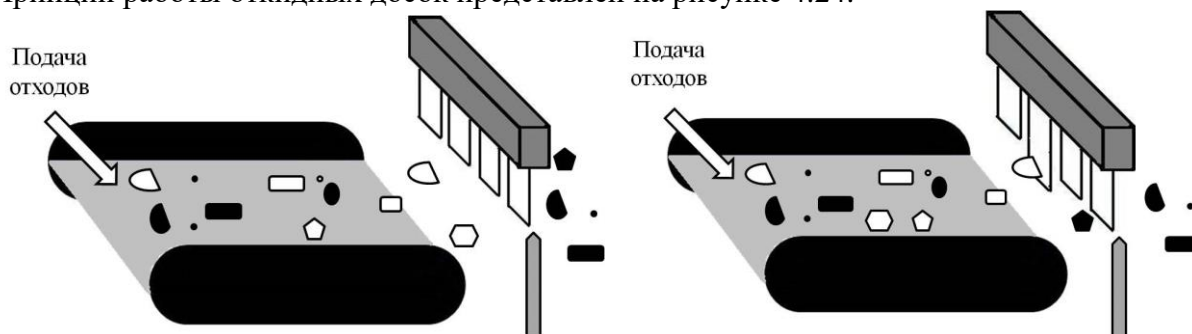


Рисунок 4.24 – Принцип работы откидных досок

**Вакуумные захваты (рисунок 4.25).** Принцип действия захвата основан на использовании силы тяжести материала, т.е. это своего рода «вакуумная удавка». Вакуумный захват имеет уплотнительную манжету - вакуумную присоску (1), поршень (2), вакуумную камеру (3).

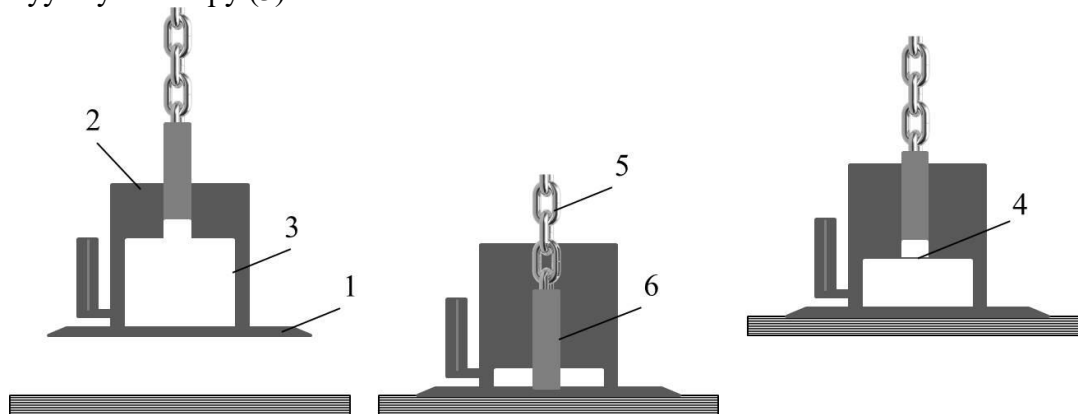


Рисунок 4.25 – Принцип работы вакуумных захватов

Вакуумный захват подвешивается на подъёмном устройстве. При опускании механизма на поверхность материала, внутри устройства так же опускается поршень (2), вытесняя из вакуумной камеры воздух через клапан (4). Как только устройство опустилось на поверхность материала, цепь (5) посредством подъёмной штанги (6) блокирует клапан (4).

Перемещение цепи вверх приводит в движение все перечисленные элементы. В результате этого, в камере (3), под поршнем увеличивается разрежение воздуха, но прежде чем вакуумная присоска оторвётся от материала, внутри устройства успеет установиться равновесное положение поршня над вакуумной камерой, которое гарантирует безопасный подъём захваченного материала [30].

Освобождение материала осуществляется в обратном порядке. При опускании, цепь активирует запорный клапан, который стравливает воздух внутри камеры в атмосферу.

**Механические «пальцы»** (рисунок 4.26). Устройства оснащены специальными захватными механическими «пальцами». Подобная рука манипулятора на самом деле во многом похожа на человеческую руку, особенно способом захвата предметов. Механические «пальцы» манипулятора часто снабжены специальными датчиками, позволяющими машине контролировать правильность захвата и силу, чтобы не повредить материал [31].



Рисунок 4.26 – Механические «пальцы»

В таблице 4.15 представлена сравнительная характеристика систем выделения.

Таблица 4.15 – Сравнительная характеристика

Системы выделения	Достоинства	Недостатки
Пневматические клапаны	Высокая производительность. Высокая эффективность. Высокое быстродействие срабатывания системы. Безопасность для обслуживающего персонала. Простота в техническом оформлении (размещении).	Высокий уровень шума и вибраций от компрессора. Возможность забивание дюз влажными компонентами. Высокие затраты электроэнергии при работе компрессора
Откидные доски	Высокая производительность. Высокое быстродействие срабатывания системы. Безопасность для обслуживающего персонала. Простота в техническом оформлении (размещении).	Низкая эффективность (при сортировке конкретного компонента выделяются другие виды компонентов).
Вакуумные захваты	Безопасность для обслуживающего персонала. Низкий уровень шума и вибраций.	Слабое усилие вакуумной присоски при неровных поверхностях компонентов. Сложность в техническом оформлении (расположении), так как поток выделяемых компонент на конвейерной ленте лежит хаотично. Сложность с определением количества вакуумных захватов.
Механические «пальцы»	Безопасность для обслуживающего персонала. Низкий уровень шума и вибраций.	Сложность в техническом оформлении (расположении), так как поток выделяемых компонент на конвейерной ленте лежит хаотично. Сложность в определении количества механических «пальцев».

Для выбора сортировки компонентов вторичного сырья и/или твердого топлива из отходов необходимо учитывать значимые характеристики оборудования (таблица 4.16).

Таблица 4.16 – Значимые характеристики при выборе подэтапа  
«Оптико-механическая сортировка ТКО»

№ п/п	Значимые характеристики	Описание
1.	Производительность	Характеризуется количеством отбора компонентов вторичного сырья и/или твердого топлива из отходов (по массе) (кг, т) в единицу времени (ч, г)
2.	Эффективность	Показывает долю отбора компонентов вторичного сырья и/или твердого топлива из отходов при заданной производительности.
3.	Потребление электроэнергии	Определяет количество потребляемой электроэнергии при работе оборудования
4.	Капитальные затраты	Представляют затраты на приобретение оборудования, так как при проектировании предприятия необходимо производить расчет срока окупаемости технологического процесса
5.	<p>Условия эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• размещение;</li> <li>• температура;</li> <li>• покрытие площадки</li> </ul>	<p>Способ размещения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• закрытое помещение. Данный подэтап целесообразно размещать в закрытом помещении в связи с соблюдением температурного режима для персонала предприятия. Температурный режим необходимо соблюдать согласно Руководству Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» и СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».</li> </ul> <p>Максимальная и минимальная температура, оговоренная паспортом для оборудования и санитарными нормами для персонала предприятия. Нормативные документы по соблюдению температурного режима для персонала предприятия см. выше. Условия температурного режима для оборудования представлены в технических паспортах.</p> <p>Рабочая площадка под оборудованием должна быть твердой, относительно ровной, горизонтальной поверхностью.</p>
6.	Дополнительное оборудование	Компрессор, блок охлаждения
7.	Персонал	<p>Численность персонала</p> <p>На оптико-механической сортировке ТКО требуется 1 мастер для организации и контроля технологическим процессом, 1 слесарь-механик для технического обслуживания оборудования при плановых мероприятиях и ремонте, 1 человек для санитарного обслуживания (мойка и дезинфекция оборудования, конвейерных лент, накопителей и пр.) согласно графику уборки помещения и дезинфекции оборудования. Как правило, за все техническое обслуживание оборудования мусоросортировочной линии отвечает один человек, аналогично про санитарное обслуживание и организацией и контролем над технологическим процессом.</p> <p>Классификация и занятость персонала представлена в таблице 4.17.</p>
8.	Рабочая зона	<p>Необходимо учитывать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• размеры оборудования при его размещении на технологической площадке;</li> <li>• площадки для размещения дополнительного оборудования (конвейерные ленты, контейнеры, компрессор) и для накопления компонентов вторичного сырья и/или твердого топлива из отходов.</li> </ul>

Таблица 4.17 – Квалификация и занятость персонала

Функция	Квалификация персонала	Степень занятости
организация и контроль технологическим процессом	мастер	рабочая смена
техническое обслуживание	слесарь-механик	при плановых мероприятиях по техническому обслуживанию и ремонту
санитарное обслуживание (мойка и дезинфекция)	особая квалификация не требуется	согласно графику уборки и дезинфекции

В таблице 4.18 представлены значимые характеристики оптической машины.

Таблица 4.18 – Значимые характеристики

№ п/п	Значимые характеристики	Оптическая сортировка (TTECH autosort)
1.	Ограничения сортировки	Невозможно сортировать черные или очень темные предметы
2.	Скорость, м/с	2,0-4,0
3.	Давление, кПа (бар)	150-800 (1,5-8)
4.	Условия эксплуатации: -температура, °С	+5-+35
5.	Дополнительное оборудование	Блок охлаждения, компрессор
6.	Пакеты стандартных применений (Фракции, которые можно отделить) <sup>1</sup> : - сортировка полимеров;  - сортировка бумаги;  - производство RDF; - сортировка C&D;  - сортировка бумаги без красителей;  - сортировка ПЭТ по цвету; - сортировка ПЭ по цвету; - выделение древесины;	сортировка полиэтилена, полипропилена, полистирола, полиэтилентерефталата, поливинилхлорида, акрилонитрилбутадиенстирола, пенополистирола по типам материала; сортировка бумаги из смешанного потока входного материала; горючие компоненты; сортировка органических и неорганических отходов;  выделение чистой бумаги без красителей;  сортировка ПЭТ по цвету; сортировка ПЭ по цвету; выделение чистой древесины путем удаления фрагментов окрашенной древесины или древесины с покрытием;

<sup>1</sup> в зависимости от конфигурации датчиков, имеется широкий выбор стандартных применений. Датчики можно комбинировать в зависимости от задачи сортировки.

## 5. ПОДГОТОВКА ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ К РЕАЛИЗАЦИИ

Подготовка вторичного сырья к реализации используется для повышения качества вторичного сырья, уменьшения размеров компонентов за счет прокалывания закрытых емкостей и прессования в кипы с целью рациональной транспортировки кип на перерабатывающие предприятия, исключения попадания влаги, распада кипы и разведения насекомых, птиц и грызунов за счет упаковывания компонентов для временного складирования перед последующей переработкой на открытых площадках.

Этап «Подготовка вторичного сырья к реализации» можно охарактеризовать следующими подэтапами (рисунок 5.1):

- доочистка потоков;
- прокалывание потоков;
- прессование потоков и «хвостов»;
- упаковывание потоков и «хвостов».

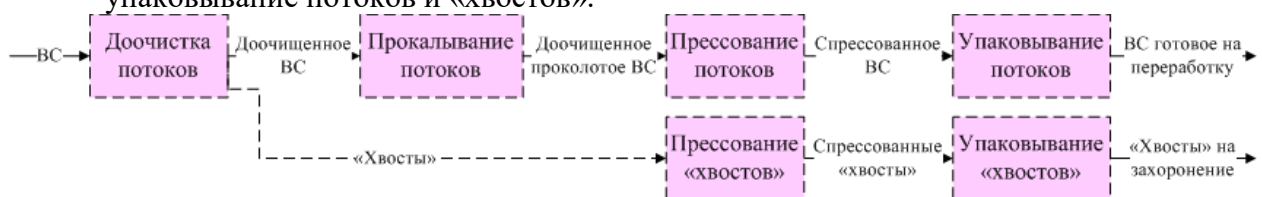


Рисунок 5.1 – Общая схема подготовки вторичного сырья

### 5.1. Доочистка потоков

Как при ручной, так и при автоматической сортировке существует так называемая погрешность отбора – отобранный поток вторичного сырья содержит примеси других компонентов отходов или вторичного сырья. Для основных видов вторичного сырья содержание таких примесей строго регламентировано:

- ГОСТ 2787-75. Металлы черные вторичные. Общие технические условия (утв. Постановлением Госстандарта СССР от 26.12.1975 № 4035) (ред. от 01.12.1982);
- ГОСТ 10700-97. Макулатура бумажная и картонная. Технические условия (введен Постановлением Госстандарта РФ от 23.08.2002 № 311-ст) (ред. от 27.12.2004);
- ГОСТ Р 52233-2004. Тара стеклянная. Стеклобой. Общие технические условия. Классификация и виды вторичного сырья. (утв. и введен в действие Постановлением Госстандарта России от 9 марта 2004 г. № 86-ст);
- ТУ 14-10-14-90. Лом и отходы углеродистых черных металлов не рассортированные;
- ТУ 63.473-32-90. Сырье полимерное вторичное необработанное.

Основные требования к качеству вторичного сырья представлены в Приложениях 7-10. Для соблюдения указанных требований после основной сортировки твердых коммунальных отходов возможен подэтап доочистки вторичного сырья.

#### **Способ выполнения:**

- ручной (доочистка потока от мешающих фракции и компонентов, которые не соответствуют качеству вторичного сырья, осуществляется рабочими предприятия (см. главу 4.3));
- механический (доочистка осуществляется при помощи оптико-механической сортировки (см. главу 4.4)).

Для выбора доочистки потоков вторичного сырья и/или твердого топлива из отходов необходимо учитывать значимые характеристики (таблица 5.1).



Таблица 5.1 – Значимые характеристики при выборе подэтапа  
«Доочистка потоков»

№ п/п	Значимые характеристики	Описание
1.	Эффективность	Показывает долю дополнительного отбора компонентов вторичного сырья и/или твердого топлива из отходов при заданной производительности.
2.	Потребление электроэнергии	Определяет количество потребляемой электроэнергии при работе оборудования
3.	Капитальные затраты	Представляют затраты на приобретение оборудования, так как при проектировании предприятия необходимо производить расчет срока окупаемости технологического процесса
4.	Условия эксплуатации: •размещение;  •температура;  •покрытие площадки	<p>Способ размещения: • закрытое помещение. Данный подэтап целесообразно размещать в закрытом помещении в связи с соблюдением температурного режима для персонала предприятия. Температурный режим необходимо соблюдать согласно Руководству Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» и СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».</p> <p>Максимальная и минимальная температура, оговоренная паспортом для оборудования и санитарными нормами для персонала предприятия. Нормативные документы по соблюдению температурного режима для персонала предприятия см. выше. Условия температурного режима для оборудования представлены в технических паспортах.</p> <p>Рабочая площадка под оборудованием должна быть твердой, относительно ровной, горизонтальной поверхностью.</p>
5.	Дополнительное оборудование	Компрессор, блок охлаждения
6.	Персонал	<p>Численность персонала Численность рабочих, которые доочищают потоки вторичного сырья и/или твердого топлива из отходов вручную зависит от объемов поступающих отходов на мусоросортировочную линию. На оптико-механической сортировке ТКО требуется 1 мастер для организации и контроля технологического процесса. Также требуются: 1 слесарь-механик для технического обслуживания оборудования при плановых мероприятиях и ремонте, 1 человек для санитарного обслуживания (мойка и дезинфекция оборудования, конвейерных лент, накопителей и пр.) согласно графику уборки помещения и дезинфекции оборудования. Как правило, за все техническое обслуживание оборудования мусоросортировочной линии отвечает один человек, аналогично про санитарное обслуживание и про организацию и контроль технологическим процессом. Классификация и занятость персонала представлена в таблице 5.2.</p>
7.	Рабочая зона	<p>Необходимо учитывать: • размеры оборудования при его размещении на технологической площадке; • площадки для размещения дополнительного оборудования (конвейерные ленты, накопители для сбора компонентов, компрессор) и для накопления компонентов вторичного сырья и/или твердого топлива из отходов.</p>

Таблица 5.2 – Квалификация и занятость персонала

Функция	Квалификация персонала	Степень занятости
вручную	рабочие, специально обученные определять разные виды компонентов	зависит исходя из объемов поступающих отходов
организация и контроль технологическим процессом	мастер	рабочая смена
техническое обслуживание	слесарь-механик	при плановых мероприятиях по техническому обслуживанию и ремонту
санитарное обслуживание (мойка и дезинфекция)	особая квалификация не требуется	согласно графику уборки и дезинфекции

В таблице 5.3 представлена сравнительная характеристика между способами выполнения.

Таблица 5.3 – Сравнительная характеристика

Способ выполнения	Достоинства	Недостатки
Вручную	Соблюдение требований вторичного сырья. Высокая эффективность досортировки (но при низкой производительности).	Высокие эксплуатационные затраты. Использование дополнительной площади (установка конвейерных лент, накопителей для сбора компонентов вторичного сырья).
Оптико-механическая сортировка	Соблюдение требований вторичного сырья. Высокая производительность.	Высокие капитальные затраты. Дополнительные затраты на электроэнергию.

На практике доочистка компонентов вторичного сырья и/или твердого топлива из отходов от других видов отходов осуществляется рабочими предприятия.

## 5.2. Прокалывание потоков

Прокалывание потоков применяется перед подэтапом «прессование» для выхода сжатого воздуха из закрытой тары. Например, если кипу, в которой спрессованы не проколотые бутылки, подвергнуть нагреванию (хранение на открытой площадке под солнцем), то вследствие расширения воздуха увеличатся габариты кипы, и обвязочная проволока может лопнуть и травмировать обслуживающий персонал. Прокалывание, чаще всего, применяют для ПЭТ бутылок, ПЭ тары и алюминиевых банок. Данный подэтап позволяет обеспечить более высокую степень прессования, и как следствие более плотную кипу на выходе.

### **Способ выполнения:**

- ручной (прокалывание закрытых тар осуществляется при помощи острых элементов или откручивания крышек рабочими предприятия);
- механический (при помощи оборудования, оснащенного острыми элементами).

По используемым рабочим элементам при прокалывании компонентов существует следующие конструктивные исполнения машин (рисунок 5.2): перфораторы, оснащенные прокалывающими звездочками и перфораторы, оснащенные прокалывающими шипами. По количеству вращающихся валов данные виды перфораторов могут быть одновальными и двухвальными.



Рисунок 5.2 – Классификация перфораторов

Перфоратор, оснащенный захватывающими и прокалывающими звездочками, представлен на рисунке 5.3. Компоненты, направляемые на прокалывание, транспортируются в бункер перфоратора. Мотор-редуктор вращает приводной вал, от которого через редуктор вращается ведомый вал. На валах установлены захватывающие и прокалывающие звёздочки. Валы вращаются навстречу друг другу. Захватывающие звёздочки затягивают зарытую тару между прокалывающими звёздочками. Проколотый поток компонентов отправляется на следующую стадию технологического процесса.



Рисунок 5.3 – Перфоратор, оснащенный захватывающими и прокалывающими звездочками

Перфоратор, оснащенный прокалывающими шипами (рисунок 5.4) прокалывает закрытые тары при помощи шипов на вращающихся валах.



Рисунок 5.4 – Перфоратор, оснащенный прокалывающими шипами

При выборе способа прокалывания компонентов необходимо учитывать значимые характеристики оборудования и персонала предприятия (таблица 5.4).

Таблица 5.4 – Значимые характеристики при выборе подэтапа  
«Прокальвание потоков»

№ п/п	Значимые характеристики	Описание
1.	Производительность	Характеризуется количеством прокальванием закрытой тары (по массе) (кг, т) в единицу времени (ч, г)
2.	Эффективность	Показывает долю прокальвания закрытой тары при заданной производительности.
3.	Потребление электроэнергии	Определяет количество потребляемой электроэнергии при работе оборудования
4.	Капитальные затраты	Представляют затраты на приобретение оборудования, так как при проектировании предприятия необходимо производить расчет срока окупаемости
5.	Условия эксплуатации: • размещение;  • температура;  • покрытие площадки	Способ размещения: • закрытое помещение. Данный подэтап целесообразно размещать в закрытом помещении в связи с соблюдением температурного режима для персонала предприятия. Температурный режим необходимо соблюдать согласно Руководству Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» и СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений». Максимальная и минимальная температура, оговоренная паспортом для оборудования и санитарными нормами для персонала предприятия. Нормативные документы по соблюдению температурного режима для персонала предприятия см. выше. Условия температурного режима для оборудования представлены в технических паспортах. Рабочая площадка должна быть твердой, относительно ровной, горизонтальной поверхностью.
6.	Дополнительное оборудование	Промежуточные конвейерные ленты (см. главу 222), погрузчик (см. главу 222) и/или стационарный манипулятор (см. главу 222) для загрузки потока в перфоратор.
7.	Персонал	Требуется 1 мастер для организации и контроля технологическим процессом, 1 слесарь-механик для технического обслуживания оборудования при плановых мероприятиях и ремонте, 1 человек для санитарного обслуживания (мойка и дезинфекция оборудования, конвейерных лент, накопителей и пр.) согласно графику уборки помещения и дезинфекции оборудования. Как правило, за все техническое обслуживание оборудования мусоросортировочной линии отвечает один человек, аналогично про санитарное обслуживание и про организацию и контроль технологическим процессом. Если используется на данном подэтапе перфоратор, то рабочие необходимы для загрузки отходов при помощи погрузчика или стационарного манипулятора (1 чел на 1 ед. оборудования в смену). Если прокальвание закрытой тары выполняется вручную, то численность персонала зависит от объемов поступающих отходов на сортировку ТКО (1 чел – 0,081 т/ч <sup>1</sup> ). Классификация и занятость персонала представлена в таблице 5.5.
8.	Рабочая зона	Необходимо учитывать: • размеры оборудования при его размещении на технологической площадке; • высоту разгрузки ковша погрузчика или стрелы с грейфером стационарного манипулятора или конвейерной ленты, так как следует учитывать дополнительную высоту над разрывателем, поэтому запрещается размещать любые элементы оборудования в данной области. Рабочая высота подъема стрелы стационарного манипулятора и ковша погрузчика указана в техническом паспорте оборудования; • рабочую площадку для подъезда транспорта от места размещения отсортированных компонентов до перфоратора и рабочую площадку для перегрузки стационарным манипулятором от места размещения отсортированных компонентов до перфоратора. Чаще всего используется односторонняя загрузка отходов погрузчиком или стационарным манипулятором; • удобный подход персонала к рабочему месту (площадка от отсортированных компонентов/ до перфоратора).

<sup>1</sup> Значение расчетное. Принято, что 1 чел прокальвает 1 бутылку/тару за 2 с, средняя масса бутылки/тары 50 г

Таблица 5.5 – Квалификация и занятость персонала

Функция	Квалификация персонала	Степень занятости
организация и контроль технологическим процессом	мастер	рабочая смена
прокалывания закрытой тары вручную	особая квалификация не требуется	зависит исходя из поступающих объемов ТКО (1 чел – 0,081 т/ч <sup>1</sup> )/рабочая смена
загрузка отходов погрузчиком	водитель автопогрузчика (наличие удостоверения тракториста-машиниста категория «В» - гусеничные и колесные машины с двигателем мощностью до 25,7 кВт и категория «С» - колесные машины с двигателем мощностью от 25,7 до 110,3 кВт)	зависит исходя из объемов поступающих отходов/рабочая смена
загрузка отходов стационарным манипулятором	оператор (наличие удостоверения на право управления грузоподъемными кранами-манипуляторами)	зависит исходя из объемов поступающих отходов/рабочая смена
техническое обслуживание	слесарь-механик	при плановых мероприятиях по технологическому обслуживанию и ремонту
санитарное обслуживание (мойка и дезинфекция)	особая квалификация не требуется	согласно графику уборки и дезинфекции

В приложении 11 представлены технические характеристики некоторых перфораторов.

В таблице 5.6 представлена сравнительная характеристика способов выполнения.

Таблица 5.6 – Сравнительная характеристика способов выполнения

Способ выполнения	Достоинства	Недостатки
Вручную	Не требуется дополнительных условий для осуществления процесса, т.е. не нужно учитывать параметры и размеры оборудования.	Низкая производительность по сравнению с перфораторами разного типа. Высокие эксплуатационные затраты.
Механический	Высокая производительность по сравнению с ручным способом выполнения.	Высокие капитальные затраты.

В таблице 5.7 представлены значимые характеристики перфораторов и персонала предприятия.

Таблица 5.7 – Значимые характеристики

№ п/п	Значимые характеристики	Перфоратор, оснащенный захватывающими и прокалывающими звездочками	Перфоратор, оснащенный прокалывающими шипами	Вручную
1.	Производительность, м <sup>3</sup> /ч (т/ч)	30-120	0,5-220	(0,081) <sup>1</sup>
2.	Размеры (Д×Ш×В), мм	660×1136,5×950-1200×550×1250	2205×1320×680	-
3.	Мощность, кВт	2,2-15	2,2-8	-
4.	Масса, т	0,27-0,97	0,25-0,5	-

№ п/п	Значимые характеристики	Перфоратор, оснащенный захватывающими и прокалывающими звездочками	Перфоратор, оснащенный прокалывающими шипами	Вручную
5.	Условия эксплуатации: - температура, °С	н/д	от -40 до +45	17-19 (холодный период) <sup>2</sup> , 19-21 (теплый период) <sup>2</sup>
6.	Размер загрузочного окна, мм	990×950	600×600-1380×1200	-
7.	Прокалываемые компоненты	ПЭТ-бутылка, ПЭ-тара	ПЭТ-бутылка	ПЭТ-бутылка, ПЭ-тара
8.	Способ загрузки	Конвейерная лента/погрузчик/грейфер/вручную <sup>3</sup>	Конвейерная лента/погрузчик/грейфер/вручную <sup>3</sup>	-
9.	Дополнительные условия: - высота над оборудованием, м;  - сторона подъезда транспорта/подхода персонала	Загрузка отходов погрузчиком – не менее 2; Загрузка отходов конвейерной лентой – не менее 1,5  Односторонний подъезд		Отходы навалом – всесторонний подход; Отходы на конвейерной ленте – двухсторонний подход

<sup>1</sup> Значение расчетное. Принято, что 1 чел прокалывает 1 бутылку/тару за 2 с, средняя масса бутылки/тары 50 г

<sup>2</sup> температура выбрана с учетом категории работ (Пб)

<sup>3</sup> для осуществления данной операции также используется дополнительное оборудование: погрузчик (см. главу 222) или грейфер (см. главу 222) для подачи отходов в разрыватель пакетов или конвейерная лента (см. главу 222). Конвейерная лента применяется для загрузки отходов в разрыватель, транспортировки отходов (промежуточный элемент между устройствами).

### 5.3. Прессование потоков и «хвостов»

Прессование потоков вторичного сырья и «хвостов» сокращает площадь, занимаемую отходами на предприятии, уменьшает объемы вторсырья, которые транспортируются на переработку, что соответственно снижает транспортные затраты на вывоз. В отношении пожароопасности прессованные брикеты менее опасны, чем вторичное сырье и отходы в свободном состоянии. Прессованию подлежат любая бумага, картон, пластиковая тара, алюминиевые и консервные банки, текстиль, упаковочная пленка на полимерной основе. Как правило, обматывание осуществляется бечевкой или проволокой.

#### **Способ выполнения:**

- механический (прессование потоков и «хвостов» осуществляется при помощи оборудования, основанного на усилии прессования, прессов).

Для прессования потоков и «хвостов» используются два вида оборудования: вертикальные и горизонтальные прессы (рисунок 5.5). Загрузка материалов и выгрузка спрессованных тюков может быть как ручной, так и автоматической. Высокопроизводительные модели обычно снабжаются автоматизированной обвязкой получаемого тюка. Выброс тюка происходит с помощью цепей, которые фиксируются во время обвязки [14].



Рисунок 5.5 – Классификация прессов

Вертикальный пресс (рисунок 5.6). Вторичное сырье или «хвосты» сортировки загружаются (автоматически или вручную) в камеру. Тяжелая прессующая плита при движении сверху вниз сжимает отходы, образуемый тук обвязывается или пакетируется, и далее выгружается из пресса при помощи цепей, которые фиксируются во время обвязки.

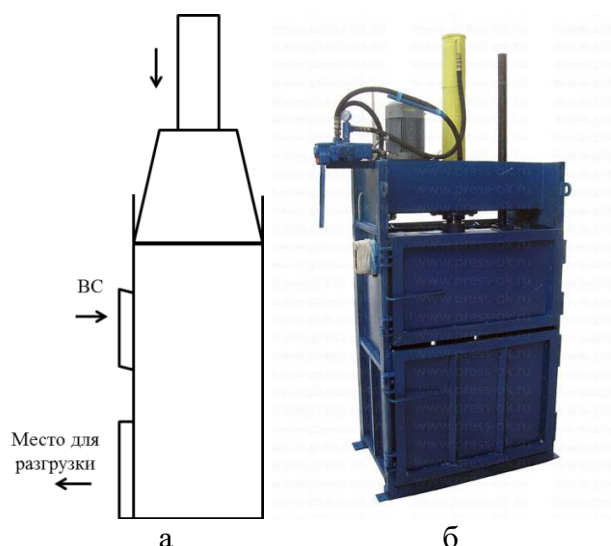


Рисунок 5.6 – Вертикальный пресс: а – схема пресса; б – общий вид

Горизонтальный пресс (рисунок 5.7). Принцип работы горизонтального пресса аналогичен принципу работы вертикального, только тяжелая прессующая плита сжимает материал при горизонтальном движении.

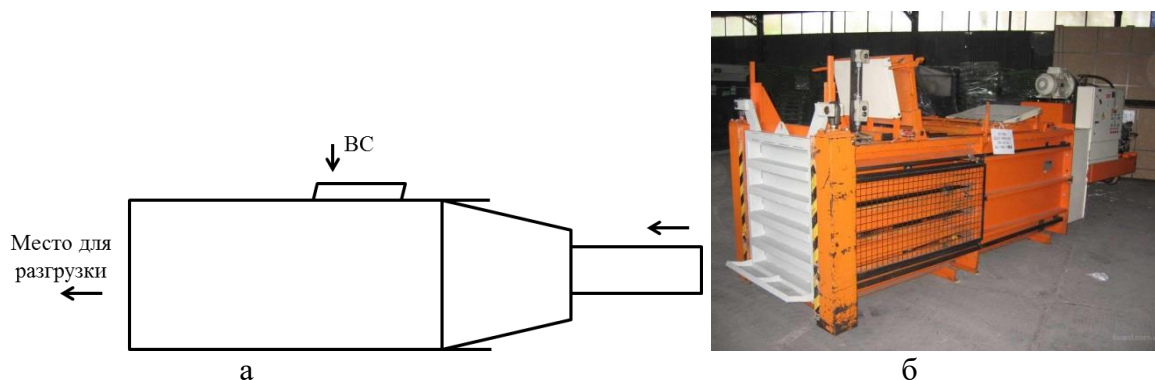


Рисунок 5.7 – Горизонтальный пресс: а – схема пресса; б – общий вид

Для выбора прессования компонентов необходимо учитывать значимые характеристики оборудования и персонала предприятия (таблица 5.8).

Таблица 5.8 – Значимые характеристики при выборе подэтапа  
«Прессование потоков вторичного сырья и «хвостов»»

№ п/п	Значимые характеристики	Описание
1.	Производительность	Характеризуется количеством спрессованных отходов (по массе) (кг, т) в единицу времени (ч, г).
2.	Эффективность	Показывает степень сжатия, то есть снижение объема потока компонентов и «хвостов» и увеличение плотности прессуемых материалов при заданной производительности. Эффективность прессования зависит от: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Усилия прессования;</li> <li>• Размера брикета;</li> <li>• Времени прессования;</li> <li>• Структуры прессуемых материалов.</li> </ul>
3.	Потребление электроэнергии	Определяет количество потребляемой электроэнергии при работе оборудования.
4.	Капитальные затраты	Представляют затраты на приобретение оборудования, так как, при проектировании предприятия необходимо производить расчет срока окупаемости технологического процесса.
5.	Условия эксплуатации: <ul style="list-style-type: none"> <li>• размещение;</li> <li>• температура;</li> <li>• покрытие площадки</li> </ul>	<p>Способ размещения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• закрытое помещение. Данный подэтап рационально размещать в закрытом помещении в связи с соблюдением температурного режима для персонала предприятия. Температурный режим необходимо соблюдать согласно Руководству Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» и СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».</li> </ul> <p>Максимальная и минимальная температура, оговариваемая паспортом для оборудования и санитарными нормами для персонала предприятия. Нормативные документы по соблюдению температурного режима для персонала предприятия см. выше. Условия температурного режима для оборудования представлены в технических паспортах.</p> <p>Рабочая площадка должна быть твердой, относительно ровной, горизонтальной поверхностью.</p>
6.	Персонал	<p>Численность персонала</p> <p>Если используется на данном подэтапе автоматический пресс, то требуется 1 мастер для организации и контроля технологическим процессом, 1 слесарь-механик для технического обслуживания оборудования при плановых мероприятиях и ремонте, 1 человек для санитарного обслуживания (мойка и дезинфекция оборудования, конвейерных лент, накопителей и пр.) согласно графику уборки помещения и дезинфекции оборудования.</p> <p>Если же используются обычные прессы, то дополнительно требуются рабочие для подачи отходов, выгрузки и обвязки тюков (численность персонала зависит от объемов отобранных компонентов и «хвостов» поступающих на операцию прессования).</p> <p>Квалификация и занятость персонала представлена в таблице 5.9.</p>
7.	Рабочая зона	<p>Необходимо учитывать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• размеры оборудования при его размещении на технологической площадке;</li> <li>• рабочую площадку для подъезда транспорта для загрузки спрессованных тюков.</li> </ul>



Таблица 5.9 – Квалификация и занятость персонала

Функция	Квалификация персонала	Степень занятости
организация и контроль технологическим процессом	мастер	рабочая смена
загрузка отходов, выгрузка и обвязка тюков	особая квалификация не требуется	зависит исходя из объемов поступающих отходов
техническое обслуживание	Слесарь-механик	при плановых мероприятиях по техническому обслуживанию и ремонту
санитарное обслуживание (мойка и дезинфекция)	особая квалификация не требуется	согласно графику уборки и дезинфекции

В приложении 12 представлены технические характеристики некоторых прессов. В таблице 5.10 представлена сравнительная характеристика прессов.

Таблица 5.10 – Сравнительная характеристика прессов

Пресс	Достоинства	Недостатки
Вертикальный пресс <sup>1</sup>	Низкие капитальные затраты Компактность и простота конструкции, надежность работы	Низкая производительность, невозможность организовать автоматическую загрузку материалов
Горизонтальный пресс <sup>1</sup>	Высокая производительность. Возможность установки оборудования в помещениях с ограничением по высоте. Прессуемые материалы могут иметь большие размеры. Высокая надежность работы	Высокие капитальные затраты

<sup>1</sup> Для вертикальных прессов управление процессом – ручное; для горизонтальных прессов возможно управление как ручное, так и автоматическое.

В таблице 5.11 представлены значимые характеристики прессов.

Таблица 5.11 – Значимые характеристики

№ п/п	Значимые характеристики	Вертикальный пресс	Горизонтальный пресс
1.	Производительность, т/ч	0,12-50	1,0-7,1
2.	Размеры (Д×Ш×В), мм	1000×600×1700-1900×1300×3800-2000×1200×2200-720×1010×2155-1100×1900×3560-1140×740×2510-1040×810×3075	4672×1100×1870-5470×1300×1730-5000×2100×2350-6480×2445×3135-4730×2195×1540-6735×4230×2265
3.	Мощность, кВт	1,1-11,0	11-135
4.	Масса, т	0,42-2,3	2,6-25,0
5.	Усилие прессования, кН	20-450	60-2980
6.	Загрузочное окно, мм	700×500-740×470-1200×1600	500×180-2400×1020-1000×1520
7.	Время цикла (без загрузки), сек	15-45	6,4-60
8.	Спектр применения	Картон, бумага, полимерные материалы, алюминиевые и жестяные банки	Картон, бумага, полимерные материалы, металлические емкости, деревянные ящики
9.	Условия эксплуатации: температура, °С	/д	н/д

#### 5.4. Упаковывание потоков и «хвостов»

Вторичное сырье упаковывают с целью исключения попадания влаги и распада кипы, а также разведению насекомых, птиц, грызунов. Данная стадия предназначена для

длительного депонирования «хвостов» или временного складирования потоков перед последующей переработкой на открытых площадках.

«Хвосты» упаковывают с целью уменьшения образования фильтрата на полигоне ТКО. Упаковка подбирается специально для каждого вида вторсырья, согласно требованиям (толщина упаковочного материала, тип материала и т.д.). Элементами упаковки являются упаковочные или перевязочные материалы. Упаковочный материал – бумага, пленка, мешковина, картонные коробки. Перевязочный материал – дополнительный элемент упаковки для повышения прочности (шпагат, проволока, бечевка и т.п.). Например, бумагу, картон, текстиль необходимо упаковывать пленкой, так как под воздействием окружающей среды возможно изменение их физических параметров [32].

**Способ выполнения:**

- механический (при помощи специального оборудования – упаковочной машины). Внешний вид упаковочной машина представлен на рисунке 5.8.



Рисунок 5.8 – Процесс упаковки отходов в пленку

Принцип работы заключается в следующем: прессованная кипа по конвейерной ленте поступает в упаковочную машину, где происходит автоматическая обмотка. Оборудование оснащено вращающимся в вертикальной плоскости кольцом, имеющим два кронштейна с наматываемой пленкой. После проведения вертикальной обмотки кипа поступает на упаковочный стол для дальнейшей обмотки в горизонтальной плоскости. Обмотанная кипа подается выводящей конвейерной лентой. В зависимости от оборудования возможна настройка программы обмотки кип: количество обмотки в начале, количество обмотки в конце, смещение обмотки в начале и в конце (при горизонтальной и вертикальной обмотке). Упакованные кипы удобны для погрузки-разгрузки при помощи погрузчика, оборудованного специальным захватом или простым вилочным захватом, тюки можно транспортировать любым видом транспорта [33].

Для выбора упаковывания кип вторичного сырья и «хвостов» необходимо учитывать значимые характеристики оборудования (таблица 5.12).

Таблица 5.12 – Значимые характеристики при выборе подэтапа  
«Упаковывание кип вторичного сырья и «хвостов»»

№ п/п	Значимые характеристики	Описание
1.	Производительность	Характеризуется количеством упакованных тюков (по массе) (кг, т) в единицу времени (ч, г)
2.	Потребление электроэнергии	Определяет количество потребляемой электроэнергии при работе оборудования.
3.	Капитальные затраты	Представляют затраты на приобретение оборудования, так как при проектировании предприятия необходимо производить расчет срока окупаемости технологического процесса.
4.	Условия эксплуатации: • размещение;  • температура;  • покрытие площадки	Способ размещения: • закрытое помещение. Данный подэтап целесообразно размещать в закрытом помещении в связи с соблюдением температурного режима для персонала предприятия. Температурный режим необходимо соблюдать согласно Руководству Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» и СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений». Максимальная и минимальная температура, оговоренная паспортом для оборудования и санитарными нормами для персонала предприятия. Нормативные документы по соблюдению температурного режима для персонала предприятия см. выше. Условия температурного режима для оборудования представлены в технических паспортах. Рабочая площадка должна быть твердой, относительно ровной, горизонтальной поверхностью.
5.	Дополнительное оборудование	Промежуточные конвейерные ленты (см. главу 222) для транспортировки спрессованных кип и упакованных кип. Возможно применение погрузчиков с вилочным или специальным захватом для загрузки кип в транспорт.
6.	Персонал	Численность персонала Требуется 1 мастер для организации и контроля технологическим процессом, 1 слесарь-механик для технического обслуживания оборудования при плановых мероприятиях и ремонте, 1 человек для санитарного обслуживания (мойка и дезинфекция оборудования, конвейерных лент, накопителей и пр.) согласно графику уборки помещения и дезинфекции оборудования. Как правило, за все техническое обслуживание оборудования мусоросортировочной линии отвечает один человек, аналогично про санитарное обслуживание и про организацию и контроль технологическим процессом. Квалификация и занятость персонала представлена в таблице 5.13.
7.	Рабочая зона	Необходимо учитывать: • размеры оборудования при его размещении на технологической площадке; • площадку для подхода персонала к оборудованию.

Таблица 5.13 – Квалификация и занятость персонала

Функция	Квалификация персонала	Степень занятости
организация и контроль технологическим процессом	мастер	рабочая смена
техническое обслуживание	слесарь-механик	при плановых мероприятиях по техническому обслуживанию и ремонту
санитарное обслуживание (мойка и дезинфекция)	особая квалификация не требуется	согласно графику уборки и дезинфекции

В таблице 5.14 представлены достоинства и недостатки упаковочной машины.

Таблица 5.14 – Достоинства и недостатки упаковочной машины

Способ выполнения	Достоинства	Недостатки
Упаковочная машина	Позволяет сокращать образование фильтрата на полигоне. Позволяет сохранить качество вторичного сырья (в частности – бумага, картон) на открытой площадке.	Высокие энергозатраты

В таблице 5.15 представлены значимые характеристики упаковочной машины.

Таблица 5.15 – Значимые характеристики

№ п/п	Значимые характеристики	Упаковочная машина (Contipack 140)
1.	Производительность, шт/ч	30
2.	Размеры (Д×Ш), мм	5500×4100
3.	Мощность, кВт	9
4.	Масса, т	1,7
5.	Условия эксплуатации: -температура, °С	н/д

## 6. ИЗВЛЕЧЕНИЕ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА

После этапа основной сортировки отходов остаются «хвосты», которые обладают определенным ресурсным потенциалом, качество и величина которого зависит от эффективности основной сортировки. «Хвосты» содержат большое количество высококалорийных компонентов, которые можно использовать для получения твердого топлива из отходов. Также на данном этапе выделяют компоненты, которые не были выделены на основной сортировке ТКО, но могут повторно использоваться (инертные материалы, биоразлагаемые отходы). Поэтому данный этап предназначен для выделения остаточного ресурсного потенциала с целью уменьшения захораниваемой на полигоне массы, снижая при этом затраты на их захоронение, а также с целью реализации извлеченных компонентов. Опасные материалы следует выделять из «хвостов» сортировки с целью снижения негативного воздействия на окружающую среду.

Схема извлечения ресурсного потенциала представлена на рисунке 6.1. Под основным этапом «Извлечение остаточного ресурсного потенциала» понимается:

- выделение горючих материалов и их подготовка к переработке;
- выделение инертных материалов и их подготовка к строительству;
- выделение биоразлагаемых отходов и их подготовка к компостированию;
- выделение опасных материалов;
- прессование «хвостов».

### 6.1. Выделение горючих материалов

Выделение высококалорийных материалов из «хвостов» сортировки предназначено для получения твердого топлива из отходов. Под высококалорийными материалами понимаются компоненты, обладающие высокой теплотворной способностью (резина, бумага, картон, дерево, кожа, полимеры, текстиль). Однако необходимо учитывать, что высококалорийные компоненты могут иметь высокую влажность, что снижает качество топлива, поэтому целесообразно проводить их предварительную сушку. Также в «хвостах» встречаются компоненты, содержание которых в твердом топливе ограничивается нормативными документами. Высокое содержание этих компонентов приведет к возникновению негативного воздействия на здоровье людей (ртуть, свинец), или к повышенному износу оборудования при сжигании (например, полимер ПВХ содержит хлор, при сжигании вызывающий коррозию элементов оборудования).

#### ***Способ выполнения:***

- ручной (при помощи ручной сортировки см. главу 4.3);
- механический (при помощи оптико-механической сортировки, воздушного сепаратора (см. главу 4.1, 4.4)).

Для выбора выделения высококалорийных материалов необходимо учитывать значимые характеристики (таблица 6.1).

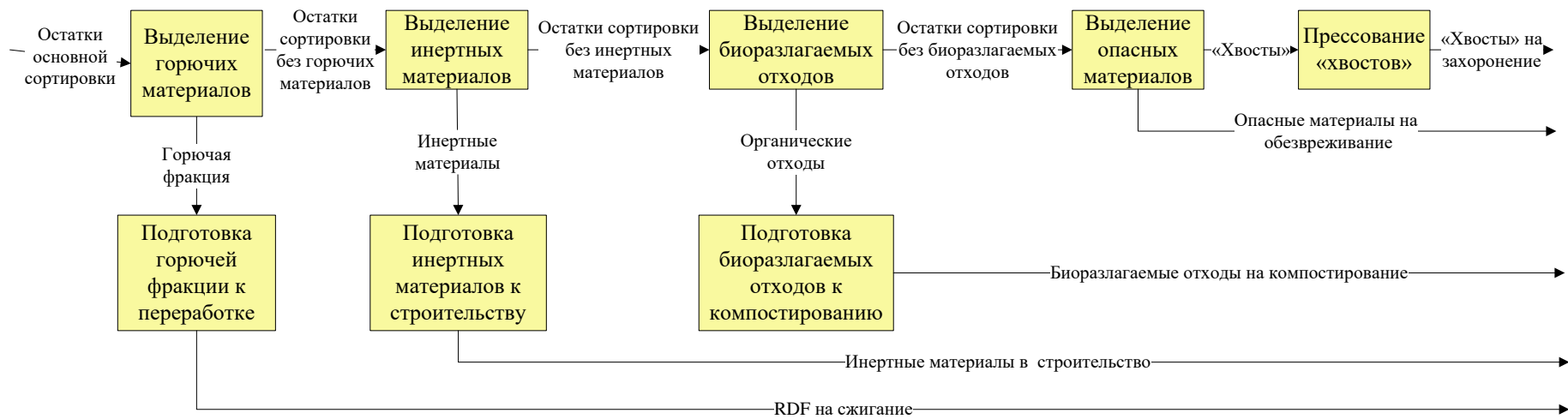


Рисунок 6.1 – Общая схема извлечения остаточного ресурсного потенциала

Таблица 6.1 – Значимые характеристики при выборе подэтапа  
«Выделение горючих материалов»

№ п/п	Значимые характеристики	Описание
1.	Производительность	Характеризуется количеством отбора горючих материалов из «хвостов» (по массе) (кг, т) в единицу времени (ч, г)
2.	Эффективность	Показывает долю отбора высококалорийных материалов при заданной производительности.
3.	Потребление электроэнергии	Определяет количество потребляемой электроэнергии при работе оборудования
4.	Капитальные затраты	Представляют затраты на приобретение оборудования, так как при проектировании предприятия необходимо производить расчет срока окупаемости технологического процесса
5.	Условия эксплуатации: •размещение;  •температура;  •покрытие площадки	<p>Способ размещения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• закрытое помещение. Данный подэтап целесообразно размещать в закрытом помещении в связи с соблюдением температурного режима для персонала предприятия. Температурный режим необходимо соблюдать согласно Руководству Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» и СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».</li> </ul> <p>Максимальная и минимальная температура, оговариваемая паспортом для оборудования и/или санитарными нормами для персонала предприятия. Нормативные документы по соблюдению температурного режима для персонала предприятия см. выше. Условия температурного режима для оборудования представлены в технических паспортах.</p> <p>Рабочая площадка под оборудованием должна быть твердой, относительно ровной, горизонтальной поверхностью.</p>
6.	Дополнительное оборудование	Компрессор, блок охлаждения
7.	Персонал	<p>Численность персонала</p> <p>Численность рабочих, которые выделяют поток горючих материалов вручную, зависит от объемов поступающих отходов на мусоросортировочную линию.</p> <p>На оптико-механической сортировке ТКО требуется 1 мастер для организации и контроля технологическим процессом.</p> <p>Также требуются: 1 слесарь-механик для технического обслуживания оборудования при плановых мероприятиях и ремонте, 1 человек для санитарного обслуживания (мойка и дезинфекция оборудования, конвейерных лент, накопителей и пр.) согласно графику уборки помещения и дезинфекции оборудования. Как правило, за все техническое обслуживание оборудования мусоросортировочной линии отвечает один человек, аналогично про санитарное обслуживание и про организацию и контроль технологическим процессом.</p> <p>Классификация и занятость персонала представлена в таблице 6.2.</p>
8.	Рабочая зона	<p>Необходимо учитывать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• размеры оборудования при его размещении на технологической площадке;</li> <li>• площадки для размещения дополнительного оборудования (конвейерные ленты, накопители для сбора компонентов, компрессор) и для накопления компонентов вторичного сырья и/или твердого топлива из отходов.</li> </ul>

Таблица 6.2 – Квалификация и занятость персонала

Функция	Квалификация персонала	Степень занятости
вручную	рабочие, специально обученные определять разные виды компонентов	зависит исходя из объемов поступающих отходов
организация и контроль технологическим процессом	мастер	рабочая смена
техническое обслуживание	слесарь-механик	при плановых мероприятиях по техническому обслуживанию и ремонту
санитарное обслуживание (мойка и дезинфекция)	особая квалификация не требуется	согласно графику уборки и дезинфекции

В таблице 6.3 представлена сравнительная характеристика между способами выполнения.

Таблица 6.3 – Сравнительная характеристика

Способ выполнения	Достоинства	Недостатки
Вручную	Высокая эффективность сортировки (но при низкой производительности).	Высокие эксплуатационные затраты. Невозможно определить компоненты ПВХ. Невозможно отсортировать компоненты размером менее 50 мм
Оптико-механическая сортировка	Высокая производительность. Высокая эффективность. Позволяет «подавлять» <sup>1</sup> пластики ПВХ.	Высокие капитальные затраты. Дополнительные затраты на электроэнергию.
Воздушный сепаратор	Высокая производительность.	Высокие капитальные затраты. Невозможно определить компоненты ПВХ. Низкая эффективность отбора высококалорийных фракций вследствие разной плотности компонентов.

<sup>1</sup> «подавлять» – параметр установки, который определяет компонент ПВХ, но не выделяет в поток пластика.

На практике высококалорийные материалы целесообразно выделять при помощи оптико-механической сортировки.

## 6.2. Подготовка горючих материалов к переработке

В зависимости от характера использования твердое топливо можно разделить на несколько категорий (рисунок 6.2).

Основными показателями твердого топлива из отходов являются содержание хлора, влажность и низшая теплота сгорания. Теплота сгорания твердого топлива из отходов составляет 10000 - 20000 кДж/кг. Если сравнить твердое топливо из отходов по тепловым показателям с газом, то 1,7 кг твердое топливо из отходов соответствует 1 м<sup>3</sup> газа, также топливо из отходов можно использовать в качестве дополнительного топлива в печах цементных заводов, ТЭЦ, металлургических печах [34].

### Способы выполнения:

- ручной (при помощи ручной сортировки (см. главу 4.3)).
- механический – в зависимости от компонентов используют разное оборудование (таблица 6.4).





а) твердое топливо из отходов без предварительной подготовки (навалом)



б) твердое топливо из отходов, спрессованное в тюки



в) твердое топливо из отходов в виде хлопьев



г) твердое топливо из отходов в виде порошка



д) твердое топливо из отходов в виде гранул

Рисунок 6.2 – Основные виды твердого топлива из отходов с учетом предварительной подготовки

Таблица 6.4 – Способы и оборудование извлечения компонентов

№ п/п	Категории	Способы исполнения
1	твердое топливо из отходов без предварительной подготовки (навалом)	Вручную
2	твердое топливо из отходов, спрессованное в тюки	Горизонтальные и вертикальные прессы (см. главу 5.3)
3	твердое топливо из отходов в виде хлопьев	Дробилки и шредеры (см. главу 3.4.2)
4	твердое топливо из отходов в виде порошка	Специальное оборудование
5	твердое топливо из отходов в виде гранул	Специальное оборудование

Для выбора оборудования по дроблению, прессованию горючих материалов необходимо учитывать значимые характеристики оборудования, которые представлены в таблице 3.16 (глава 3.4.2) и в таблице 5.8 (глава 5.3), соответственно. Технические и сравнительные характеристики дробилок представлены в таблицах 3.19 и 3.18 (глава 3.4.2), прессов – в таблицах 5.10 и 5.11 (глава 5.3).

### 6.3. Выделение инертных материалов

Подэтап «Выделение инертных материалов» предназначен для выделения инертных материалов, которые можно использовать в строительстве. Под инертными материалами понимаются твердые, негорючие, неметаллические компоненты – галька, обломки кирпича, гравий, песок, щебень и т.п. Мелкую фракцию инертных материалов обычно не выделяют, так как технически сложно организовать процесс ее отбора в «хвостах» отходов (после основной сортировки ТКО) и в отсеке (при использовании подэтапа «Фракционирование ТКО»).

Инертные материалы применяются в дорожном строительстве, а также используются в качестве заполнителя при производстве бетона, сухих смесей, растворов,

используются в качестве сырья для производства стеновых строительных материалов, таких как силикатный кирпич, газобетон.

**Способ выполнения:**

- ручной (при помощи ручной сортировки см. главу 4.3);
- механический (при помощи механических сортировок – воздушная сепарация и гидросепарация см. главу 4.1).

При выборе способа выделения инертных материалов необходимо учитывать значимые характеристики (таблица 6.5).

Таблица 6.5 – Значимые характеристики при выборе подэтапа  
«Выделение инертных материалов»

№	Значимые характеристики	Описание
1.	Производительность	Характеризуется количеством отбора инертных материалов из «хвостов» (по массе) (кг, т) в единицу времени (ч, г)
2.	Эффективность	Показывает долю отбора инертных материалов при заданной производительности.
3.	Потребление электроэнергии	Определяет количество потребляемой электроэнергии при работе оборудования
4.	Капитальные затраты	Представляют затраты на приобретение оборудования, так как при проектировании предприятия необходимо производить расчет срока окупаемости технологического процесса
5.	Условия эксплуатации: • размещение;  • температура;  • покрытие площадки	Способ размещения: • закрытое помещение. Данный подэтап целесообразно размещать в закрытом помещении в связи с соблюдением температурного режима для персонала предприятия. Температурный режим необходимо соблюдать согласно Руководству Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» и СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений». Максимальная и минимальная температура, оговариваемая паспортом для оборудования и/или санитарными нормами для персонала предприятия. Нормативные документы по соблюдению температурного режима для персонала предприятия см. выше. Условия температурного режима для оборудования представлены в технических паспортах. Рабочая площадка под оборудованием должна быть твердой, относительно ровной, горизонтальной поверхностью.
6.	Дополнительное оборудование	Компрессор, блок охлаждения
7.	Персонал	Численность персонала Численность рабочих, которые выделяют поток инертных материалов вручную, зависит от объемов поступающих отходов на мусоросортировочную линию. Для выделения инертных материалов при помощи воздушной сепарации и гидросепарации требуется 1 мастер для организации и контроля технологическим процессом. Также требуются: 1 слесарь-механик для технического обслуживания оборудования при плановых мероприятиях и ремонте, 1 человек для санитарного обслуживания (мойка и дезинфекция оборудования, конвейерных лент, накопителей и пр.) согласно графику уборки помещения и дезинфекции оборудования. Как правило, за все техническое обслуживание оборудования мусоросортировочной линии отвечает один человек, аналогично про санитарное обслуживание и про организацию и контроль технологическим процессом. Классификация и занятость персонала представлена в таблице 6.6.
8.	Рабочая зона	Необходимо учитывать: • размеры оборудования при его размещении на технологической площадке; • площадки для размещения дополнительного оборудования (конвейерные ленты, накопители для сбора компонентов, компрессор) и для накопления компонентов вторичного сырья и/или твердого топлива из отходов.

Таблица 6.6 – Квалификация и занятость персонала

Функция	Квалификация персонала	Степень занятости
вручную	рабочие, специально обученные определять разные виды компонентов	зависит исходя из объемов поступающих отходов
организация и контроль технологическим процессом	мастер	рабочая смена
техническое обслуживание	слесарь-механик	при плановых мероприятиях по техническому обслуживанию и ремонту
санитарное обслуживание (мойка и дезинфекция)	особая квалификация не требуется	согласно графику уборки и дезинфекции

В таблице 6.7 представлена сравнительная характеристика между способами выполнения.

Таблица 6.7 – Сравнительная характеристика

Способ выполнения	Достоинства	Недостатки
Вручную	Низкая эффективность и производительность	Высокие эксплуатационные затраты.
Гидросепаратор	Высокая производительность. Высокая эффективность.	Высокие капитальные затраты. Дополнительные затраты на электроэнергию.
Воздушный сепаратор	Высокая производительность. Высокая эффективность	Высокие капитальные затраты.

#### 6.4. Подготовка инертных материалов к повторному использованию

Подготовка может включать в себя следующие стадии:

- фракционирование материалов по размеру (подбор оборудования и сит производится исходя из требуемого размера материалов и задач отбора);
- сушка для уменьшения влажности материалов;
- измельчение;
- разделение инертных материалов на разные категории – гальки, обломки кирпичей, щебень и т.п. и;
- смешивание материалов, которые наиболее пригодны для изготовления сухих строительных смесей различного назначения, поскольку при смешивании полученных фракций в необходимых пропорциях возможно получение смеси инертных материалов с минимальной пустотностью.

**Способ выполнения:**

- ручной (разделение на разные категории (таблица 6.8));
- механический (в зависимости подготовки используют разное оборудование (таблица 6.8)).

Таблица 6.8 – Способы и оборудование извлечения компонентов

№ п/п	Категории	Способы исполнения
1	Разделение инертных материалов по размерам	Грохоты (см. главу 3.4.1)
2	Разделение инертных материалов по категориям	Ручная сортировка (см. главу 4.3)
3	Измельчение инертных материалов	Дробилки и шредеры (см. главу 3.4.2)
4	Смешивание инертных материалов с другими материалами <sup>1</sup>	Вручную, миксеры

<sup>1</sup> смешивание инертных материалов с другими с целью производства материала для пересыпки слоев отходов на полигоне, с целью повторного использования в строительстве и т.п.

Для разделения инертных материалов по размерам, по категориям, измельчения и смешивания инертных материалов с другими материалами необходимо учитывать значимые характеристики для грохотов в таблице 3.12 (глава 3.4.1), для дробилок в таблице 3.6 (глава 3.4.2). Технические и сравнительные характеристики дробилок представлены в таблицах 3.19 и 3.18 (глава 3.4.2), грохотов в таблице 3.15 и 3.14 (глава 3.4.1).

## 6.5. Выделение биоразлагаемых отходов

Данный подэтап следует применять для выделения пищевых (органических) отходов, которые можно отправлять на компостирование. Продуктом компостирования является компост, который можно использовать в разных областях хозяйственной деятельности (например, как материал для пересыпки слоев отходов на полигоне, материал для рекультивации полигонов и нарушенных земель, материал для получения биогаза, при сжигании которого получается электро- и теплоэнергия, и др.).

Из биоразлагаемых отходов следует обязательно удалять полимеры, так как при сбраживании отходов полимеры всплывают и образуют «корку», нарушающую процессы метанобразования. Также не рекомендуется наличие в компосте металлов, поскольку они повышают возможность токсичного воздействия на окружающую среду. Все это определяет необходимость повышения показателя эффективности сортировки применительно к процессу выделения биоразлагаемой фракции отходов из «хвостов».

Существуют три основных метода повышения эффективности выделения биоразлагаемой фракции в процессе механобиологической обработки (МБО):

- фракционирование (отсев содержит максимальное количество биоразлагаемых компонентов);
- разделение на основе различия плавучести и плотности компонентов;
- растворение органических веществ, содержащихся в отходах (перколяция).

### **Способ выполнения:**

- ручной (при помощи ручной сортировки см. главу 4.3);
- механический.

Механическое разделение на мелкую и крупную фракции осуществляется с использованием грохотов при отсутствии подэтапа «Фракционирование ТКО» (см. главу 3.4). Разделение отходов по принципу различной плотности/плавучести фракций организовано в процессе гидросепарации (см. главу 4.1), который осуществляется при помощи различных вариантов флотационных аппаратов, отстойников, центрифуг). Процесс растворения органических веществ осуществляется в перколяторе, представляющем собой смеситель, куда подаются отходы и вода. Вода с растворенными органическими веществами направляется на стадию биологической переработки (анаэробное сбраживание). Осадок после компостирования направляется на захоронение.

Для выбора способа выделения биоразлагаемых отходов необходимо учитывать следующие значимые характеристики (таблица 6.9).

Таблица 6.9 – Значимые характеристики при выборе способа реализации подэтапа «Выделение биоразлагаемых отходов»

№ п/п	Значимые характеристики	Описание
1.	Производительность	Характеризуется количеством отбора биоразлагаемых отходов из «хвостов» (по массе) (кг, т) в единицу времени (ч, г)
2.	Эффективность	Показывает долю отбора биоразлагаемых отходов при заданной производительности.
3.	Потребление электроэнергии	Определяет количество потребляемой электроэнергии при работе оборудования

№ п/п	Значимые характеристики	Описание
4.	Капитальные затраты	Представляют затраты на приобретение оборудования, так как при проектировании предприятия необходимо производить расчет срока окупаемости технологического процесса
5.	Условия эксплуатации: •размещение;  •температура;  •покрытие площадки	Способ размещения: • закрытое помещение. Данный подэтап целесообразно размещать в закрытом помещении в связи с соблюдением температурного режима для персонала предприятия. Температурный режим необходимо соблюдать согласно Руководству Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» и СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».  Максимальная и минимальная температура, оговариваемая паспортом для оборудования и/или санитарными нормами для персонала предприятия. Нормативные документы по соблюдению температурного режима для персонала предприятия см. выше. Условия температурного режима для оборудования представлены в технических паспортах.  Рабочая площадка под оборудованием должна быть твердой, относительно ровной, горизонтальной поверхностью.
6.	Дополнительное оборудование	Компрессор, блок охлаждения
7.	Персонал	Численность персонала Численность рабочих, которые выделяют поток биоразлагаемых отходов вручную, зависит от объемов поступающих отходов на мусоросортировочную линию. Для выделения биоразлагаемых отходов при помощи грохотов и гидросепарации требуется 1 мастер для организации и контроля технологическим процессом. Также требуются: 1 слесарь-механик для технического обслуживания оборудования при плановых мероприятиях и ремонте, 1 человек для санитарного обслуживания (мойка и дезинфекция оборудования, конвейерных лент, накопителей и пр.) согласно графику уборки помещения и дезинфекции оборудования. Как правило, за все техническое обслуживание оборудования мусоросортировочной линии отвечает один человек, аналогично про санитарное обслуживание и про организацию и контроль технологическим процессом. Классификация и занятость персонала представлена в таблице 6.10.
8.	Рабочая зона	Необходимо учитывать: • размеры оборудования при его размещении на технологической площадке; • площадки для размещения дополнительного оборудования (конвейерные ленты, накопители для сбора компонентов, компрессор) и для накопления компонентов вторичного сырья и/или твердого топлива из отходов.

Таблица 6.10 – Квалификация и занятость персонала

Функция	Квалификация персонала	Степень занятости
вручную	рабочие, специально обученные определять разные виды компонентов	зависит исходя из объемов поступающих отходов
организация и контроль технологическим процессом	мастер	рабочая смена
техническое обслуживание	слесарь-механик	при плановых мероприятиях по техническому обслуживанию и ремонту
санитарное обслуживание (мойка и дезинфекция)	особая квалификация не требуется	согласно графику уборки и дезинфекции

В таблице 6.11 представлена сравнительная характеристика между способами выполнения.

Таблица 6.11 – Сравнительная характеристика

Способ выполнения	Достоинства	Недостатки
Вручную	Высокая эффективность сортировки (но при очень низкой производительности).	Высокие эксплуатационные затраты.
Гидросепаратор	Высокая производительность. Высокая эффективность.	Высокие капитальные затраты.
Грохоты	Высокая производительность. Высокая эффективность	Высокие капитальные затраты. Позволяют выделять биоразлагаемые отходы меньше размера ячеек сит.

## 6.6. Подготовка биоразлагаемых отходов к компостированию

Подготовку биоразлагаемых отходов используют, чтобы улучшить качество получаемых продуктов. Основную роль в подготовке биоразлагаемых отходов занимает доочистка от мешающей фракции. Например, при отделении биоразлагаемых отходов при помощи процесса гидросепарации, основанном на плотности и плавучести материалов в воде, отсортировываются другие компоненты, у которых физические параметры совпадают с биоразлагаемыми компонентами.

Размер фракции биоразлагаемых отходов особенно важен для процессов, протекающих в жидкой фазе. Чем мельче и однороднее фракция отходов, тем более однородные условия в реакторе (температура, соотношение воды и органических компонентов, pH) и более эффективно протекает удаление газообразных продуктов реакции. Измельчение биоразлагаемых отходов может привести к повышенной пылевой нагрузке в рабочей зоне и образованию биологических аэрозолей, что значительно ухудшает условия труда работников. Чрезмерное измельчение отходов при их компостировании приводит к затруднению распределения воздуха в компостируемой массе и «заращению» системы воздухопроводов уносимой пылью.

### *Способ выполнения:*

- ручной (разделение на разные категории (таблица 6.12));
- механический (в зависимости от подготовки используют разное оборудование (таблица 6.12)).

Таблица 6.12 – Способы и оборудование извлечения компонентов

№ п	Категории	Способы исполнения
1	Выделение мешающих компонентов из потока биоразлагаемых отходов	Ручная сортировка (см. главу 4.3).
2	Измельчение биоразлагаемых отходов	Дробилки и шредеры (см. главу 3.4.2).

Для выделения мешающих компонентов из потока биоразлагаемых отходов и измельчение биоразлагаемых отходов необходимо учитывать значимые характеристики оборудования, которые представлены в таблице 4.9 (глава 4.3) и в таблице 3.16 (глава 3.4.2), соответственно. Технические и сравнительные характеристики дробилок представлены в таблицах 3.19 и 3.18 (глава 3.4.2), ручная сортировка – в таблице 4.11 (глава 4.3).

## 6.7. Выделение опасных материалов

Если опасные материалы не исключить из потока отходов, то все они попадают вместе с «хвостами» сортировки на захоронение, что приводит к негативному воздействию на окружающую среду (см. главу 9).

Опасными материалами на данном подэтапе чаще всего являются люминесцентные лампы, медицинские отходы (шприцы с иглами, перевязочный материал и т.д.), лабораторные и медицинские термометры и т.п.

**Способ выполнения:**

- ручной (при помощи ручной сортировки (см. главу 4.3)).

Для выбора способа выделения опасных материалов необходимо учитывать значимые характеристики (таблица 6.13).

Таблица 6.13 – Значимые характеристики при выборе способа реализации подэтапа «Выделение опасных материалов»

№ п/п	Значимые характеристики	Описание
1.	Производительность	Характеризуется количеством отбора опасных материалов (по массе) (кг, т) в единицу времени (ч, г).
2.	Эффективность	Показывает долю отбора опасных материалов при заданной производительности.
3.	Потребление электроэнергии	Определяет количество потребляемой электроэнергии при работе оборудования.
4.	Капитальные затраты	Представляют затраты на приобретение оборудования, так как, при проектировании предприятия необходимо производить расчет срока окупаемости технологического процесса.
5.	Условия эксплуатации: • размещение;  • температура;  • покрытие площадки	Способ размещения: • закрытое помещение. Данный подэтап рационально размещать в закрытом помещении в связи с соблюдением температурного режима для персонала предприятия. Температурный режим необходимо соблюдать согласно Руководству Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» и СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».  Максимальная и минимальная температура, оговариваемая паспортом для оборудования и/или санитарными нормами для персонала предприятия. Нормативные документы по соблюдению температурного режима для персонала предприятия см. выше. Условия температурного режима для оборудования представлены в технических паспортах.  Рабочая площадка должна быть твердой, относительно ровной, горизонтальной поверхностью.
6.	Персонал	Численность персонала Численность рабочих, которые выделяют опасные материалы, зависит от объемов поступающих отходов на мусоросортировочную линию. Требуется 1 мастер для организации и контроля технологическим процессом, 1 слесарь-механик для технического обслуживания оборудования при плановых мероприятиях и ремонте транспортирующего оборудования, 1 человек для санитарного обслуживания (мойка и дезинфекция оборудования, конвейерных лент, накопителей и пр.) согласно графику уборки помещения и дезинфекции оборудования. Как правило, за все техническое обслуживание оборудования мусоросортировочной линии отвечает один человек, аналогично про санитарное обслуживание и про организацию и контроль технологическим процессом. Квалификация и занятость персонала представлена в таблице 6.14.
7.	Рабочая зона	Необходимо учитывать: • размеры оборудования при его размещении на технологической площадке. • если отделение опасных материалов осуществляется на конвейерной ленте, то необходимо учитывать площадку для установки рабочих постов, а также установку контейнеров/накопителей для сбора и накопления отсортированных компонентов или конвейерных лент для транспортировки компонентов к следующему подэтапу технологического процесса.

Таблица 6.14 – Квалификация и занятость персонала

Функция	Квалификация персонала	Степень занятости
выделение опасных материалов вручную	особая квалификация не требуется	зависит исходя из объемов поступающих отходов
организация и контроль технологическим процессом	мастер	рабочая смена
техническое обслуживание	слесарь-механик	при плановых мероприятиях и ремонте
санитарное обслуживание (мойка и дезинфекция)	особая квалификация не требуется	согласно графику уборки и дезинфекции

В таблице 6.15 представлена сравнительная характеристика выделения опасных материалов вручную.

Таблица 6.15 – Сравнительная характеристика

Способ выполнения	Достоинства	Недостатки
Вручную	Высокая эффективность сортировки отходов. Простота конструкции и технического обслуживания.	Низкая производительность. Высокие эксплуатационные затраты. Повышенный риск для здоровья и безопасности персонала.

## 6.8. Прессование «хвостов»

Прессование «хвостов» предназначено для повышения сокращения площадей и рациональности перевозки транспортом спрессованных тюков на полигон.

### *Способ выполнения:*

- механический (прессование «хвостов» при помощи оборудования представленного в главе 5.3).

Для выбора прессования «хвостов» необходимо учитывать значимые характеристики (таблица 6.16).

Таблица 6.16 – Значимые характеристики при выборе способа реализации подэтапа «Прессование «хвостов»»

№ п/п	Значимые характеристики	Описание
8.	Производительность	Характеризуется количеством спрессованных отходов (по массе) (кг, т) в единицу времени (ч, г).
9.	Эффективность	Показывает снижение объема потока компонентов и «хвостов» и увеличение плотности спрессованных отходов при заданной производительности. Эффективность прессования зависит от: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Усилия прессования;</li> <li>• Размера брикета;</li> <li>• Времени прессования;</li> <li>• Структуры спрессованных материалов.</li> </ul>
10.	Потребление электроэнергии	Определяет количество потребляемой электроэнергии при работе оборудования.
11.	Капитальные затраты	Представляют затраты на приобретение оборудования, так как при проектировании предприятия необходимо производить расчет срока окупаемости технологического процесса.
12.	Условия эксплуатации: <ul style="list-style-type: none"> <li>• размещение;</li> </ul>	Способ размещения: <ul style="list-style-type: none"> <li>• закрытое помещение. Данный подэтап рационально размещать в закрытом помещении в связи с соблюдением температурного режима для персонала</li> </ul>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>• температура;</li> <li>• покрытие площадки</li> </ul>	<p>предприятия. Температурный режим необходимо соблюдать согласно Руководству Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» и СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».</p> <p>Максимальная и минимальная температура, оговариваемая паспортом для оборудования и/или санитарными нормами для персонала предприятия. Нормативные документы по соблюдению температурного режима для персонала предприятия см. выше. Условия температурного режима для оборудования представлены в технических паспортах.</p> <p>Рабочая площадка должна быть твердой, относительно ровной, горизонтальной поверхностью.</p>
13.	Персонал	<p>Численность персонала</p> <p>Если используется на данном подэтапе автоматические прессы, то требуется 1 мастер для организации и контроля технологическим процессом, 1 слесарь-механик для технического обслуживания оборудования при плановых мероприятиях и ремонте, 1 человек для санитарного обслуживания (мойка и дезинфекция оборудования, конвейерных лент, накопителей и пр.) согласно графику уборки помещения и дезинфекции оборудования.</p> <p>Если же используются обычные прессы, то дополнительно требуются рабочие для подачи отходов, выгрузки и обвязки тюков (численность персонала зависит от объемов отобранных компонентов и «хвостов» поступающих на операцию прессования).</p> <p>Квалификация и занятость персонала представлена в таблице 6.17.</p>
14.	Рабочая зона	<p>Необходимо учитывать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• размеры оборудования при его размещении на технологической площадке;</li> <li>• рабочую площадку для подъезда транспорта для загрузки спрессованных тюков.</li> </ul>

Таблица 6.17 – Квалификация и занятость персонала

Функция	Квалификация персонала	Степень занятости
организация и контроль технологическим процессом	мастер	рабочая смена
загрузка отходов, выгрузка и обвязка тюков	особая квалификация не требуется	зависит исходя из объемов поступающих отходов
техническое обслуживание	слесарь-механик	при плановых мероприятиях по техническому обслуживанию и ремонту
санитарное обслуживание (мойка и дезинфекция)	особая квалификация не требуется	согласно графику уборки и дезинфекции

В таблице 6.18 представлена сравнительная характеристика между способами выполнения.

Таблица 6.18 – Сравнительная характеристика

Способ выполнения	Достоинства	Недостатки
Горизонтальный пресс	Высокая производительность. Высокая производительность. Возможность автоматизации процессов загрузки и обвязки.	
Вертикальный пресс	Простота и компактность конструкции	Низкая эффективность прессования. Низкая производительность. Невозможность автоматизировать загрузку и обвязку.

На практике «хвосты» прессуют горизонтальным прессом.

## 7. ОБРАБОТКА КРУПНОГАБАРИТНЫХ ОТХОДОВ

Крупногабаритные отходы после отбора на этапе «Подготовка твердых коммунальных отходов» направляются на обработку. Обработка крупногабаритных отходов предназначена: во-первых, для уменьшения размеров предметов и материалов с последующей транспортировкой на основную сортировку с целью извлечения полезных компонентов, во-вторых, для выделения опасных материалов, которые следует направлять на обезвреживание, в-третьих, для подготовки КГО к захоронению способом дробления.

Этап «Обработка крупногабаритных отходов» можно разделить на следующие подэтапы:

- сортировка КГО;
- дробление КГО;
- разборка КГО вручную;
- выделение опасных материалов;
- подготовка КГО к захоронению.

Общая схема обработки КГО представлена на рисунок 7.1.

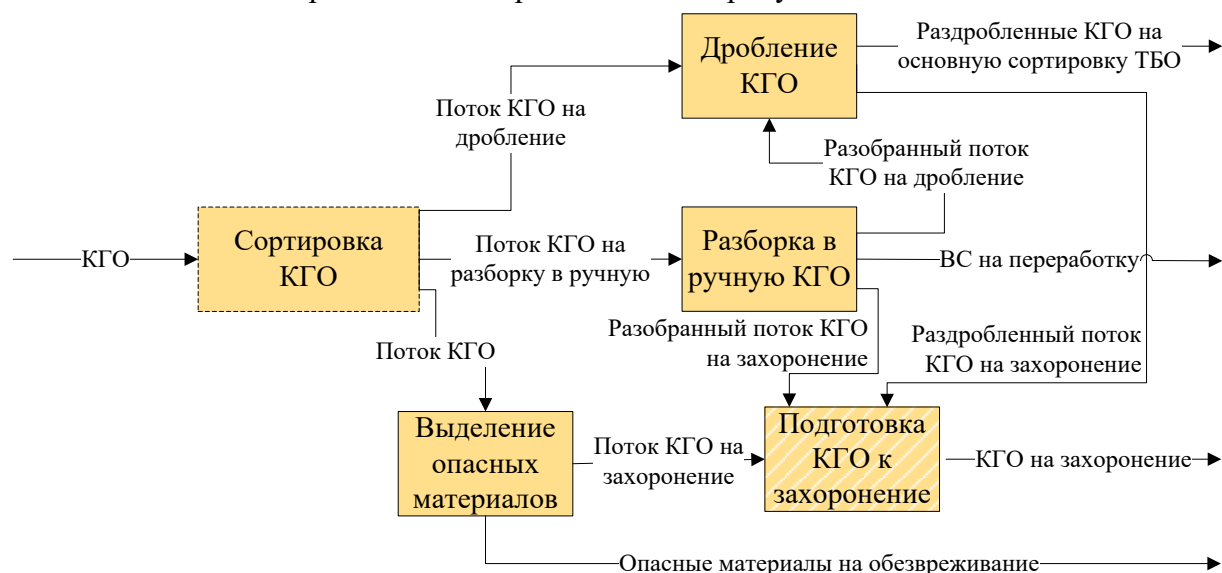


Рисунок 7.1 – Общая схема обработки КГО

### 7.1. Сортировка КГО

Основная сортировка крупногабаритных отходов осуществляет разделение на следующие потоки:

- поток КГО на дробление;
- поток КГО на ручную разборку;
- оставшийся поток КГО.

Сортировка крупногабаритных отходов на три потока позволяет облегчить работу на последующих подэтапах этапа «обработка КГО». Также данный подэтап можно исключить, если сортировка крупногабаритных отходов была произведена на подэтапе «отделение КГО» на этапе «подготовка твердых коммунальных отходов».

В составе КГО выделяют от 5 до 20 компонентов, поэтому лучше всего сортировать крупногабаритные отходы по категориям. Ориентировочный перечень компонентов КГО приведен в таблице 7.1 [35].

Данный компонентный состав КГО ориентирован на разделение отходов по категориям предметов, в них встречающихся, а не материалов. Например, выделяются

«деревянные ящики» и «мебельные щиты», а не «дерево». Такая классификация более удобна, так как КГО, во-первых, представлены в основном предметами комбинированного состава (пластики, металлы, дерево и т.п.), а во-вторых, этим определяются направления их дальнейшей переработки.

Таблица 7.1 – Ориентировочный перечень компонентов КГО

Наименование категории	Наименование подкатегории
Упаковка	Картонные коробки
	Деревянные ящики
	Полимерная упаковка, пленка
	Пенопласт
	Прочая упаковка
Электротехнические приборы	Холодильники
	Телевизоры, мониторы
	Прочие электротехнические приборы
Мебель	Мягкая мебель
	Мебельные щиты
	Прочая мебель и утварь
Сантехника	Унитазы
	Раковины и ванны
	Трубы
	Прочая сантехника
Растительные отходы	Кусты, сучья
	Трава, листья
Строительные отходы	Деревянные конструкции (доски, косяки, проемы)
	Оконные блоки (стекло)
	Кирпич, бетон, плитка
	Штукатурка, известь
	Прочие строительные отходы
Прочее	Бытовой мусор
	Прочее

**Способ выполнения:**

- ручной (разделением КГО занимаются рабочие, оценивающие предметы, которые можно отправить на дробление с последующим отправлением на основную сортировку ТКО; на разбор вручную (где отбирают непосредственно вторичное сырье) и остатки КГО на захоронение).

Для выбора сортировки КГО на категории необходимо учитывать значимые характеристики на подэтапе «Сортировка КГО» (таблица 7.2).

Таблица 7.2 – Значимые характеристики при выборе способа реализации подэтапа «Сортировка КГО»

№ п/п	Значимые характеристики	Описание
1.	Производительность	Характеризуется количеством отбора КГО по категориям (по массе) (кг, т) в единицу времени (ч, г)
2.	Эффективность	Показывает долю отбора КГО по категориям при заданной производительности.
3.	Условия эксплуатации: • размещение;	Способ размещения: • закрытое помещение. Данный подэтап целесообразно размещать в закрытом помещении в связи с соблюдением температурного режима для персонала предприятия. Температурный режим необходимо соблюдать согласно Руководству Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» и СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• температура;</li> <li>• покрытие площадки</li> </ul>	<p>Максимальная и минимальная температура, оговариваемая паспортом для оборудования и/или санитарными нормами для персонала предприятия. Нормативные документы по соблюдению температурного режима для персонала предприятия см. выше.</p> <p>Рабочая площадка должна быть твердой, относительно ровной, горизонтальной поверхностью.</p>
4.	Персонал	<p>Численность персонала Зависит от объемов отсортированных КГО, габаритов и массы предметов и материалов. Квалификация и занятость персонала представлена в таблице 7.3.</p>
5.	Рабочая зона	<p>Необходимо учитывать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• рабочую площадку для подхода персонала со всех сторон отсортированных КГО.</li> </ul>

Таблица 7.3 – Квалификация и занятость персонала

Функция	Квалификация персонала	Степень занятости
сортировка КГО по категориям	особая квалификация не требуется	зависит от объемов отсортированных КГО, габаритов и массы предметов и материалов

В таблице 7.4 представлены достоинства и недостатки ручной сортировки КГО.

Таблица 7.4 – Достоинства и недостатки ручной сортировки КГО

Способ выполнения	Достоинства	Недостатки
Ручная сортировка	Высокая эффективность сортировки отходов при низкой производительности.	Низкая производительность. Высокие эксплуатационные затраты. Повышенный риск здоровью и безопасности персонала.

## 7.2. Дробление КГО

Дробление и измельчение позволяют уменьшить размер отходов до необходимого и таким образом облегчить работу на последующем подэтапе. Выбор способа дробления зависит от физических свойств и крупности исходного материала. Дробление или измельчение образует поток, который направляется на основную сортировку ТКО, где извлекают вторичное сырье или компоненты твердого топлива из отходов.

### **Способ выполнения:**

- механический (дробление и измельчение отходов осуществляется с помощью оборудования (см. главу 3.4)).

Для выбора оборудования по дроблению отходов необходимо учитывать значимые характеристики оборудования (таблица 7.5).

Таблица 7.5 – Значимые характеристики при выборе оборудования подэтапа «Дробление КГО»

№	Значимые характеристики	Описание
1.	Производительность	Характеризуется массой раздробленных отходов в единицу времени (кг/ч, т/год). На производительность влияет оснащенность агрегата фракционной решеткой, и соответственно размер фракции. Чем меньший размер выходного материала требуется, тем ниже производительность.

№	Значимые характеристики	Описание
2.	Универсальность	Характеризуется спектром дробимых компонентов отходов, а также необходимостью получать материал определенного размера. Универсальность в первую очередь зависит от состава входящего потока отходов, который определяет конструкцию выбираемого агрегата. Чем шире спектр компонентов, подвергаемых дроблению тем более универсальной должна быть машина.
3.	Потребление электроэнергии	Определяет количество потребляемой электроэнергии при работе оборудования.
4.	Капитальные затраты	Представляют затраты на приобретение оборудования, так как при проектировании предприятия необходимо производить расчет срока окупаемости технологического процесса
5.	<p>Условия эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• размещение;</li> <li>• температура;</li> <li>• покрытие площадки</li> <li>• пыле-улавливание</li> </ul>	<p>Универсальные промышленные машины могут оснащаться гусеничным шасси и соответственно способны работать на открытом воздухе. Но если этап дробления включается в общую технологическую линию сортировки, то целесообразно размещать машину в закрытом помещении для соблюдения температурного режима согласно Руководству Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» и СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».</p> <p>Максимальная и минимальная температура, оговариваемая паспортом для оборудования и/или санитарными нормами для персонала предприятия. Нормативные документы по соблюдению температурного режима для персонала предприятия см. выше.</p> <p>В мобильном исполнении специально подготовленной площадки не требуется. В стационарном исполнении агрегат устанавливается на рабочую площадку, которая должна быть твердой, относительно ровной, горизонтальной поверхностью.</p> <p>Измельчение материала всегда сопровождается высоким пылением, поэтому при размещении агрегата в закрытом помещении, там должна быть предусмотрена система пылеулавливания, либо встроенная в общую систему вентиляции, либо локальная система.</p>
6.	Дополнительное оборудование	В зависимости от производительности технологической линии отходы в измельчитель могут подаваться циклично (вручную, фронтальным погрузчиком, крано-манипуляторной установкой с лепестковым захватом) и непрерывно – с помощью наклонного ленточного конвейера. Дробленый материал транспортируется на следующий подэтап промежуточным ленточным конвейером или системой конвейеров (см. главу 10.2).
7.	Персонал	<p>Численность персонала</p> <p>Персонал на данном подэтапе может быть задействован для плановых мероприятий по техническому обслуживанию и ремонту, а также для санитарной обработки.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Если оборудование не подлежит сервисному обслуживанию организацией-производителем (продавцом), то все работы по всем видам ТО и Р производятся персоналом эксплуатирующей организации. Количество работников определяется на основе регламента на выполнение работ по ТО и Р.</li> <li>• Если оборудование подлежит сервисному обслуживанию, то персонал эксплуатирующей организации участвует только в ежесменном текущем ТО (таблица 7.6).</li> </ul>
8.	Рабочая зона	<p>Необходимо учитывать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• размеры оборудования при его размещении на технологической площадке;</li> <li>• дополнительную высоту над и под оборудованием, так как над оборудованием и под ним могут монтироваться конвейерные ленты;</li> <li>• площадки для размещения дополнительного оборудования (конвейерные ленты, бункеры-накопители).</li> </ul>

Таблица 7.6 – Квалификация и занятость персонала

Функция	Квалификация персонала	Степень занятости
организация и контроль технологическим процессом	мастер	рабочая смена
техническое обслуживание	слесарь-механик	при плановых мероприятиях по техническому обслуживанию и ремонту
санитарное обслуживание (мойка и дезинфекция)	особая квалификация не требуется	согласно графику уборки и дезинфекции

Сравнительная характеристика измельчителей, осуществляющих дробление КГО, представлена в таблице 7.7.

Таблица 7.7 – Сравнительная характеристика дробилок и шредеров

Дробилки/шредеры	Достоинства	Недостатки
Молотковая дробилка	Низкие капитальные и эксплуатационные затраты, Простота конструкции. В ремонте и обслуживании технологичны. Низкая металлоемкость. Наличие фракционной решетки позволяет получать готовый продукт.	Универсальность - очень низкая, применимы только для узкого спектра материалов (твердые пластики, строительные отходы). Имеют ограничение по габаритам загружаемого материала – не более 0,4 м. Высока вероятность отказа при попадании неизмельчаемого куска. Снижение производительности из-за забивания отверстий фракционной решетки, особенно при дроблении влажных материалов.
Роторная дробилка	Низкие капитальные и эксплуатационные затраты, конструктивно просты. В ремонте и обслуживании технологичны. Металлоемкость низкая, хотя выше, чем у молотковых. Наличие фракционной решетки позволяет получать готовый продукт.	Универсальность низкая, могут применяться для твердых пластиков, строительных отходов, кабеля, деревоотходов. Имеют ограничение по габаритам загружаемого материала – не более 0,4 м. Высока вероятность отказа при попадании неизмельчаемого куска. Снижение производительности из-за забивания отверстий фракционной решетки, особенно при дроблении влажных материалов.
Одновальный шредер с гидравлическим подпрессовщиком	Высокая универсальность. Наличие системы предохранения от попадания недробимых элементов. Возможность регулирования размера получаемого продукта за счет регулирования частоты вращения ротора, а также за счет оснащения фракционной решеткой. Пирамидальная конструкция ножей увеличивает их стойкость в 4 раза. Нет ограничений по габаритам входящего материала.	Высокие капитальные затраты. Высокие эксплуатационные затраты за счет наличия гидросистемы большой емкости. Сложность конструкции. Высокая металлоемкость конструкций

Дробилки/ шредеры	Достоинства	Недостатки
Многовальный шредер	Универсальность – очень высокая, может применяться для любых материалов, включая автомобильный металл, мебель, крупная бытовая техника, отходы дерева и твердого пластика. Простота конструкции. Наличие системы предохранения от попадания недробимых элементов. Нет ограничений по габаритам входящего материала. Возможность регулирования размера получаемого продукта за счет оснащения фракционной решеткой	Высокие капитальные затраты. Высокие эксплуатационные затраты за счет наличия гидросистемы большой емкости. Высокая металлоемкость конструкций

В практике для дробления КГО обычно применяют одновальные и многовальные шредеры.

### 7.3. Разборка КГО вручную

Данный подэтап подразумевает под собой разбор КГО персоналом предприятия на три потока:

- разобранный поток КГО, который отправляют на дробление;
- поток вторсырья, который направляют на переработку;
- разобранный поток КГО, который отправляют на подготовку к захоронению.

Этот подэтап необходим для тех крупногабаритных отходов, которые являются практически готовым вторсырьем. Примеры: коробка из-под холодильника (категория – упаковка), внутри которой может встретиться пенопласт, а поверхность обмотана пленкой или скотчем. После ручного разбора можно выделить вторичное сырье: картон, пленка, а оставшиеся компоненты необходимо отправить на подготовку к захоронению.

#### **Способ выполнения:**

- ручной (рабочие предприятия осуществляют разбор КГО с помощью инструментов, отрыва, нажатия, удаления, надува, плавления и т.д.).

Для разбора КГО используют ручной инструмент, электро- и бензоинструмент: монтировка, гаечные ключи, отвертки, пила, бензопила, шурупверт, круглошлифовальная машинка, молоток и т.п.

Для выбора разборки КГО вручную необходимо учитывать значимые характеристики на подэтапе «Разборка КГО вручную» (таблица 7.8).

Таблица 7.8 – Значимые характеристики при выборе способа реализации подэтапа «Разборка КГО вручную»

№ п/п	Значимые характеристики	Описание
1.	Производительность	Характеризуется количеством отбора КГО на потоки (по массе) (кг, т) в единицу времени (ч, г)
2.	Эффективность	Показывает долю отбора КГО на потоки при заданной производительности.
3.	Условия эксплуатации: • размещение;	Способ размещения: • закрытое помещение. Данный подэтап рационально размещать в закрытом помещении в связи с соблюдением температурного режима для персонала предприятия. Температурный режим необходимо соблюдать согласно Руководству Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» и СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• температура;</li> <li>• покрытие площадки</li> </ul>	<p>Максимальная и минимальная температура, оговариваемая паспортом для оборудования и/или санитарными нормами для персонала предприятия. Нормативные документы по соблюдению температурного режима для персонала предприятия см. выше.</p> <p>Рабочая площадка должна быть твердой, относительно ровной, горизонтальной поверхностью.</p>
4.	Персонал	Численность персонала Зависит от объемов отсортированных КГО, габаритов и массы предметов и материалов. Квалификация и занятость персонала представлена в таблице 7.9.
5.	Рабочая зона	Необходимо учитывать: <ul style="list-style-type: none"> <li>• рабочую площадку для подхода персонала со всех сторон отсортированных КГО.</li> </ul>

Таблица 7.9 – Квалификация и занятость персонала

Функция	Квалификация персонала	Степень занятости
разбор КГО вручную	особая квалификация не требуется	зависит от объемов отсортированных КГО, габаритов и массы предметов и материалов

В таблице 7.10 представлены достоинства и недостатки ручного разбора КГО.

Таблица 7.10 – Достоинства и недостатки ручной разбора КГО

Способ выполнения	Достоинства	Недостатки
Вручную	Высокая эффективность сортировки отходов при низкой производительности. Простота конструкции ручного инструмента. Низкие капитальные затраты	Низкая производительность. Высокие эксплуатационные затраты. Повышенный риск здоровью и безопасности персонала.

#### 7.4. Выделение опасных материалов

Выделение опасных отходов на этапе «Обработка КГО» преследует те же цели, что и этап «Извлечение остаточного ресурсного потенциала» (см. главу 9). На данном подэтапе опасными материалами являются габаритные предметы, такие как: автомобильные аккумуляторы; трубчатые люминесцентные лампы; медицинское оборудование, крупные банки из-под краски и т.д.

##### **Способ выполнения:**

- ручной – при помощи ручной сортировки (см. главу 4.3).

Для выбора выделения опасных материалов необходимо учитывать значимые характеристики (таблица 7.11).

Таблица 7.11 – Значимые характеристики при выборе способа реализации подэтапа «Выделение опасных материалов»

№ п/п	Значимые характеристики	Описание
1.	Производительность	Характеризуется количеством отбора опасных материалов (по массе) (кг, т) в единицу времени (ч, г).
2.	Эффективность	Показывает долю отбора опасных материалов при заданной производительности.
3.	Потребление электроэнергии	Определяет количество потребляемой электроэнергии при работе оборудования.
4.	Капитальные затраты	Представляют затраты на приобретение оборудования, так как, при проектировании предприятия необходимо производить расчет срока окупаемости технологического процесса.



№ п/п	Значимые характеристики	Описание
5.	Условия эксплуатации: • размещение;  • температура;  • покрытие площадки	Способ размещения: • закрытое помещение. Данный подэтап рационально размещать в закрытом помещении в связи с соблюдением температурного режима для персонала предприятия. Температурный режим необходимо соблюдать согласно Руководству Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» и СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений». Максимальная и минимальная температура, оговариваемая паспортом для оборудования и/или санитарными нормами для персонала предприятия. Нормативные документы по соблюдению температурного режима для персонала предприятия см. выше. Условия температурного режима для оборудования представлены в технических паспортах. Рабочая площадка должна быть твердой, относительно ровной, горизонтальной поверхностью.
6.	Персонал	Численность персонала Численность рабочих, которые выделяют опасные материалы, зависит от объемов поступающих отходов на мусоросортировочную линию. Требуется 1 мастер для организации и контроля технологическим процессом, 1 слесарь-механик для технического обслуживания оборудования при плановых мероприятиях и ремонте в случае применения транспортирующего оборудования, например, погрузчик или конвейер, 1 человек для санитарного обслуживания (мойка и дезинфекция оборудования, конвейерных лент, накопителей и пр.) согласно графику уборки помещения и дезинфекции оборудования. Как правило, за все техническое обслуживание оборудования мусоросортировочной линии отвечает один человек. Квалификация и занятость персонала представлена в таблице 7.12.
7.	Рабочая зона	Необходимо учитывать: • размеры оборудования при его размещении на технологической площадке. • если отделение опасных материалов осуществляется на конвейерной ленте, то необходимо учитывать площадку для установки рабочих постов, а также установку контейнеров/накопителей для сбора и накопления отсортированных компонентов или конвейерных лент для транспортировки компонентов к следующему подэтапу технологического процесса.

Таблица 7.12 – Квалификация и занятость персонала

Функция	Квалификация персонала	Степень занятости
выделение опасных материалов вручную	особая квалификация не требуется	зависит исходя из объемов поступающих отходов
организация и контроль технологическим процессом	мастер	рабочая смена
техническое обслуживание	слесарь-механик	при плановых мероприятиях по техническому обслуживанию и ремонту
санитарное обслуживание (мойка и дезинфекция)	особая квалификация не требуется	согласно графику уборки и дезинфекции

В таблице 7.13 представлена сравнительная характеристика выделения опасных материалов вручную.

Таблица 7.13 – Сравнительная характеристика

Способ выполнения	Достоинства	Недостатки
Вручную	Высокая эффективность сортировки отходов при низкой производительности.	Низкая производительность. Высокие эксплуатационные затраты. Повышенный риск здоровью и безопасности персонала.

## 7.5. Подготовка КГО к захоронению

Подготовка КГО к захоронению заключается в дроблении, возможно с последующим прессованием предметов и материалов, которые не представляют ценности или не обладают опасными свойствами. Дробление предназначено с целью уменьшения размеров КГО, а прессование – для повышения сокращения площадей и целесообразности перевозки транспортом спрессованных тюков на полигон. Общая схема подэтапа «Подготовка КГО к захоронению» представлена на рисунке 7.2.

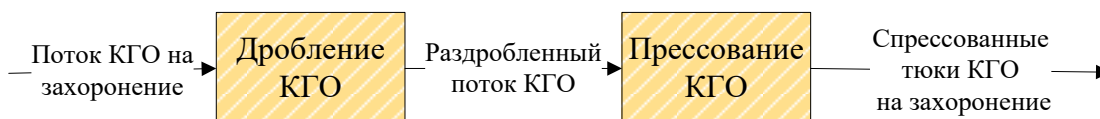


Рисунок 7.2 – Общая схема подэтапа «Подготовка КГО к захоронению»

### **Способ выполнения:**

- механический – дробление КГО при помощи оборудования представленного в главе 3.5, прессование КГО (см. главу 5.3).

Для выбора оборудования по дроблению отходов необходимо учитывать значимые характеристики оборудования, которые представлены в таблице 3.16 (глава 3.4.2). В практике для дробления КГО обычно применяют одновальные и многовальные шредеры, технические и сравнительные характеристики представлены в таблицах 3.19 и 3.18 (глава 3.4.2).

## 8. ОБРАБОТКА МЕЛКОЙ ФРАКЦИИ

Отсортированная мелкая фракция после этапа «Подготовка ТКО» попадает на обработку. Этап «Обработка мелкой фракции» можно представить следующими подэтапами:

- выделение вторичного сырья;
- выделение опасных материалов.

В потоке мелкой фракции встречается вторичное сырье, которое можно повторно использовать. Выделение опасных материалов предназначено для снижения негативного воздействия на окружающую среду при захоронении/компостировании.

Схема по обработке мелкой фракции представлена на рисунке 8.1.

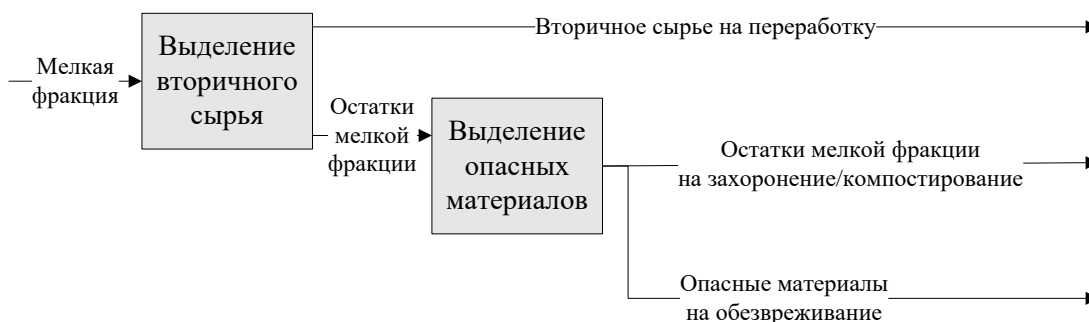


Рисунок 8.1 – Общая схема обработки мелкой фракции

При отделении мелкой фракции (считается, что основную ее массу составляют биоразлагаемые компоненты) грохочением попадают материалы разного состава, причем крупного размера (ручки, шприцы, батарейки и аккумуляторы и т.п.). При грохочении данные предметы проходят через ячейки сит, что приводит к ухудшению качества компостируемой массы.

Если поток мелкой фракции направляется на захоронение/компостирование, то компостируемая масса собирается в емкости для хранения и далее вывозится автотранспортом на полигон и/или на компостируемые заводы.

### 8.1. Выделение вторичного сырья

В мелкой фракции встречается вторичное сырье: металлы (гвозди, шайбы и т.д.), пластмассы (чаще всего, крышки из-под бутылок), инертные материалы и стекло. Другие компоненты на данном подэтапе не представляют ценность, так как не соответствуют требованиям к переработке.

#### *Способы выполнения:*

- механический – в зависимости от компонентов используют разное оборудование (таблица 8.1.).

Таблица 8.1 – Способы и оборудование извлечения компонентов

№ п/п	Компонент	Способы извлечения
1	Металл	Магнитные сепараторы (см. главу 4.2), оптико-механическая (см. главу 4.4) и ручная сортировки (см. главу 4.3).
2	Пластик и стекло	Автоматическая (см. главу 4.4) и ручная сортировки (см. главу 4.3).
3	Инертные материалы	Гидросепарация (см. главу 4.1), воздушная сепарация (см. главу 4.1) и ручная сортировка (см. главу 4.3).

Выделение данных компонентов из мелкой фракции при помощи ручной сортировки нецелесообразно, так как при повышении эффективности компонентов увеличивается время отбора, а также данный способ не является безопасным для человека.

Для выбора оборудования по выделению вторичных материалов из мелкой фракции необходимо учитывать значимые характеристики оборудования, которые представлены для магнитных сепараторов в таблице 4.5 (глава 4.2), для оптико-механической сортировки в таблице 4.16 (глава 4.4), для ручной сортировки в таблице 4.9 (глава 4.3), для гидросепарации и воздушной сепарации в таблице 4.1 (глава 4.1). Технические и сравнительные характеристики представлены для магнитных сепараторов в таблицах 4.8 4.7 (глава 4.2), для оптико-механической сортировки в таблицах 4.18, 4.14 и 4.15 (глава 4.4), для ручной сортировки в таблице 4.11 (глава 4.3), для гидросепарации и воздушной сепарации в таблицах 4.4 и 4.3 (глава 4.1).

## 8.2. Выделение опасных материалов

Выделение опасных материалов аналогично этапам «Обработка КГО» и «Извлечение остаточного ресурсного потенциала» (также см. главу 9).

### **Способ выполнения:**

- ручной – извлечение опасных компонентов с конвейера или со стола (см. главу 4.3).

Для выбора выделения опасных материалов необходимо учитывать значимые характеристики (таблица 8.2).

Таблица 8.2 – Значимые характеристики при выборе подэтапа «Выделение опасных материалов»

№ п/п	Значимые характеристики	Описание
1.	Производительность	Характеризуется количеством отбора опасных материалов (по массе) (кг, т) в единицу времени (ч, г).
2.	Эффективность	Показывает долю отбора опасных материалов при заданной производительности.
3.	Потребление электроэнергии	Определяет количество потребляемой электроэнергии при работе оборудования.
4.	Капитальные затраты	Представляют затраты на приобретение оборудования, так как, при проектировании предприятия необходимо производить расчет срока окупаемости технологического процесса.
5.	Условия эксплуатации: • размещение;  • температура;  • покрытие площадки	Способ размещения: • закрытое помещение. Данный подэтап рационально размещать в закрытом помещении в связи с соблюдением температурного режима для персонала предприятия. Температурный режим необходимо соблюдать согласно Руководству Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» и СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».  Максимальная и минимальная температура, оговариваемая паспортом для оборудования и/или санитарными нормами для персонала предприятия. Нормативные документы по соблюдению температурного режима для персонала предприятия см. выше. Условия температурного режима для оборудования представлены в технических паспортах.  Рабочая площадка должна быть твердой, относительно ровной, горизонтальной поверхностью.

№ п/п	Значимые характеристики	Описание
6.	Персонал	<p>Численность персонала</p> <p>Численность рабочих, которые выделяют опасные материалы, зависит от объемов поступающих отходов на мусоросортировочную линию.</p> <p>Требуется 1 мастер для организации и контроля технологическим процессом, 1 слесарь-механик для технического обслуживания оборудования при плановых мероприятиях и ремонте конвейерной ленты, 1 человек для санитарного обслуживания (мойка и дезинфекция оборудования, конвейерных лент, накопителей и пр.) согласно графику уборки помещения и дезинфекции оборудования. Как правило, за все техническое обслуживание оборудования мусоросортировочной линии отвечает один человек, аналогично про санитарное обслуживание и про организацию и контроль технологическим процессом. Квалификация и занятость персонала представлена в таблице 8.3.</p>
7.	Рабочая зона	<p>Необходимо учитывать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• размеры оборудования при его размещении на технологической площадке.</li> <li>• если отделение опасных материалов осуществляется на конвейерной ленте, то необходимо учитывать площадку для установки рабочих постов, а также установку контейнеров/накопителей для сбора и накопления отсортированных компонентов или конвейерных лент для транспортировки компонентов к следующему подэтапу технологического процесса.</li> </ul>

Таблица 8.3 – Квалификация и занятость персонала

Функция	Квалификация персонала	Степень занятости
выделение опасных материалов вручную	особая квалификация не требуется	зависит исходя из объемов поступающих отходов
организация и контроль технологическим процессом	мастер	рабочая смена
техническое обслуживание	слесарь-механик	при плановых мероприятиях по техническому обслуживанию и ремонту
санитарное обслуживание (мойка и дезинфекция)	особая квалификация не требуется	согласно графику уборки и дезинфекции

В таблице 8.4 представлена сравнительная характеристика выделения опасных материалов вручную.

Таблица 8.4 – Сравнительная характеристика

Способ выполнения	Достоинства	Недостатки
Вручную	<p>Высокая эффективность сортировки отходов при низкой производительности.</p> <p>Простота конструкции и технического обслуживания.</p>	<p>Низкая производительность.</p> <p>Высокие эксплуатационные затраты.</p> <p>Повышенный риск здоровью и безопасности персонала.</p>

## 9. ОБРАБОТКА ОПАСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Опасные материалы обычно содержат тяжелые металлы, оказывающие токсичный эффект на окружающую природную среду и здоровья человека [36]. С целью предотвращения этого опасные материалы должны подвергаться обезвреживанию. Принципиальная схема обработки опасных материалов представлена на рисунке 9.1.

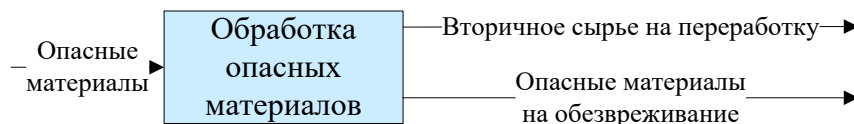


Рисунок 9.1 – Общая схема обработки опасных материалов

Опасные материалы в составе твердых коммунальных отходов можно разделить на 6 основных групп (рисунок 9.2).



Рисунок 9.2 – Классификация опасных материалов

Выделение данных групп обусловлено схожими опасными свойствами и происхождением предметов. Во всех выделенных группах опасных материалов также можно идентифицировать отдельные компоненты, отличающиеся формой, размерами, составом и свойствами.

Сортировка опасных материалов организуется с целью разделения на группы, которые обезвреживаются различными методами или установками. В опасных материалах встречаются предметы, материалы или вещества, которые возможно использовать повторно (например: слив электролита с аккумуляторов).

### **Способ выполнения:**

- ручной (процесс осуществляется вручную).

Для выбора способа сортировки опасных материалов вручную необходимо учитывать значимые характеристики на подэтапе «Сортировка опасных материалов» (таблица 9.1).

Таблица 9.1 – Значимые характеристики при выборе способа реализации подэтапа «Обработка опасных материалов»

№ п/п	Значимые характеристики	Описание
1.	Производительность	Характеризуется количеством отбора опасных материалов на потоки (по массе) (кг, т) в единицу времени (ч, г)
2.	Эффективность	Показывает долю отбора опасных материалов на потоки при заданной производительности.
3.	Условия эксплуатации: • размещение;  • температура;  • покрытие площадки	Способ размещения: • закрытое помещение. Данный подэтап целесообразно размещать в закрытом помещении в связи с соблюдением температурного режима для персонала предприятия. Температурный режим необходимо соблюдать согласно Руководству Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» и СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений». Максимальная и минимальная температура, оговариваемая паспортом для оборудования и/или санитарными нормами для персонала предприятия. Нормативные документы по соблюдению температурного режима для персонала предприятия см. выше. Рабочая площадка должна быть твердой, относительно ровной, горизонтальной поверхностью.
4.	Персонал	Численность персонала Требуется 1 мастер для организации и контроля технологическим процессом, 1 слесарь-механик для технического обслуживания оборудования при плановых мероприятиях и ремонте конвейерной ленты, 1 человек для санитарного обслуживания (мойка и дезинфекция оборудования, конвейерных лент, накопителей и пр.) согласно графику уборки помещения и дезинфекции оборудования. Численность для сортировки опасных материалов по группам зависит от объемов отобранных опасных материалов. Квалификация и занятость персонала представлена в таблице 9.2.
5.	Рабочая зона	Необходимо учитывать: • рабочую площадку для персонала; • специальные контейнеры/накопители для сбора и хранения опасных материалов.

Таблица 9.2 – Квалификация и занятость персонала

Функция	Квалификация персонала	Степень занятости
сортировка опасных материалов вручную	рабочие, обученные сортировать опасные материалы по группам	зависит от объемов отобранных опасных материалов
организация и контроль технологическим процессом	мастер	рабочая смена
техническое обслуживание	слесарь-механик	при плановых мероприятиях по техническому обслуживанию и ремонту
санитарное обслуживание (мойка и дезинфекция)	особая квалификация не требуется	согласно графику уборки и дезинфекции

В таблице 9.3 представлены достоинства и недостатки сортировки опасных материалов вручную.

Таблица 9.3 – Достоинства и недостатки сортировки опасных материалов вручную

Способ выполнения	Достоинства	Недостатки
Вручную	Высокая эффективность сортировки отходов при низкой производительности.	Низкая производительность. Высокие эксплуатационные затраты. Повышенный риск здоровью и безопасности персонала.

## 10. ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Дополнительное оборудование предназначено для осуществления вспомогательных процессов на разных технологических операциях.

### 10.1. Погрузчики

Погрузчики предназначены для подачи и транспортировки отходов на технологическую линию сортировки. Обычно используют одноковшовые фронтальные погрузчики, которые можно классифицировать по грузоподъемности на: малогабаритные (грузоподъемность до 0,5 т); легкие (0,6-2,0 т); средние (2,1-4,0 т).

Классификация погрузчиков представлена на рисунке 10.1. При выборе погрузчика необходимо учитывать значимые характеристики (таблица 10.1).

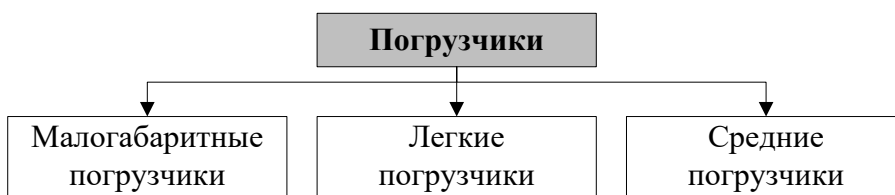


Рисунок 10.1 – Классификация погрузчиков

Таблица 10.1 – Значимые характеристики погрузчиков

№ п/п	Значимые характеристики	Описание
1.	Объем ковша	Характеризует объем загруженных отходов за один цикл.
2.	Мощность	Характеризует полезную работу, производимую двигателем в единицу времени.
3.	Тип двигателя	Следует учитывать следующие факторы: - тип топлива (бензин, дизельное топливо, газ) - при наличии электрического двигателя – зарядка аккумуляторной батареи в течение не менее 10 ч в зависимости от емкости аккумулятора, необходимость наличия специального аккумуляторного помещения для зарядки и хранения аккумуляторов.
4.	Размеры	Необходимо учитывать при выборе размеров рабочей площадки, так как возможны стесненные условия труда.
5.	Высота разгрузки	Существенно зависит от угла поворота коша в момент его полного опорожнения.
6.	Радиус поворота по ковшу	Необходимо учитывать при выборе размеров рабочей площадки
7.	Условия эксплуатации: - скорость передвижения - покрытие площадки	Показывает скорость, с которой можно передвигаться в помещении.  Рабочая площадка должна быть твердой, относительно ровной поверхностью.
8.	Капитальные затраты	Представляют затраты на приобретение оборудования, так как при проектировании предприятия необходимо производить расчет срока окупаемости технологического процесса

Сравнительная характеристика погрузчиков представлена в таблице 10.2.



Таблица 10.2 – Сравнительная характеристика погрузчиков

Погрузчики	Достоинства	Недостатки
Минипогрузчики и легкие погрузчики	Данные погрузчики применяются в стесненных условиях или при небольшой производительности сортировки ТКО.	Требуется дополнительная площадь вокруг оборудования, где применяется погрузчик
Средние погрузчики	Применяются для более высокой производительности сортировки ТКО.	Требуется дополнительная площадь вокруг оборудования, где применяется погрузчик

Технические характеристики погрузчиков представлены в таблице 10.3.

Таблица 10.3 – Технические характеристики погрузчиков

№ п/п	Технические характеристики	Легкие погрузчики (ХГМА)	Средние погрузчики (ХГМА)
1.	Объем ковша, куб. м	0,4	1,7
2.	Мощность, кВт	36,8	92,0
3.	Тип двигателя	ДВС/электродвигатель <sup>1</sup>	ДВС/электродвигатель <sup>1</sup>
4.	Размеры, мм	3420×1740	6970×2245
5.	Высота разгрузки, мм	2230	3060
6.	Радиус поворота по ковшу, мм	2200	5860
7.	Условия эксплуатации: - скорость передвижения, км/ч - рабочая площадка	15 Твердая, относительно ровная, горизонтальная поверхность	15 Твердая, относительно ровная, горизонтальная поверхность

<sup>1</sup> Источником мощности для двигателя внутреннего сгорания (ДВС) являются: бензин, дизтопливо или природный газ, для электрического двигателя: аккумуляторная батарея, которую необходимо заряжать более 10 ч в зависимости от емкости аккумулятора. Капитальные затраты ниже, эксплуатационные затраты выше для ДВС, чем у электрического двигателя.

## 10.2. Конвейеры

Для транспортировки твердых коммунальных отходов используют ленточные конвейеры общего назначения с резиноканной лентой шириной от 300 до 3000 мм, являющейся одновременно тяговым и грузонесущим органом. Классификация конвейерных лент представлена на рисунке 10.2.



Рисунок 10.2 – Классификация конвейеров

Гладкие ленточные конвейеры (рисунок 10.3) предназначены для транспортировки отходов в горизонтальной плоскости. Резиноканная конвейерная лента состоит из тканевых полотен, соединённых между собой тонкими резиновыми прослойками (сквиджами).



Рисунок 10.3 – Конвейер гладкий ленточный

Шевронные конвейеры (рисунок 10.4) предназначены для транспортировки отходов под углом к горизонту, так как конструкция ленты имеет выступающие профили, высота которых может быть разной в зависимости от передвижения определенных компонентов на разных стадиях технологического процесса. Конвейеры с установленными на них шевронными лентами могут транспортировать отходы под углом 20-45° к горизонту.

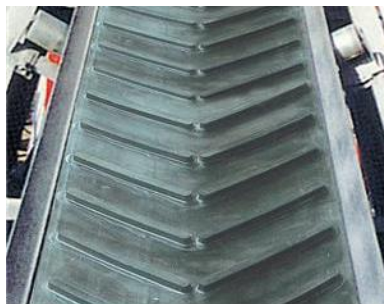


Рисунок 10.4 – Шевронная конвейерная лента

При выборе конвейеров необходимо учитывать значимые характеристики (таблица 10.4).

Сравнительная характеристика конвейерных лент представлена в таблице 10.5. Технические характеристики конвейерных лент представлены в таблице 10.6.

Таблица 10.4 – Значимые характеристики конвейерных лент

№ п/п	Значимые характеристики	Описание
1.	Производительность	Характеризуется количеством прошедших отходов или материалов (по массе) (кг, т) в единицу времени (ч, г)
2.	Мощность	Характеризует полезную работу, производимую двигателем в единицу времени.
3.	Потребление электроэнергии	Определяет количество потребляемой электроэнергии при работе оборудования
4.	Размеры	Необходимо учитывать размеры оборудования при его размещении на технологической площадке.
5.	Условия эксплуатации: <ul style="list-style-type: none"> <li>• скорость движения</li> <li>• температура</li> <li>• угол наклона</li> </ul>	<p>Является важным фактором, так как на разных операциях технологического процесса скорость можно регулировать, например, при высокой скорости движения конвейерной ленты увеличивается производительность, но уменьшается эффективность ручной сортировки, поэтому скорость нужно подбирать оптимальную для каждого подэтапа.</p> <p>Максимальная и минимальная температура, оговоренная паспортом для оборудования.</p> <p>Соблюдение температурного режима для оборудования представлено в техническом паспорте.</p> <p>Следует учитывать для каждого участка, так как некоторые конвейерные ленты устанавливаются под углом для транспортировки отходов от одного подэтапа к другому, поэтому при угле более 20° требуется использовать шевронные ленты.</p>
6.	Дополнительное оборудование	На данном подэтапе используются скребки и щетки для очистки ленты от налипших влажных отходов.
7.	Капитальные затраты	Представляют затраты на приобретение оборудования, так как при проектировании предприятия необходимо производить расчет срока окупаемости технологического процесса

Таблица 10.5 – Сравнительная характеристика конвейерных лент

Конвейерные ленты	Особенности
Гладкий ленточный конвейер	Высокая производительность в горизонтальном положении
Шевронный ленточный конвейер	Высокая производительность в горизонтальном и наклонном положениях. Конвейерные ленты данного типа с разной высотой выступающих выступов, возможно, устанавливать в любых узлах технологического процесса в зависимости от размеров и объемов твердых коммунальных отходов

Таблица 10.6 – Технические характеристики конвейеров

№ п/п	Технические характеристики	Гладкие ленточные конвейеры (ООО «ЭКОМАШГРУПП»)	Шевронные ленточные конвейеры (ООО «ЭКОМАШГРУПП»)
1.	Производительность, т/ч	до 10000	до 10000
2.	Мощность, кВт	до 55	до 55
3.	Тип двигателя	Электрический	Электрический
4.	Размеры, мм	*	*
5.	Условия эксплуатации: - скорость движения, м/сек - температура, °С - угол наклона, град.	до 10 от -15 до +45 до + 20	до 10 от -15 до +45 до + 45
6.	Дополнительное оборудование	Скребок, щетки	Скребок, щетки

\* Параметры конвейера могут меняться по желанию заказчика (ширина ленты от 300 до 3000 мм, длина – от 1450 до 145000 мм).

### 10.3. Контейнеры

Для сбора и хранения компонентов вторичного сырья и/или твердого топлива из отходов и/или «хвостов» используют металлические контейнеры для мультилифта (рисунок 10.5), обычно объем контейнеров должен составлять более 27 м<sup>3</sup>.



Рис. 10.5 – Металлический контейнер 27 м<sup>3</sup> для мультилифта

Сравнительная характеристика контейнера представлена в таблице 10.7.

Таблица 10.7 – Сравнительная характеристика контейнер

Контейнер	Достоинства	Недостатки
Контейнер объемом 27 м <sup>3</sup>	Удобство использования для отходообразователей (есть возможность разместить отходы на площадке в любое время); Большая емкость бункера. Автоматизированная загрузка отходов.	Потребность в значительных площадях. Сложность контроля количества и качества отходов, размещаемых каждым источником (при использовании площадки на несколько источников).

Технические характеристики контейнер представлены в таблице 10.6.

Таблица 10.6 – Технические характеристики контейнер

№ п/п	Технические характеристики	ГК «Бункер»	«МеталлКонструкция»
1.	Размеры (Д×Ш×В), мм	5600×2495×2080- 6500×2530×2380	6000×2400×2400
2.	Объем, м <sup>3</sup>	27	27

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате жизнедеятельности человека образуются твердые коммунальные отходы, которые представляют собой смесь различных материалов (макулатура, пластик, металлы, стекломой, пищевые и растительные отходы, уличный смет, кожа, резина, дерево и т.п.), где также встречаются крупногабаритные отходы (строительные отходы, мебель, упаковка и т.п.). ТКО содержат определенный небольшой процент представляющих большую опасность токсичных отходов (батарейки, люминесцентные лампы, аккумуляторы и пр.). Материалы, содержащиеся в потоке ТКО, обладают определенным ресурсным потенциалом.

Одним из наиболее распространенных методов обработки ТКО является их промышленная сортировка, позволяющая наиболее полно выделить ценные компоненты. Промышленная сортировка осуществляется на мусоросортировочных комплексах.

Промышленную сортировку ТКО можно представить в виде технологической схемы, с использованием системного и структурного анализов можно выделить основные этапы: подготовка ТКО, основная сортировка ТКО, подготовка вторичного сырья к реализации, извлечение остаточного ресурсного потенциала, обработка КГО, обработка мелкой фракции, обработка опасных материалов. Каждый этап процесса сортировки может быть условно поделен (декомпозирован) на более частные операции.

Общим результатом сортировки является образование потоков вторичных материалов, твердого топлива из отходов и компостируемых материалов.

В каталоге технических и технологических решений представлены варианты извлечения компонентов, как с помощью технологического оборудования, так и вручную в зависимости от компонентного и фракционного состава ТКО.

Исходя из целей сортировки (приоритетный ресурс), а также компонентного и фракционного состава ТКО (в том числе содержания КГО, опасных материалов), можно подобрать оптимальные технические решения по сортировке ТКО в зависимости от технических и сравнительных характеристик оборудования. Разработанный каталог технических и технологических решений позволяет:

- построить оптимальную технологическую линию сортировки ТКО с необходимыми входящими и выходящими потоками;
- выбрать способ выполнения любого подэтапа;
- подобрать оборудование для выполнения подэтапа.

Каталог технических и технологических решений может, применяется на существующих предприятиях, осуществляющие деятельность по обработке и сортировке отходов, в том числе муниципальных и твердых коммунальных отходов. Полученные решения могут быть использованы при модернизации и расширении существующих объектов по обращению с отходами, при разработке проектной документации для новых мусоросортировочных комплексов, также при разработке региональных технологических схем обращения с отходами (муниципальными, твердыми коммунальными и другими).

Представленная информация может быть полезна для специалистов в области обращения с твердыми коммунальными отходами (техногенными) отходами, которые организуют и контролируют деятельность по обращению с отходами (администрации населенных пунктов, службы жилищно-коммунального хозяйства и благоустройства территории и т.п.). Технические и технологические решения могут использовать производители оборудования для улучшения технических характеристик выпускаемого оборудования. Каталог технических и технологических решений может использоваться в учебном процессе при обучении студентов соответствующих направлений, в курсах лекций для подготовки специалистов природоохранных служб.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Эконадзор. [Электронный ресурс]. URL: <http://econadzor.com/publications/state-article/15/1058.html> (дата обращения: 11.07.13).
2. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mnr.gov.ru/news/detail.php?ID=130300> (дата обращения: 11.07.13).
3. Исследования состава твердых бытовых отходов и оценка их санитарно-эпидемиологической опасности/ Г.В. Ильиных [и др.]// Гигиена и санитария. – 2013. – № 1. – с. 53-55
4. Биофайл. Научно-информационный журнал. [Электронный ресурс]. URL: <http://biofile.ru/geo/13749.html> (дата обращения: 10.10.15).
5. Абрамкин Н. И., Захарова Р. А., Степанов Р. А. Основные способы утилизации и обезвреживания твердых отходов и перспективы использования геотехнологических методов//Известия ТулГУ. Науки о Земле. – 2010. – № 2. – с. 3-10.
6. Переработка мусора. Инвестиции в будущее. [Электронный ресурс]. URL: <http://ztbo.ru/o-tbo/lit/sanitarnaya-ochistka-i-uborka-mest/osobie-svoystva-tbo> (дата обращения: 11.10.15).
7. Большая библиотека. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.e-ng.ru/ekologiya\\_i\\_oxrana\\_prirody/problemy\\_utilizacii\\_tverdyx\\_bytovyx.html](http://www.e-ng.ru/ekologiya_i_oxrana_prirody/problemy_utilizacii_tverdyx_bytovyx.html) (дата обращения: 11.10.15).
8. Коммунальная экология. Энциклопедический справочник: научное издание/ Мирный А. Н. [и др.]. – М.: Изд-во Прима-Пресс, 2007. – 806 с
9. Ильиных Г. В., Устьянцев Е. А., Вайсман Я. И. Ресурсный потенциал хвостов ручной сортировки твердых бытовых отходов// Урбанистика. – 2012. – № 4. – С. 143-152.
10. Управление отходами. Сбор, транспортирование, прессование, сортировка твердых бытовых отходов: монография/ Вайсман Я.И. [и др.]. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012. – 236 с.
11. Управление отходами. Механобиологическая переработка твердых бытовых отходов. Компостирование и вермикомпостирование органических отходов: монография/ Вайсман Я.И. [и др.]. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012. – 225 с.
12. Управление отходами. Сточные воды и биогаз полигонов захоронения твердых бытовых отходов: монография/ Вайсман Я.И. [и др.]. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012. – 259 с.
13. Отраслевой портал. Вторичное сырье. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.recyclers.ru/modules/section/item.php?itemid=174> (дата обращения: 17.07.13).
14. Вайсман Я. И., Коротаяев В. Н., Абрамов Н.Ф. Техника защиты окружающей среды. Прессование твердых бытовых отходов: учеб. пособие. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-т. Пермь, 2005. – 104 с.
15. Концепция управления твердыми бытовыми отходами/ Шубов Л. Я. [и др.]. – М.: 2000 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.waste.ru> (дата обращения: 10.07.13)
16. Китай-пром. [Электронный ресурс]. URL: <http://chinaexport.ru/catalog/vtorpererabotka/sortirovka-musora/razryvatel-paketov> (дата обращения: 13.07.13).
17. Станко агрегат. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.stanko-agregat.ru/Products/dirid\\_1/tek\\_91/](http://www.stanko-agregat.ru/Products/dirid_1/tek_91/) (дата обращения: 13.07.13).
18. Innovation. Passion. Success. Фракционирование сыпучих материалов. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.spsss.ru/confer/confer\\_archive/reports/doclad12/GKM.pdf](http://www.spsss.ru/confer/confer_archive/reports/doclad12/GKM.pdf) (дата обращения: 21.07.13).

19. ОАО «Завод ТРУД». Грохот дуговой. [Электронный ресурс]. URL: <http://zavodtrud.ru/obogatitelnoe-oborudovanie/groхota/groхot-dugovoj-2/> (дата обращения: 10.05.15).
20. Первоуральский завод горного оборудования. [Электронный ресурс]. URL: [http://pzgo.ucoz.com/index/groхot\\_rolikovaj/0-54](http://pzgo.ucoz.com/index/groхot_rolikovaj/0-54) (дата обращения: 11.05.15).
21. Переработка мусора. Инвестиции в будущее. Грохочение отходов и мусора. [Электронный ресурс]. URL: <http://ztbo.ru/o-tbo/lit/teхnologii-otхodov/groхochenie-otхodov-i-musora-tbo> (дата обращения: 10.05.15).
22. Переработка мусора. Инвестиции в будущее. Дробление отходов и мусора. [Электронный ресурс]. URL: <http://ztbo.ru/o-tbo/lit/teхnologii-otхodov/droblenie-otхodov-i-musora-tbo> (дата обращения: 15.05.15).
23. Shredder. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.shredder.su/component/option,com\\_frontpage/Itemid,1/](http://www.shredder.su/component/option,com_frontpage/Itemid,1/) (дата обращения: 15.05.15).
24. Eggersmann. Дугообразный ленточный сепаратор. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.kompoferm.com/fileadmin/datasheets/ru/EAB\\_Air\\_belt\\_separator\\_RUS\\_lowres.pdf](http://www.kompoferm.com/fileadmin/datasheets/ru/EAB_Air_belt_separator_RUS_lowres.pdf) (дата обращения: 17.05.15).
25. Экология. Отходы. Мусор. Выбросы. Утилизация. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.new-garbage.com/?id=13184> (дата обращения: 16.05.15).
26. Научно-производственное объединение: ЭРГА. [Электронный ресурс]. URL: [http://erga.ru/products/magnetic\\_separators/bsm/](http://erga.ru/products/magnetic_separators/bsm/) (дата обращения: 20.05.15).
27. Ильиных Г. В., Борисов Д. Л., Куликова Ю. В., Коротаев В. Н. Оптико-механическая сортировка отходов: перспективы использования//Твердые бытовые отходы. Научно-практический журнал. – 2013. – №10. – с. 35-39.
28. Галкина О.А., Ильиных Г. В., Вюнш К. Анализ методов оптической сортировки твердых бытовых отходов //Вестник ПНИПУ. Прикладная экология. Урбанистика. – 2014. – № 4. – с. 127-140.
29. LYNDEX. Recycling systems. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.lyndexrecycling.com/products/conveying/diverterflap> (дата обращения: 20.05.15).
30. ООО «Крипт». Крановые и подъемные технологии. [Электронный ресурс]. URL: [http://kript.info/konstrukciya\\_i\\_princip\\_deystviya](http://kript.info/konstrukciya_i_princip_deystviya) (дата обращения: 20.05.15).
31. Портал производителей и продавцов. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.sbyt.ru/082014/view/9> (дата обращения: 20.05.15).
32. Коробко В. И., Бычкова В. А. Твердые бытовые отходы. Экономика. Экология. Предпринимательство: монография. – М.:ЮНИТИ-ДАНА, 2012. – 131 с.
33. Гринин А. С., Новиков В. Н. Промышленные и бытовые отходы. Хранение, утилизация, переработка. -М.: ФАИР-ПРЕСС, 2002. – 336 с.
34. Шубов Л.Я., Ставронский М.Е., Шехирев Д.В. Технологии отходов (Технологические процессы в сервисе): Учебник.-ГОУВПО «МГУС».-М., 2006. – 411 с.
35. Польшгалов С. В., Ильиных Г. В., Коротаев В. Н. Комплексный подход к промышленной сортировке твердых бытовых отходов//Сборник материалов XI Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Экология и научно-технический прогресс. Урбанистика». – 2014. – С. 123-127.
36. Об утверждении критериев отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной: Министерство природных ресурсов РФ приказ от 15 июня 2001 г. N 511 // Собрание законодательства Российской Федерации, 1998, N 26, ст. 3009.

## **ПРИЛОЖЕНИЯ**



## Приложение 1. Характеристики оборудования для отделения крупногабаритных отходов

В таблице П1.1 представлены значимые характеристики стационарных манипуляторов.

Таблица П1.1 – Значимые характеристики стационарных манипуляторов

№ п/п	Технические характеристики	Стационарный манипулятор ОМТ-200МКС (ООО «Велмаш-С»)	Стационарный манипулятор ОМТ-97М-04С (ООО «Велмаш-С»)	Стационарный манипулятор ОМТ-97МС (ООО «Велмаш-С»)	Манипулятор СФ-140ЛТ (ООО «Соломбальский машиностроительный завод»)	Манипулятор СФ-140Л (ООО «Соломбальский машиностроительный завод»)
1.	Размеры (Д×Ш×В), мм	н/д	н/д	н/д	2340×2525	2500×2525
2.	Мощность, кВт	н/д	н/д	н/д	2×26,7	2×26,7
3.	Условия эксплуатации: температура, °С	От -40 до +40	н/д	н/д	н/д	н/д
4.	Диапазон вылета стрелы, м	3-12,5	8,5	3-7,3	5-10	5-9
5.	Грузоподъемность, кг	2625 (при вылете стрелы 7,75)	2072,5 (при вылете стрелы 5,75)	2220 (при вылете стрелы 5,15)	1600 (при вылете стрелы 7,5 м)	2100 (при вылете стрелы 7,0 м)
6.	Масса, т	3,9	2,14	2,0	2,98	3,28
7.	Наличие персонала	1 чел. на 1 ед. оборудования в смену	1 чел. на 1 ед. оборудования в смену	1 чел. на 1 ед. оборудования в смену	1 чел. на 1 ед. оборудования в смену	1 чел. на 1 ед. оборудования в смену
8.	Дополнительное оборудование	Грейфер/ электромагнит	Грейфер/ электромагнит	Грейфер/ электромагнит	Грейфер/ электромагнит	Грейфер/ электромагнит
9.	Дополнительные условия: - место расположения	Кабина манипулятора или пульт управления устанавливается таким образом, чтобы оператору было видно всю рабочую зону (от места загрузки КГО до места выгрузки КГО)	Кабина манипулятора или пульт управления устанавливается таким образом, чтобы оператору было видно всю рабочую зону (от места загрузки КГО до места выгрузки КГО)	Кабина манипулятора или пульт управления устанавливается таким образом, чтобы оператору было видно всю рабочую зону (от места загрузки КГО до места выгрузки КГО)	Кабина манипулятора или пульт управления устанавливается таким образом, чтобы оператору было видно всю рабочую зону (от места загрузки КГО до места выгрузки КГО)	Кабина манипулятора или пульт управления устанавливается таким образом, чтобы оператору было видно всю рабочую зону (от места загрузки КГО до места выгрузки КГО)

К дополнительному оборудованию относится грузозахватный орган (грейфер и электромагнит), которое прикрепляется к рукояти стационарного манипулятора. В таблице П.1.2 приведены значимые характеристики навесного оборудования.

Таблица П1.2 – Значимые характеристики навесного оборудования

№ п/п	Технические характеристики	Пятилепестковый грейфер ГЛ-3 (ООО «Велмаш-С»)	Шестилепестковый грейфер ГЛ-2 (ООО «Велмаш-С»)	Шестилепестковый грейфер ГЛ-1У (ООО «Велмаш-С»)	Электромагнит ЭМГ 120-28/А-У1 (ООО «Димет-М»)	Электромагнит ЭМГ 078-30/А-У1 (ООО «Димет-М»)	Электромагнит ЭМГ 100-32/А-У1 (ООО «Димет-М»)
1.	Размеры (Д×Ш×В), мм	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д
2.	Мощность, кВт	н/д	н/д	н/д	8,8	3,6	5,5
3.	Условия эксплуатации: -температура, °С	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д
4.	Объем, м <sup>3</sup>	0,2	0,2	0,2	-	-	-
5.	Масса, кг	290	356	315	1050	550	850

**Список использованных источников:**

1. Велмаш. Стационарные манипуляторы и грейферы. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.velmash.com/> (дата обращения: 30.05.15).
2. Димет-М. Электромагниты. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.dimetm.ru/> (дата обращения: 29.05.15).
3. ООО «Соломбальский машиностроительный завод» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.smz.ru/default.aspx> (дата обращения: 30.05.15).

## Приложение 2. Характеристики разрывателей

В таблице П2.1 представлены значимые характеристики разрывателей.

Таблица П2.1 – Значимые характеристики разрывателей

№ п/п	Значимые характеристики	Разрыватель, оснащенный барабанными и стационарными ножами			Разрыватель, оснащенный качающимися ножами			Разрыватель, оснащенный билами
		Bag Opener SyStem (BOS2500 / 4000)	OC250/75	Matthiessen – SR_DA	BAGSTOR HT Bag Opening System	BAGSTOR HT1 Bag Opening System	DKZ-B 50/M3	Trituratori-aprisacchi bag openers
1.	Производительность, т/ч	25/40	н/д	до 50	до 47 <sup>1</sup>	до 42 <sup>1</sup>	н/д	10-60 <sup>1</sup>
2.	Размеры (Д×Ш×В), мм	3972×1999×2781	4635×1500×1855	н/д	7990×2800×3510 <sup>1</sup> 13010×3200×3510 <sup>1</sup>	4300×2800×3900	9510×3680×4270	1100×1500 1650×1780
3.	Мощность, кВт	н/д	75	23,5	7,4	5,5	9,9	37-230 <sup>1</sup>
4.	Условия эксплуатации: -температура, °С	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д
5.	Масса, т	н/д	6,8	н/д	6,6-11,0 <sup>1</sup>	4,0	9,3	5,2-16,0
6.	Эффективность, %	95	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д

<sup>1</sup> в зависимости от модели

### Список использованных источников:

1. Липецкий опытно-экспериментальный завод «Гидромаш». Перфоратор. [Электронный ресурс]. URL: <http://gidromash48.ru/dlya-akczionerov/oborudovanie/duplicate-of-razravnivatel-i-razryvatel-paketov-s-tbo.html> (дата обращения: 12.06.15).
2. НЕТМУС. Разрыватель пакетов. [Электронный ресурс]. URL: <http://netmus.ru/catalog-oborudovaniya/razryvateli-paketov/> (дата обращения: 13.06.15).
3. ABONO. Разрыватель пакетов. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.abono.ru/product/razryvatel-paketov-abono/> (дата обращения: 12.06.15).
4. МАТТИЕССЕН Разрыватель мусорных пакетов. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.bagsplitter.com/pdf/sackaufreisser-ru.pdf> (дата обращения: 11.06.15).
5. BAGSTOR HT1. Bag Opening System. [Электронный ресурс]. URL: [http://hartner-maschinenbau.de/?wpfb\\_dl=27](http://hartner-maschinenbau.de/?wpfb_dl=27) (дата обращения: 12.06.15).
6. Bag opener. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.boarecycling.com/fileadmin/boa/pdf/Brochures\\_UK/bag-opener\\_UK.pdf](http://www.boarecycling.com/fileadmin/boa/pdf/Brochures_UK/bag-opener_UK.pdf) (дата обращения: 11.06.15).

### Приложение 3. Характеристики оборудования для фракционирования

В таблице ПЗ.1 представлены значимые характеристики грохотов.

Таблица ПЗ.1 – Значимые характеристики

№ п/п	Значимые характеристики	Дуговой (статичный) грохот	Роликовый грохот		Барабанный грохот			Инерционный (вибрационный) грохот		
		ОАО Завод «Труд», ГД – 1-2 <sup>1</sup>	SANDVIK, RS 1500 roll sizer	ОАО «Первоуральский завод горного оборудования»	ОАО «Станкоагрегат», МСК3006 <sup>1</sup>	DOPPSTAD T SM 1025	DOPPSTAD T SM 414	ЗАО НПК «Механобтехника», ГИС 61-М	FFA Fiebig Fördertechnik und Anlagenbau GmbH тип KR-1800×7000×2	ООО «Уральский Завод котельного оборудования», ГВЛ-1250
1.	Производительность, т/ч	Не более 40	До 300	100-110	н/д	н/д	н/д	20-22	250	75
2.	Размеры (Д×Ш×В), мм	2280×1300×2560	16500×2700×3400	5220×2900×2550	6800×3090×3200	12300×3000×3260	10470×2190×3820	4350×3430×3140	7000×1800	3120×2310×1970
3.	Мощность, кВт	1,8 <sup>2</sup>	260	11	30	4×11	30	Не более 15	22	4
4.	Размер ячейки сита, мм	10	< 300	1 участок – менее 10 2 участок – 10-16	60-150	н/д	8-100	60-150	32-80	до 70
5.	Масса, т	1,45	н/д	4,37	11,44	21,0	10,5	3,8-4,0	9,6	2,0
6.	Угол наклона, град	-	н/д	15	н/д	н/д	н/д	250-300	н/д	15
7.	Эффективность, %	н/д	н/д	н/д	70-80	н/д	н/д	Не менее 80	н/д	н/д
8.	Дополнительное оборудование	см <sup>2</sup>	н/д	н/д	н/д	см <sup>1</sup>	н/д	н/д	н/д	н/д
9.	Динамические нагрузки на фундамент:									
	- вертикальная составляющая, кг;	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	328	н/д	н/д
- горизонтальная составляющая, кг	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	91	н/д	н/д

<sup>1</sup> опора машины, рабочая платформа, нижний транспортер, мешковскрыватель, сетчатый барабан, специальная краска, пульт управления с преобразователем частоты, распределительная коробка с рабочими элементами

<sup>2</sup> вибратор

### **Список использованных источников:**

1. ОАО «Завод ТРУД». Грохот дуговой. [Электронный ресурс]. URL: <http://zavodtrud.ru/obogatitelnoe-oborudovanie/groxota/groxot-dugovoj-2/> (дата обращения: 10.05.15).
2. Первоуральский завод горного оборудования. [Электронный ресурс]. URL: [http://pzgo.ucoz.com/index/grokhhot\\_rolikovaj/0-54](http://pzgo.ucoz.com/index/grokhhot_rolikovaj/0-54) (дата обращения: 11.05.15).
3. ОАО «СтанкоАгрегат». Сепаратор барабанный. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.stanko-agregat.ru/msk/separatory/separator\\_barabannyj](http://www.stanko-agregat.ru/msk/separatory/separator_barabannyj) (дата обращения: 11.05.15).
4. TEREX. FINLAY. Грохот барабанный. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rm-machines.ru/models/sm414> (дата обращения: 11.05.15).
5. Уральский завод котельного оборудования. Грохот вибрационный. [Электронный ресурс]. URL: [http://ural-zko.ru/katalog\\_produktsii/drobilnosortirovochnoe\\_oborudovanie/grohot/grohot\\_vibratsionnyiy\\_legkiy?yclid=5918701251623499834](http://ural-zko.ru/katalog_produktsii/drobilnosortirovochnoe_oborudovanie/grohot/grohot_vibratsionnyiy_legkiy?yclid=5918701251623499834) (дата обращения: 12.05.15).
6. НПК. МеханобрТехника. Грохот инерционный. [Электронный ресурс]. URL: [http://mtspb.com/grohoti\\_s\\_krugovimi\\_kolebaniyami/grohotinertsionniytipagis61mdlyasortirovkitbo.html](http://mtspb.com/grohoti_s_krugovimi_kolebaniyami/grohotinertsionniytipagis61mdlyasortirovkitbo.html) (дата обращения: 12.05.15).
7. АКМТ. Коминвест. Стационарные барабанные грохоты. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.cominvest-akmt.ru/catalog/waste/waste-recycling/drum\\_screens/stat\\_drum](http://www.cominvest-akmt.ru/catalog/waste/waste-recycling/drum_screens/stat_drum) (дата обращения: 11.05.15).

## Приложение 4. Характеристики оборудования для дробления

В таблице П4.1 представлены значимые характеристики дробилок и шредеров.

Таблица П4.1 – Значимые характеристики

№ п/п	Значимые характеристики	Молотковая дробилка			Роторная дробилка			Одновальный шредер			Двухвальный шредер		
		ОАО «Дробмаш», ДРО-577	НЖМА С, серия РС	НЖМА С, серия РСН	Nordberg, В-6100	ZENT, серия PFW	ООО «Азбука полимеров», серия AMD	ISVE, MR IT 48-200	Ассоциация предприятий БМП, серия PPM	3E Group, серия WT 48	Ассоциация предприятий БМП, серия PPM	VB-450 HAMMEL	3E Group, серия GL61
1.	Производительность, т/ч	100	8-900	5-200	70 <sup>1</sup> м <sup>3</sup> /ч	90-350	н/д	4-7	0,1-1,3	н/д	1,5	8-12	н/д
2.	Размеры (Д×Ш×В), мм	1830×1830×1490	н/д	н/д	2900×1600×3617	2550×2310×2100-3120×2650×2660	400×600×1500-650×1400×1500	3610×4250×2640	н/д	3155×2870×2105-3280×3980×2720	н/д	8000×1900×3700	5800×2390×3330-6500×2500×4180
3.	Мощность, кВт	110 <sup>2</sup>	5,5-400	11-240	110	н/д	4-11	117,5	7,5-55	95-185,5	22-50	110	110-150
4.	Масса, т	5,70	0,8-19,30	0,8-13,6	6,16	н/д	0,16-0,28	12,0	н/д	8,0-12,0	н/д	8,0	22,0-26,0
5.	Капитальные затраты, тыс. евро.	35 <sup>3</sup>	н/д	н/д	40 <sup>3</sup>	н/д	122130-144470 руб.	60 <sup>3</sup>	590-980 тыс. руб.	н/д	730-890 тыс. руб.	150 <sup>3</sup>	н/д
6.	Размер измельченного материала, мм	н/д	30	10-19	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	15-100	30-150	120-200	н/д
7.	Условия эксплуатации: температура, °С	В рамках климатического исполнения УХЛ	н/д	н/д	В рамках климатического исполнения УХЛ	н/д	н/д	В рамках климатического исполнения УХЛ	н/д	н/д	н/д	В рамках климатического исполнения УХЛ	н/д

<sup>1</sup> Производительность взята для ТКО, зависит от модели и вида измельчаемого материала

<sup>2</sup> Мощность зависит от выбранного вибратора

<sup>3</sup> Капитальные затраты представлены условно без учета колебаний курса валют.

<sup>4</sup> Конвейерная лента используется для подачи входящего материала и выведения продуктов дробления из оборудования на следующий узел сортировки ТКО.

### Список использованных источников:

1. НЖМАС. Китайский ведущий производитель. Молотковая дробилка. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.hongjigroup.ru/product/hammercrusher.html> (дата обращения: 25.05.15).

2. ZENITH. Роторная дробилка. [Электронный ресурс]. URL: <http://zenith-crusher.ru/products/crushing/hydraulic-impact-crusher.html> (дата обращения: 25.05.15).
3. Азбука полимеров. Оборудование для переработки отходов. Дробилка роторная. [Электронный ресурс]. URL: <http://kupi-stanok.ru/company/39--drobilka-rotornaja> (дата обращения: 26.05.15).
4. АнтексСистем. Одновальный шредер. [Электронный ресурс]. URL: [http://ant-recycle.ru/magazin?mode=product&product\\_id=376672603](http://ant-recycle.ru/magazin?mode=product&product_id=376672603) (дата обращения: 26.05.15).
5. Спецтехника. Измельчитель отходов. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.cdminfo.ru/1.-tehnika-dlya-uborki-ulits/1.40.-izmelchiteli-othodov-i-musora-/hammel-vb-450-d.html> (дата обращения: 27.05.15).
6. Ассоциация предприятий БМП. Шредер. [Электронный ресурс]. URL: <http://bmpa.ru/shreder-dlya-dereva?yclid=5919689656931047846> (дата обращения: 27.05.15).
7. 3 E Group. Двухвальный шредер. [Электронный ресурс]. URL: <http://3e-machinery.ru/product/view/12> (дата обращения: 27.05.15).

## Приложение 5. Характеристики оборудования для механической сортировки

В таблице П5.1 представлены технические характеристики сепараторов

Таблица П5.1 – Значимые характеристики

№ п/п	Значимые характеристики	Воздушный сепаратор			Баллистический сепаратор		
		BRT, AIR-O-MAT <sup>1</sup>	Doppstadt, WS 720 «Taifun»	Tianjin Innovator Environmental Engineering Co., Ltd	BRT, SORT-O-MAT 1-25 <sup>1</sup>	MasterPress/, 40 <sup>1</sup>	Stadler, STT 1500
1.	Производительность, м <sup>3</sup> /ч (т/ч)	125-200	20-40	3200-4600	60	40	10
2.	Размеры (Д×Ш×В), мм	9200×1800×5700	8120×4420×2880	3000×3480×4080	н/д	7600×2700×3000	5500×2500×2300
3.	Мощность, кВт	29-43	32	2,2	24	13	4
4.	Масса, т	н/д	7,58	н/д	н/д	5,00	4,00
5.	Размер сит, мм	-	-	-	н/д	н/д	50

<sup>1</sup> технические характеристики отличаются от модели.

<sup>2</sup> ширина выбирается индивидуально, в таблице представлена минимальная и максимальная ширина.

### Список использованных источников:

1. BRT. Воздушный сепаратор. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.brt.info/ru/produkcija/air-o-mat-air-belt-separator.html> (дата обращения: 02.06.15).
2. ТБО. Научно-практический журнал. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.solidwaste.ru/sorting/catalog/tech2/30.html> (дата обращения: 02.06.15).
3. Made-in-China. Воздушный сепаратор. [Электронный ресурс]. URL: [http://ru.made-in-china.com/co\\_innorecycling/product\\_Air-Separater\\_hhonogehy.html](http://ru.made-in-china.com/co_innorecycling/product_Air-Separater_hhonogehy.html) (дата обращения: 03.06.15).
4. Masterpress. Баллистический сепаратор. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.maspres.ru/Product/Detail/90> (дата обращения: 03.05.15).
5. Avenue. Экологическая компания. [Электронный ресурс]. URL: <http://avenueco.ru/oborudovanie/ballisticheskie-separatory/> (дата обращения: 03.05.15).
6. RATE. Баллистический сепаратор. [Электронный ресурс]. URL: <http://r-ate.ru/tehnika/ballisticheskij-separator-stt.html> (дата обращения: 04.05.15).



## Приложение 6. Характеристики оборудования для выделения металлов

В таблице Пб.1 представлены технические характеристики сепараторов

Таблица Пб.1 – Значимые характеристики

№ п/п	Значимые характеристики	Вихревой сепаратор			Магнитный сепаратор		
		Gauss Magnetі, ECS 5001	НПО «Продэкология», серия ВС	НПО «Эрга», модель СМВТ-ВП	НПО «Эрга», модель БСМ	ООО, ПТК «Мегалион», СМ-00.00.00Э	ООО «Промышленные магниты», серия ПМА
1.	Производительность, м <sup>3</sup> /ч (т/ч)	н/д	(1-30)	(3-10)	3-150	н/д	н/д
2.	Размеры (Д×Ш×В), мм	1250×3350	2200×1420×1000-2200×2915×1000 <sup>2</sup>	3010×1350×980-3010×2550×980 <sup>2</sup>	434×600×300-3216×1000×1000	2015×1705×470	1140×1560×405-1320×2820×610
3.	Мощность, кВт	8	3,3-14	3-8,5	0,18-7,5	2,2	1,1
4.	Масса, т	н/д	0,8-3,0	0,4-1,6	0,035-1,75	1,55	н/д
5.	Размер сит, мм	-	-	-	-	-	-
6.	Условия эксплуатации: -температура, °С	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	100 (макс.)

<sup>1</sup> технические характеристики отличаются от модели.

<sup>2</sup> ширина выбирается индивидуально, в таблице представлена минимальная и максимальная ширина.

### Список использованных источников:

1. Научно-производственная фирма. Продэкология. Вихретоковый сепаратор [Электронный ресурс]. URL: [http://www.prodecolog.com.ua/ru/production/magnetic\\_separators/eddy\\_current/vs/](http://www.prodecolog.com.ua/ru/production/magnetic_separators/eddy_current/vs/) (дата обращения: 08.05.15).
2. НПО. Эрга. Сепараторы цветных металлов. [Электронный ресурс]. URL: [http://erga.ru/products/magnetic\\_separators/smbt/](http://erga.ru/products/magnetic_separators/smbt/) (дата обращения: 08.05.15).
3. НПО. Эрга. Магнитные барабаны. [Электронный ресурс]. URL: [http://erga.ru/products/magnetic\\_separators/bsm/](http://erga.ru/products/magnetic_separators/bsm/) (дата обращения: 09.05.15).
4. Промышленные магниты. Магнитные сепараторы. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.magnetpro.ru/#block-new7> (дата обращения: 09.05.15).
5. Greenologia.ru [Электронный ресурс]. URL: <http://greenologia.ru/othody/metally/magnitnye-separatory.html> (дата обращения: 10.05.15).
6. Группа компаний «Мегалион». Сепараторы отделения металлов. [Электронный ресурс]. URL: <http://мегалион69.pf/separatoryi-otdeleniya-metallov.html> (дата обращения: 10.05.15).

## Приложение 7. Классификация макулатуры

Вся макулатура, в зависимости от композиционного состава, цвета, степени загрязнения и респуска, подразделяется на марки, представленные в Международном стандарте (ГОСТ 10700–97) [14]. ГОСТ предусматривает три группы качества:

- группа А – высокого качества;
- группа Б – среднего качества;
- группа В – низкого качества;

и 13 марок макулатуры, представленные в таблице П7.1.

Таблица П7.1 – Классификация макулатуры

Группа	Марка	Описание марки
А	МС-1А	Отходы производства белой бумаги (кроме газетной)
	МС-2А	Отходы производства белой бумаги (кроме газетной) в виде обрезков с линовкой и чёрно-белой или цветной полосой.
	МС-3А	Отходы производства белой бумаги из сульфатной небелёной целлюлозы.
	МС-4А	Использованные мешки бумажные невлагопрочные (без битумной пропитки, прослойки и армированных слоев)
Б	МС-5Б	Отходы производства и потребления гофрированного картона и бумаги
	МС-6Б	Отходы производства и потребления белого картона в виде обрезков с чёрно-белой полосой или цветной печатью.
	МС-7Б	Использованные книги, бумаги, брошюры, проспекты, каталоги, блокноты, тетради, записные книжки и др. виды продукции полиграфической промышленности и бумажных товаров с однокрасочной и цветной печатью без преплётов и корешков, изданные на белой бумаге.
В	МС-8В	Отходы производства и потребления газет и газетной бумаги.
	МС-9В	Бумажные гильзы, шпули, втулки.
	МС-10В	Литые изделия из бумажной массы.
	МС-11В	Отходы производства и потребления бумаги и картона с пропиткой и покрытием: влагопрочные, битумированные, ламинированные.
	МС-12В	Отходы производства и потребления бумаги и картона чёрного и коричневого цветов.
	МС-13В	Отходы производства и потребления различных видов картона, белой и цветной (кроме чёрного и коричневого цветов), обложечной, светочувствительной, афишной, обойной и др.

По согласованию с потребителем допускается в составе макулатуры марки МС-4 А наличие бумажных мешков из- под каолина, цемента, асбеста, соды, гипса, минеральных удобрений и других химических нетоксичных продуктов без остатка затариваемых веществ.

По согласованию с потребителем допускается в макулатуре марок МС-5 Б, МС-6 Б наличие этикеток, торговых ярлыков и трудноотделяемой бумажной клеевой ленты (кроме полиэтиленовой ленты).

Массовая доля примесей макулатуры других марок должна быть не более:

- для марки МС-2А - 5% марки МС-7Б;
- МС-7Б - 5% марок МС-8В, МС-13В;
- МС-4А - 10% марки МС-5Б.

Допускаются по согласованию с потребителем примеси макулатуры более высоких марок с массовой долей не более 10%.

Макулатура, кроме марки МС-11В, не должна содержать фибру, мешки из-под сажи, проклеенные термопластическим клеем корешки книг, влагопрочные отходы бумаги и картона, не пригодные для потребления как волокнистый материал, покрытые

полиэтиленом и другими полимерными пленками, лаками, смолами, тканью, фольгой, парафинированные, битумированные, промасленные, гуммированные, металлизированные, пропитанные химическими веществами, с сургучом, наждачные, прелые и горелые.

Массовая доля загрязнений макулатуры не должна быть более:

- 0,5% - для макулатуры группы А;
- 1,0% - группы Б;
- 1,5% - группы В.

Влажность макулатуры всех групп должна быть не более 15,0%.

## Приложение 8. Классификация вторичного полимерного сырья

Вторичное полимерное сырьё – это отходы пластмасс, состоящие из высокомолекулярных, длиноцепных полимеров. В настоящее время насчитывается около 150 видов пластика, 30 из них это смеси различных полимеров. Для достижения определенных свойств, лучшей переработки в полимеры вводят различные химические добавки, которых уже более 20. Одним из быстроразвивающихся направлений использования пластмасс является упаковка. В таблице П8.1 приведены наиболее распространенные виды полимерного сырья применяемое в производстве продукции, после окончания эксплуатации которой, она становится вторичным сырьём соответствующего полимера.

Таблица 8.1 – Классификация вторичного полимерного сырья

Полное наименование	Краткое наименование	Международное наименование	Характеристика
Полиэтилен-терефталат	ПЭТ (ПЭТФ)	PET (PETE)	Обычно используется для производства тары для минеральной воды, безалкогольных напитков и фруктовых соков, упаковки, блистеров, обивки. Такие пластики являются потенциально опасными для пищевого использования
Полиэтилен высокой плотности	ПНД - низкого давления	LDPE(PEBD)	Производство брезентов, мусорных мешков, пакетов, пленки и гибких ёмкостей. Считается безопасным для пищевого использования.
Полиэтилен низкой плотности	ПВД - высокого давления	PEHD(HDPE)	Производство бутылок, фляг, полужёсткой упаковки. Считается безопасными для пищевого использования.
Поливинилхлорид	ПВХ	PVC	Используется для производства труб, трубок, садовой мебели, напольных покрытий, оконных профилей, жалюзи, тары для моющих средств и клеёнки. Материал является потенциально опасным для пищевого использования, поскольку может содержать диоксины, бисфенол А, ртуть, кадмий.
Полипропилен	ПП	PP	Используется в автомобильной промышленности (оборудование, бамперы), при изготовлении игрушек, а также в пищевой промышленности, в основном при изготовлении упаковок. Считается безопасным для пищевого использования.
Полистирол	ПС	PS	Используется при изготовлении плит теплоизоляции зданий, пищевых упаковок, столовых приборов и чашек, коробок CD и прочих упаковок (пищевой плёнки и пеноматериалов), игрушек, посуды, ручек и так далее. Материал является потенциально опасным, особенно в случае горения, поскольку содержит стирол.
Прочие	Прочие	OTHER(O)	К этой группе относится любой другой пластик, который не может быть включен в предыдущие группы. В основном это поликарбонат. Поликарбонат не является токсичным для окружающей среды, но может содержать опасный для человека бисфенол. Используется для изготовления твёрдых прозрачных изделий, как например детские рожки.

Вторичное полимерное сырьё может быть любой формы и размеров.

Все промышленные отходы полимерного сырья должны быть рассортированы по цвету на три группы:

- тёмные цвета (чёрный, коричневый, тёмно-коричневый);

- сине-зелёные цвета (синий, зелёный, голубой, серый, фиолетовый);
- прочие цвета (красный, оранжевый, жёлтый, кремовый, белый).

В полимерном сырье не допускаются полимерная пыль и посторонние примеси (макулатура, тряпьё, дерево, резина и др.), а также сырьё, загрязненное цементом, алебастром, клеем, битумом, лаками и другими нерастворимыми в воде веществами. Не допускается полимерное сырьё, дублированное с другими видами полимеров.

Заготовительные организации принимают вторичное полимерное сырьё от предприятий и организаций – в упакованном виде, от населения и заготовителей – как в упакованном, так и неупакованном виде [20].

Из вторичного полимерного сырья возможно производство промежуточного вторсырья в виде гранул, дробленки, агломератов и хлопьев (таблица П8.2), получаемые виды сырья обладают однородной и чистой структурой и пригодны для последующего производства широкого спектра полимерных изделий.

Таблица П8.2 – Вид вторсырья из вторичного полимерного сырья

Вид получаемого полимерного вторсырья	Вид используемых полимеров	Основное используемое оборудование	Технические характеристики
Гранулированное полимерное сырье	ПЭТ, ПВХ, ПЭ пленка, ПП, ПВД, ПНД, стрейч пленка, ПС и др.	Гранулятор	Фракция 3 – 5 мм
Дробленное полимерное сырье	ПВД, ПНД, ПП, ПС, АБС пластик, ПЭТ, ПВХ, ПЭ и др.	Дробилки, шредеры, измельчители	Фракция 3 – 10 мм
Агломерат полимерного сырья	ПВД, ПНД, ПП и др.	Агломератор	Фракция 5 – 20 мм
Хлопья полимерного сырья (флекс, флейки)	ПЭТ	Дробилки, шредеры	Фракция 1 – 25 мм

## Приложение 9. Классификация стеклобоя

При обращении со стеклобоем применяемым нормативным документом является ГОСТ Р 52233 – 2004 [16], в соответствии с которым стеклобой подразделяют на 2-а сорта 1-ый и 2-ой, также стеклобой подразделяют на следующие марки: БС – бесцветный, ПСТ – полубелый тарный, ПСЛ – полубелый листовой, ЗС – зеленый, КС – коричневый. Классификация стеклобоя приведена в таблице П9.1.

Таблица П9.1 – Классификация стеклобоя

Предъявляемые требования	Стеклобой 1-го сорта	Стеклобой 2-го сорта
Размеры кусков стеклобоя	Размеры кусков от 10 до 50 мм. Допускается содержание в партии кусков размером более 50 мм не более 5 %, размером менее 10 мм – не более 1%.	Размер кусков стеклобоя 2-го сорта не нормируют, масса кусков – не более 2 кг.
Наличие примесей: триплекс, стекло, армированное металлической сеткой; металлические предметы и пробки, тугоплавкие стекла, зеркала, керамика, фарфор, шлак, уголь, кирпич, камень, щебень, бетон, асфальт.	Не допускается	Не более 2 %
Наличие примесей: Корковые пробки, бумага и другие органические примеси	Не более 0,5 %	Не более 10 %
Наличие примесей: песок, глина	Не более 0,2 %	Не более 5 %
Присутствие марок ЗС и КС в марках БС, ПСТ и ПСЛ	Не более 0,5 %	Не более 4 %
Присутствие марок БС, ПСТ и ПСЛ в марках ЗС и КС	Не более 10 %	Не более 20 %
Присутствие марки КС в марке ЗС и марки ЗС в марке КС	Не более 7 %	Не более 15 %

## Приложение 10. Классификация металлолома

В соответствии с ГОСТ 2787-75 [13] вторичные черные металлы, предназначенные для использования в качестве металлической шихты в металлургических печах при выплавке стали и чугуна, при изготовлении стальных и чугунных отливок и производства ферросплавов, а также для переработки с целью последующего использования их в металлургических печах подвергаются классификации представленной в таблице П10.1. Марки металлолома 4НН и 3Н описаны в соответствии с ТУ 14-10-14-90 [19].

Вторичные черные металлы подразделяются:

- по содержанию углерода на два класса: стальные лом и отходы и чугунные лом и отходы;
- по наличию легирующих элементов на две категории: А - углеродистые, Б - легированные;
- по показателям качества - на 28 видов;
- по содержанию легирующих элементов - на 67 групп.

В стальном ломе и отходах соответствующих маркам 1-5 (А, Б) не допускается наличие лома и отходов цветных металлов. Легированные лом и отходы не должны смешиваться с углеродистыми и должны быть только одной группы или марки. Металл не должен быть горелым, разъеденным кислотами и проржавленным (налет ржавчины допускается).

В марке лома 11-13 (А, Б) не допускается наличие лома и отходов цветных металлов. Углеродистая сталь не должна смешиваться с легированной, а легированная должна быть только одной группы или марки.

Не допускается наличие лома и отходов цветных металлов в марке металлолома 17-22 (А, Б). Углеродистые лом и отходы не должны смешиваться с легированными. Металл не должен быть горелым, разъеденным кислотами и проржавленным (налет ржавчины допускается).

Таблица П10.1 – Классификация металлолома

Состав	Степень чистоты	Габариты и масса
<b>Стальные лом и отходы марки 1А</b>		
Кусковые лом и отходы, удобные для загрузки плавильных агрегатов. Не допускается проволока, и изделия из проволоки.	Засоренность безвредными примесями не должна превышать 2% по массе.	Размеры куска должны быть не более 300х200х150 мм. Толщина металла должна быть не менее 6 мм. Масса куска должна быть не менее 0.5 кг, но не более 40 кг.
<b>Стальные лом и отходы марки 2А, 2Б</b>		
Кусковые лом и отходы, а также шихтовые слитки, удобные для загрузки плавильных агрегатов. Не допускаются проволока и изделия из проволоки.	Засоренность безвредными примесями не должна превышать 1 % по массе.	Размеры куска должны быть не более 600х350х250 мм. Толщина металла должна быть не менее 8 мм.
<b>Стальные лом и отходы марки 3А, 3Б</b>		
Кусковые лом и отходы и стальной scrap, удобные для загрузки плавильных агрегатов. Не допускаются проволока и изделия из проволоки.	Засоренность безвредными примесями не должна превышать 1,5% по массе.	Размеры куска должны быть не более 800х500х500 мм. Толщина металла должна быть не менее 6 мм. Масса куска – не менее 1 кг.

<b>Состав</b>	<b>Степень чистоты</b>	<b>Габариты и масса</b>
<b>Стальные лом и отходы марки 4А, 4Б</b>		
Мелкие кусковые отходы метизного и других производств, лом изделий метизного производства (костыли, болты, гайки и др.), удобные для загрузки плавильных агрегатов. Не допускаются проволока и изделия из проволоки.	Засоренность без вредными примесями не должна превышать 0,5% по массе.	Размеры куска должны быть не более 200x150x100 мм. Толщина металла должна быть не менее 6 мм. Масса куска должна быть не менее 0,025 кг, но не более 20 кг.
<b>Негабаритные стальные лом и отходы 5А, 5Б</b>		
Кусковые лом и отходы и стальной scrap. Не допускаются проволока и изделия из проволоки.	Засоренность неметаллическими примесями не должна превышать 3% по массе.	Толщина металла должна быть не менее 6 мм.
<b>Брикеты №1 и №2 из стальной стружки – марки 6А, 6Б, 7А, 7Б</b>		
Брикеты из стальной стружки.	Брикеты должны быть спрессованы из стальной стружки, не смешанной с чугуновой стружкой и стружкой из цветных металлов.	Габариты не регламентируются. Масса брикетов должна быть не менее 2 кг и не более 50 кг при плотности не менее 5000 кг/м <sup>3</sup> .
<b>Пакеты №1, №2, №3 – марки 8А, 8Б, 9А, 10А</b>		
Пакеты из чистых легковесных стальных отходов (разной плотности)	Пакеты должны быть спрессованы из чистых листовых, полосовых и сортовых металлоотходов и отходов трубного производства, не содержащих лома и отходов цветных металлов. Углеродистая стружка не допускается.	Размеры пакетов не должны превышать 2000x1050x750 мм. Масса пакетов должна быть не менее 40 кг при плотности соответствующей марки и класса пакета
<b>Лом для пакетирования №1 – марки 11А, 11Б</b>		
Чистые стальные листовые, полосовые, сортовые отходы и отходы трубного производства.	Засоренность безвредными примесями не должна превышать 1% по массе.	Толщина металла должна быть менее 6 мм. Максимальные линейные размеры не должны превышать 3500x2500x1000 мм.
<b>Лом для пакетирования №2 – марка 12А</b>		
Стальные, листовые, полосовые и сортовые отходы, кровля, легковесный промышленный и бытовой лом, проволока и изделия из нее, металлоконструкции, трубы. Стальные канаты не допускаются.	Засоренность безвредными примесями не должна превышать 2% по массе.	Толщина металла должна быть менее 6 мм. Максимальные линейные размеры не должны превышать 3500x2500x1000 мм.
<b>Стальные канаты и проволока – марка 13А, 13Б</b>		
Стальные канаты и проволока, скатанные в мотки, перевязанные стальной проволокой не менее чем в пяти местах по окружности мотка. Стальные канаты, порезанные на габаритные куски.	Засоренность неметаллическими примесями не должна превышать 6% по массе.	Диаметр мотка должен быть не более 1000 мм, а длина - не более 500 мм. Масса мотка должна быть не менее 20 кг. Куски канатов диаметром не менее 20 мм и длиной не более 800 мм.
<b>Стальная стружка №1 – марка – марка 14А, 14Б</b>		
Сыпучая мелкая стальная стружка, а также высечка. Не допускаются кусковые отходы и лом.	Углеродистая стальная стружка не должна быть смешана с чугуновой стружкой и стружкой из цветных и легированных металлов. Стружка не должна быть горелой и проржавленной (налет ржавчины допускается), Содержание неметаллических примесей (в том числе масла) не должно превышать 3% по массе.	Длина витка стружки и высечки должна быть не более 50 мм. Допускаются витки длиной до 100 мм в количестве не более 3% по массе. Масса высечки должна быть не более 0,025 кг.



Состав	Степень чистоты	Габариты и масса
<b>Стальная стружка №2 – марка 15А, 15Б</b>		
Сыпучая мелкая стальная стружка без клубков вьюнообразной стружки, а также высечка. Не допускаются кусковые отходы и лом.	Стальная стружка не должна быть смешана с чугунной стружкой и стружкой из цветных металлов. Углеродистая стружка не должна быть смешана с легированной. Суммарное содержание безвредных примесей и масла не должно превышать 3% по массе.	Длина витка стружки и высечки должна быть не более 100 мм. Допускаются витки длиной до 200 мм в количестве не более 3% по массе. Масса высечки должна быть не более 0,05 кг.
<b>Вьюнообразная стальная стружка (для переработки) – марка 16А, 16Б</b>		
Вьюнообразная стальная стружка. Не допускаются кусковые отходы и лом.	Стальная стружка не должна быть смешана с чугунной стружкой и стружкой из цветных металлов. Углеродистая стружка не должна быть смешана с легированной. Суммарное содержание безвредных примесей и масла не должно превышать 3% по массе.	Не регламентируются.
<b>Чугунные лом и отходы №1 – марка 17А, 17Б</b>		
Куски машинных чугунных отливок, а также чушки вторичного литейного чугуна.	Засоренность безвредными примесями не должна превышать 2% по массе. Допускается примесь трудноотделимой стали не более 5% по массе.	Максимальный размер куска должен быть не более 300 мм, а остальные размеры должны соответствовать размерам куска массой не более 20 кг, но не менее 0,5 кг.
<b>Чугунные лом и отходы №2 – марка 18А</b>		
Куски чугунных изложниц и поддонов.	Засоренность безвредными примесями не должна превышать 2% по массе. Допускается примесь трудноотделимой стали не более 5% по массе.	Максимальный размер куска должен быть не более 300 мм, а остальные размеры должны соответствовать размерам куска массой не более 40 кг, но не менее 0,5 кг.
<b>Чугунные лом и отходы №3 – марка 19А</b>		
Куски чугунных отливок с повышенным и высоким содержанием фосфора (печных, посудных, художественных). Куски ковкого чугуна, чугунные трубы.	Засоренность безвредными примесями не должна превышать 2% по массе. Допускается примесь трудноотделимой стали не более 5% по массе.	Максимальный размер куска должен быть не более 300 мм, а остальные размеры должны соответствовать размерам куска массой не более 20 кг, но не менее 0,5 кг.
<b>Негабаритные чугунные лом и отходы №1 (для переработки) – марка 20А, 20Б</b>		
Машинные чугунные отливки.	Засоренность неметаллическими примесями не должна превышать 3% по массе. Допускается примесь трудноотделимой стали не более 5% по массе.	Не регламентируются.
<b>Негабаритные чугунные лом и отходы №2 (для переработки) – 21А</b>		
Чугунные изложницы и поддоны.	Засоренность неметаллическими примесями не должна превышать 3% по массе. Допускается примесь трудноотделимой стали не более 5% по массе.	Не регламентируются.
<b>Негабаритные чугунные лом и отходы №3 (для переработки) – марка 22А, 22Б</b>		
Чугунные отливки с повышенным и высоким содержанием фосфора (печные, посудные, художественные). Отливки из ковкого чугуна, чугунные трубы.	Засоренность неметаллическими примесями не должна превышать 3% по массе. Допускается примесь трудноотделимой стали не более 5% по массе.	Не регламентируются.

<b>Состав</b>	<b>Степень чистоты</b>	<b>Габариты и масса</b>
<b>Брикеты из чугунной стружки – марка 23А, 23Б</b>		
Брикеты из чугунной стружки.	Брикеты должны быть спрессованы из чугунной стружки, не смешанной со стальной стружкой и стружкой из цветных металлов. Не допускается брикетирование проржавленной (налет ржавчины допускается) и горелой стружки. Суммарное содержание безвредных примесей и масла в брикетах не должно превышать 2% по массе.	Габариты не регламентируются. Масса брикетов должна быть не менее 2 кг, но не более 20 кг при плотности не менее 5000 кг/м <sup>3</sup> .
<b>Чугунная стружка – марка 24А, 24Б</b>		
Чугунная стружка без кусковых отходов и лома.	Чугунная стружка не должна быть смешана со стальной стружкой и стружкой из цветных металлов. Легированная чугунная стружка не должна смешиваться с углеродистой. Стружка не должна быть проржавленной (налет ржавчины допускается). Суммарное содержание безвредных примесей и масла не должно превышать 2% по массе.	Не регламентируются.
<b>Доменный присад – марка 25А, 25Б</b>		
Проржавленные, подвергшиеся длительному температурному или кислотному воздействию, эмалированные и оцинкованные кусковые лом и отходы; чугунное крошье; дробь или гранулы; ржавая и спекшаяся стальная и чугунная стружка; зашлакованный скрап.	Не допускается наличие лома и отходов цветных металлов. Засоренность неметаллическими примесями не должна превышать 5% по массе. Металлолом, добываемый из шлаковых отвалов с засоренностью более 5% по массе, поставляется по согласованию сторон.	Размеры куска должны быть не более 250Х250Х250 мм. Длина витка стальной стружки должна быть не более 100 мм. Допускаются витки длиной до 200 мм в количестве не более 3% от массы стружки в партии. Масса не регламентируется.
<b>Негабаритный доменный присад (для переработки) – марка 26А, 26Б</b>		
Не допускается наличие лома и отходов цветных металлов.	Проржавленные, подвергшиеся длительному температурному или кислотному воздействию, эмалированные и оцинкованные кусковые лом и отходы; зашлакованный скрап.	Не регламентируются.
<b>Окалина прокатного и кузнечного производства – 27А</b>		
Окалина прокатного и кузнечного производства. Не допускаются куски обрезки.	Засоренность неметаллическими примесями не должна превышать 5% по массе.	Не регламентируются.
<b>Сварочный шлак – марка 28А</b>		
Шлак, образующийся в нагревательных печах.	Засоренность неметаллическими примесями не должна превышать 5% по массе.	Не регламентируются
<b>Металлолом марки 3Н</b>		
Лом кусковой не рассортированный по классам	Стальной и чугунный лом вместе	Вес куска не менее 0,5 кг.
<b>Металлолом 4НН</b>		
Лом смешанный, не рассортированный по видам (кусовой и для прессования вместе)	По классам стальной и чугунный вместе, а также при наличии механизмов. Допускается наличие стружки. Канатов, проволоки и изделий из нее.	Не регламентируется

## Приложение 11. Характеристики оборудования для прокалывания

В таблице П11.1 представлены технические данные и характеристики перфораторов

Таблица П11.1 – Технические данные и характеристики перфораторов

№ п/п	Значимые характеристики	Перфоратор, оснащенный захватывающими и прокалывающими звездочками			Перфоратор, оснащенный прокалывающими шипами		
		ОАО ЛОЭЗ «Гидромаш»	Proglot™ серии 4001	HSM PET PF	НЕТМУС, ПБ1.1600 <sup>1</sup>	PRESTO, серии ZW-PF	ЧП Сифания-Экотехники
1.	Производительность, м <sup>3</sup> /ч	н/д	30	50-120 <sup>1</sup>	0,5	130-220 <sup>1</sup>	3-5 <sup>1</sup>
2.	Размеры (Д×Ш×В), мм	660×1136,5×950	1200×550×1250	н/д	н/д	2205×1320×680	1200×620×600
3.	Мощность, кВт	2,2	15	6-8	5	4,4-8	2,2
4.	Масса, т	0,27	0,42	0,67-0,97	н/д	0,45-0,5	0,25
5.	Условия эксплуатации: температура, °С	н/д	н/д	н/д	от -40 до +45	н/д	н/д
6.	Размер загрузочного окна, мм	н/д	990×950	н/д	600×600	1380×1200	н/д
7.	Прокалываемые компоненты	ПЭТ-бутылка	ПЭТ-бутылка, ПЭ-тара	ПЭТ-бутылка	ПЭТ-бутылка	н/д	ПЭТ-бутылка
8.	Способ загрузки	н/д	Конвейерная лента	н/д	н/д	Вручную/ погрузчик/ конвейерная лента	н/д

<sup>1</sup> в зависимости от модели

### Список использованных источников:

1. Липецкий опытно-экспериментальный завод «Гидромаш». Перфоратор. [Электронный ресурс]. URL: <http://gidromash48.ru/dlya-akczionerov/oborudovanie/perforator-pet-butylok1.html> (дата обращения: 14.05.15).
2. PressMax. Перфораторы для ПЭТ-бутылок, тары. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.pressmax.ru/ecatalog/tbo/woods/proglot4000/proglot4001/> (дата обращения: 14.05.15).
3. Presto. PET Perforator. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.presto.de/data/es/pdf/PET\\_perforator.pdf](http://www.presto.de/data/es/pdf/PET_perforator.pdf) (дата обращения: 15.05.15).
4. НЕТМУС. Перфоратор барабанный. [Электронный ресурс]. URL: [http://netmus.ru/catalog-oborudovaniya/perforatory-pet/perforator-barabannyj-dvuxmotornyj-dlya-pet-tary-pb1\\_600/](http://netmus.ru/catalog-oborudovaniya/perforatory-pet/perforator-barabannyj-dvuxmotornyj-dlya-pet-tary-pb1_600/) (дата обращения: 14.05.15).
5. Sifania eco Techika. Современные технологии переработки отходов. [Электронный ресурс]. URL: [http://sifania.by/index.php?option=com\\_content&view=article&id=12&Itemid=13&lang=ru](http://sifania.by/index.php?option=com_content&view=article&id=12&Itemid=13&lang=ru) (дата обращения: 15.05.15).
6. Greenologia.ru. Перфоратор ПЭТ. [Электронный ресурс]. URL: <http://greenologia.ru/othody/utilizaciya-i-pererabotka/perforatory-pet.html> (дата обращения: 13.05.15).



### **Список использованных источников**

1. АнтексСистем. Пресс. [Электронный ресурс]. URL: [http://ant-recycle.ru/magazin?mode=product&product\\_id=174510403](http://ant-recycle.ru/magazin?mode=product&product_id=174510403) (дата обращения: 15.06.15).
2. PressMax. Вертикальный пресс. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.pressmax.ru/ecatalog/pressmax500/> (дата обращения: 17.06.15).
3. PressMax. Горизонтальный пресс. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.pressmax.ru/ecatalog/pressmax700/index.php> (дата обращения: 15.06.15).
4. PressMax. Вертикальный пресс для металлов. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.pressmax.ru/ecatalog/pressmax400/430/index.php> (дата обращения: 16.06.15).
5. Липецкий опытно-экспериментальный завод «Гидромаш». Пресс для металлолома [Электронный ресурс]. URL: <http://gidromash48.ru/dlya-akzionerov/oborudovanie/press.html> (дата обращения: 16.06.15).
6. Pragma Technology. [Электронный ресурс]. URL: [http://pragmat.ru/category/germany\\_horizontal\\_bales.htm](http://pragmat.ru/category/germany_horizontal_bales.htm) (дата обращения: 18.06.15).