

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра “Торговое и рекламное оборудование”

УТИЛИЗАЦИЯ ТАРЫ И УПАКОВКИ

Методическое пособие по курсовому проектированию
для студентов специальности 1-36 20 03
“Торговое оборудование и технологии”

Минск 2012

УДК
ББК

Методическое пособие включает в себя указания по выполнению курсового проекта по дисциплине “Утилизация тары и упаковки” для студентов специальности 1-36 20 03 “Торговое оборудование и технологии”. В пособии приведены основные теоретические положения, описана методика выполнения разделов курсового проекта.

Составитель:
В.Н. Жуковец

Рецензенты:
П.П. Шардыко, В.Я. Груданов

© В.Н. Жуковец, составление, 2012

Введение

Методическое пособие составлено согласно базовой программе дисциплины “Утилизация тары и упаковки” для студентов специальности 1-36 20 03 “Торговое оборудование и технологии”. Пособие содержит методические указания по выполнению курсового проекта, основной целью которого является закрепление и систематизация полученных студентами на занятиях знаний по дисциплине “Утилизация тары и упаковки”.

В расчетно-пояснительной записке разработке подлежат пункты:

Введение.

1. Физико-химические свойства утилизируемой тары (упаковки).
2. Технология сбора использованной тары (упаковки).
3. Сортировка тары (упаковки) в составе твердых бытовых отходов.
4. Измельчение (дробление) использованной тары (упаковки).
5. Термическая сушка перерабатываемых отходов.
6. Применение переработанных отходов в качестве вторичного сырья.
7. Применение переработанных отходов в качестве источника энергии.

Заключение.

Литература.

Графическая часть курсового проекта включает в себя пункты:

1. Чертеж единицы перерабатываемой тары (упаковки) – А3-А2.
2. Технологическая схема утилизации тары (упаковки) – А2.
3. Габаритный чертеж единицы измельчительного (сортировочного) оборудования – А2.
4. Чертеж детали в составе измельчительного (сортировочного) оборудования – А3.

В последующих разделах методического пособия будут даны указания по выполнению перечисленных пунктов расчетно-пояснительной записки.

Описание разделов расчетно-пояснительной записки

В данном курсовом проекте студент разрабатывает методику утилизации определенного вида тары или упаковки, указанного в задании. Методика утилизации должна выбираться согласно физико-химическим свойствам материала, а также конструктивным особенностям тары или упаковки. Помимо этого, следует решить вопросы дальнейшего использования переработанных материалов тары и упаковки.

Во **введении** студент должен указать вид тары или упаковки, привести общие конструктивные характеристики и физико-химические свойства материала. Возможен выбор разновидностей тары и упаковки, как по материалу изготовления (бумажная, картонная, деревянная, стеклянная, металлическая, полимерная тара и упаковка), так и по назначению (одежда, обувь, бытовая химия, аудиовидеотехника, мебель, продукты питания и т.д.).

В зависимости от вида упакованных материалов и физико-химических свойств товарной продукции принята следующая классификация тары:

- по функциям в процессе товарного обращения;
- по кратности использования;
- по принадлежности;
- по назначению;
- по методу изготовления;
- по конструктивным особенностям;
- по прочности;
- по устойчивости к внешним воздействиям;
- по материалу изготовления;
- по технологии производства.

1. Физико-химические свойства утилизируемой тары (упаковки)

В данном разделе студент анализирует физико-химические свойства материала тары и упаковки, указывает основные факторы негативного воздействия данного материала на состояние окружающей среды, как в процессе эксплуатации, так и на этапе утилизации. Объем раздела около 5-6 страниц записки. В зависимости от указанного в задании вида тары или упаковки рассматриваются следующие виды материалов:

По материалу изготовления тару подразделяют на деревянную, картонную, бумажную, текстильную, металлическую, стеклянную, керамическую, полимерную и комбинированную.

Деревянная тара – жесткая, способная выдерживать механическое воздействие, она хорошо защищает товары при транспортировании. Однако деревянная тара обладает высоким коэффициентом собственной массы, что увеличивает стоимость перевозки в ней товаров. Деревянную тару можно разделить на ящики, лотки, бочки, поддоны и корзины.

Картонная тара широко применяется для упаковки многих продовольственных и непродовольственных товаров. Она обладает небольшой удельной массой по отношению к затариваемой продукции. Изготавливают такую

тару из прессованного, литого или склеенного картона, для производства которого используют древесину и ее отходы, целлюлозу, макулатуру.

Наиболее распространенным видом транспортной картонной тары являются ящики. Их изготавливают из цельного листа плоского или гофрированного картона, сшитого проволочными скобами или стальной лентой (стальная лента в последнее время применяется редко). Дно и крышка ящика образуются четырьмя клапанами, стыки которых заклеивают скотчем. Картонные ящики делают складными, что упрощает их хранение и транспортирование в порожнем виде.

Потребительская картонная тара – это коробки и пачки. Коробки имеют разнообразную форму, плоское дно, а закрываются они клапанами или крышкой (съёмной или на шарнире). Пачка закрывается клапанами, а ее корпус имеет форму параллелепипеда.

Бумажная тара применяется для затаривания сыпучих и штучных товаров. К ней относятся мешки и пакеты.

Мешки изготавливают двух типов: с открытой или закрытой клапаном горловиной. Для их производства используют мешочную бумагу, которая может быть многослойной, ламинированной полиэтиленом или пропитанной специальными составами.

Пакеты бывают двух типов: одинарные и многослойные (до семи внутренних пакетов-вкладышей). Для производства наружных двойных и одинарных пакетов используют бумагу с полимерным покрытием, мешочную бумагу или специальную бумагу для упаковки продуктов на автоматах. Внутренние пакеты изготавливают из пергамента или парафинированной бумаги. У бумажных пакетов швы склеивают, а у пакетов из комбинированных материалов сваривают.

Текстильная тара – это паковочные ткани и тканевые мешки. Паковочные ткани (хлопчатобумажные, льняные, льноджуто-кенафные) служат для упаковки товаров в виде рулонов, кип, тюков ковровых изделий, тканей и т.д. Тканевые мешки шьют из льняных, полульняных, льноджуто-кенафных и других мешочных тканей. По назначению они делятся на продуктовые мешки (для упаковки муки, крупы и других сыпучих продуктов) и мешки для сахара. Выпускают мешки обычной и повышенной прочности, вместимостью 50, 100 кг и более.

Металлическая тара применяется для затаривания, транспортирования и хранения жидких, летучих, огнеопасных и других товаров, обладающих специфическими свойствами. Сюда относят бочки, барабаны, фляги, канистры и баллоны (в том числе аэрозольные), баки, ящики. Их изготавливают из листовой стали, жести, алюминия.

По технологии производства тару и упаковку классифицируют в первую очередь во взаимосвязи с ее материалом и с конструктивными особенностями. Наибольшее количество материалов и методов их переработки встречается в производстве **полимерной** тары и упаковки. Для полимеров принципиально важна взаимосвязь общего процесса получения материала и процесса придания этому материалу требуемой формы, иначе говоря – получение

изделия. Конечным критерием правильности выбора технологического процесса и параметров его проведения является высокое качество именно изделия. Технологическая последовательность по схеме полимер – материал – метод формования – изделие имеет и обратную связь, позволяющую определить правильность выбора каждой стадии по уровню достигнутого качества изделия. Все процессы производства полимерной тары можно разделить на следующие виды.

Подготовительные процессы предназначены для придания полимерному материалу необходимых при дальнейшей переработке свойств или формы. К ним относятся сушка, смешение, измельчение, гранулирование, пластикация, растворение и раскрой.

Формовочные процессы – когда полимерный материал под воздействием температуры и механических усилий переходит в пластическое состояние и приобретает необходимые форму и размеры. Из гранул и порошка пластмассовую тару изготавливают методами литья под давлением, прессования, экструзии, раздува. Тару при этом называют соответственно литьевой, прессованной, экструзионной и выдувной. Из листов и пленок методами термоформования, сварки и склеивания получают термоформованную, сварную и склеенную тару. Из растворов и суспензий полимеров способами полива, напыления и вспенивания изготавливают поливную, напыляемую и вспененную тару.

Вспомогательные процессы фиксируют состояние, окончательную форму и размеры упаковки, приобретенные при формовании. Сюда относятся охлаждение упаковки в форме, отделение ее от формы и удаление из формы, удаление излишков полимера и окончательную сборку готовой тары из отдельных элементов.

Дополнительные процессы предназначены для придания изготовленной таре специфических свойств или изменения ее размеров. К дополнительным процессам относят сварку, склеивание, активацию, дестатизацию и металлизацию поверхности, печать, механическую обработку.

Анализ развития производства тары и тарных материалов показывает, что структурные сдвиги в их производстве и потреблении происходят за счет резкого возрастания производства и потребления картонной и бумажной тары. Так, в странах с высокоразвитой тарной промышленностью применение бумаги, картона и комбинированных материалов на их основе для упаковки продукции составляет 70...90 % от общего потребления всех видов тары.

Виды упаковочных материалов и упаковки для пищевых продуктов. Выбор тарных материалов и тары в наибольшей степени зависит от вида продукта, его природы, технологических особенностей производства, условий хранения, санитарно-гигиенических требований к продукции. Учитывая эти факторы, можно рекомендовать следующие виды упаковочных материалов и тары [9]:

- банки из жести горячего лужения;
- банки из жести электролитического лужения;
- банки из жести хромированной, лакированной;

- банки из алюминия и его сплавов;
- стеклянные бутылки с крышкой из жести хромированной, лакированной;
- стеклянные бутылки с крышкой из алюминия;
- стеклянные банки с крышкой из жести хромированной, лакированной;
- стеклянные банки с крышкой из алюминия;
- полиэтиленовая пленка.
- полипропиленовая пленка;
- целлофан налакированный;
- целлофан лакированный;
- целлофан металлизированный;
- полипропилен лакированный, ориентированный;
- парафинированная бумага;
- бутылки из жесткого поливинилхлорида, полиэтилентерефталата, поликарбоната;
- банки из жесткого поливинилхлорида, ударопрочного полистирола;
- жесткий поливинилхлорид;
- картон коробочный;
- тканевые (джут, лен) мешки с полиэтиленовыми вкладышами;
- пленки из сополимеров винилиденхлорида с винилхлоридом;
- бумага с полиэтиленовым покрытием;
- фольга с полиэтиленовым покрытием;
- бумага-сополимер винилиденхлорида с винилхлоридом;
- парафинированная бумага алюминиевая фольга;
- целлофан-полиэтилен;
- лавсан-полиэтилен;
- бумага (картон) - полиэтилен;
- картон-полиэтилен;
- картон-сополимер винилиденхлорида с винилхлоридом;
- полиэтилентерефталат-сополимер винилиденхлорида с винилхлоридом;
- полиэфир-полиэтилен, полиамид-полиэтилен;
- полиэтилентерефталат-полиамид;
- нейлон-полиэтилен;
- бумага (картон) – фольга-полиэтилен;
- полиэтилен-бумага (картон) – полиэтилен;
- фольга-бумага-сополимер винилиденхлорида с винилхлоридом;
- целлофан-фольга-полиэтилен;
- лавсан-фольга-полиэтилен;
- полиэтилен-бумага (картон) – фольга-полиэтилен;
- саран.

Для упаковки безалкогольных напитков, фруктовых соков, овощных соков, молока используются комбинированные материалы на основе бумаги и картона в сочетании с полимерными покрытиями, а в ряде случаев с алюминиевой фольгой. К такой таре относятся тетраэдрическая (тетра-пак, тетра-пак-асептик), прямоугольная (тетра-брик, тетра-брик-асептик, брик-пак),

прямоугольная с острым верхом (пьюр-пак, пьюр-пак-асептик, элопак, тетра-реск) упаковки. Для плодоовощных, мясных, рыбных консервов в последнее время применяется полужесткая стерилизуемая тара, изготавливаемая из ламинатов: лак-фольга-полипропилен (стералнон, алюпак, ламистер) или ориентированный полипропилен-фольга-полипропилен (алюсил, летпак). Такая тара пригодна для термической стерилизации до 130° С.

Как видно из приведенных данных, пищевая продукция может быть упакована в различные виды тары. Важной задачей является выбор наиболее рациональной и эффективной тары по форме, вместимости, экономичности, с другой стороны – предотвращение или сокращение негативного воздействия упаковочных отходов на окружающую среду.

2. Технология сбора использованной тары (упаковки)

В данном разделе студент приводит принципы комплексного управления твердыми бытовыми отходами (ТБО), описывает иерархию управления отходами, технологию сбора использованной тары (упаковки), сопровождая описания схемами. Объем раздела около 7-10 страниц записки.

За последние годы стратегия управления отходами претерпела существенные изменения. В развитых странах в конце XX века принята концепция комплексного управления бытовыми отходами (КУО), которая заключается в том, что бытовые отходы состоят из различных компонентов, которые не должны смешиваться между собой, а утилизироваться отдельно друг от друга. КУО предлагает, что в дополнении к традиционным способам – сжигания и захоронению – неотъемлемой частью утилизации отходов должны стать мероприятия по сокращению количества отходов, вторичная переработка отходов, компостирование.

Эффективному решению проблемы ТБО может способствовать только комбинация нескольких взаимодополняющих программ и мероприятий. КУО заключается в следующем:

1. ТБО состоят из различных компонентов, к которым должны применяться различные подходы.

2. Для утилизации каждого компонента ТБО должна использоваться своя технология – вторичная переработка, компостирование, захоронение на полигоне или сжигание, но технологии должны разрабатываться в комплексе, дополняя друг друга.

3. Муниципальная система утилизации ТБО должна разрабатываться с учетом конкретных местных проблем и базироваться на местных ресурсах; местный опыт в утилизации ТБО должен приобретаться путем разработки и осуществления небольших программ.

4. Стратегическое долговременное планирование должно обеспечивать гибкость, чтобы быть способным адаптироваться к изменениям в составе, количестве ТБО и доступности технологий утилизации.

5. Участие городских властей, а также групп населения, то есть производителей мусора – необходимый элемент любой программы по решению ТБО.

Развитыми странами мира в качестве руководства при обращении с отходами, в том числе бытовыми, признана “Иерархия управления отходами” изображенная на рис. 1. Иерархия подразумевает, что в первую очередь должны рассматриваться мероприятия по первичному сокращению отходов, затем повторному использованию, то есть вторичному сокращению и в самую последнюю очередь – мероприятия по утилизации или захоронению тех отходов, которые не поддаются переработки.

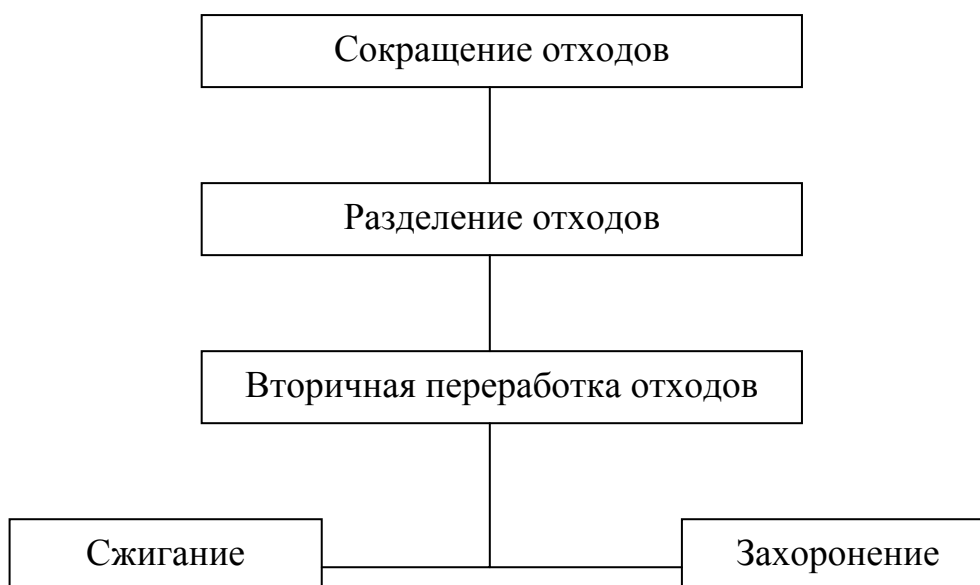


Рис. 1. Иерархия управления отходами

Под сокращением понимается уменьшение общего количества отходов и снижения их токсичности. Сокращение отходов достигается путем переориентации производителей и потребителей на продукты и упаковку, приводящие к меньшему количеству отходов.

Следует отметить, что значительное количество пластиковых упаковок, используемых сегодня, является вредным для окружающей среды, например, литровые пакеты, в которых продается сок, состоят из фольги, пластика и картона; эластичные бутылки для кетчупа производят из нескольких типов пластика. Такая упаковка практически не поддается вторичной переработке. Во многих странах фирмы-производители несут ответственность за снижение количества конечных бытовых отходов и за обеспечение их переработки.

3. Сортировка тары (упаковки) в составе твердых бытовых отходов

В данном разделе студент описывает технологию сортировки использованной тары (упаковки) в составе твердых бытовых отходов по принципу разделения материалов изготовления, сопровождая описания схемами технологических линий. Объем раздела около 7-10 страниц записки.

Следующим этапом в процессе утилизации является разделение отходов, которое позволяет выделить токсичные компоненты, вторсырье для вто-

ричной переработки, органические компоненты для сжигания или компостирования. Основной проблемой в переработке вторсырья является не отсутствие технологии переработки, а отделение вторсырья от мусора и разделение различных компонентов мусора. Извлечение вторсырья из потока отходов является наиболее дорогим и сложным. Линии ручной сортировки на 5-20 сортировщиков за рубежом стоят 500-700 тыс. долл., мощные автоматизированные установки – до 1,5 млн. долл. Практически невозможно отделить пластик от бумаги, бутылочное стекло от оконного и выделить из массы мусора мелкофракционную пластмассу, битое стекло и т.д. В странах Северной Америки и в странах Евросоюза утилизация ТБО проводится с соблюдением экологических норм и обходится около 100 долларов за тонну.

Разделение отходов может осуществляться как в источнике образования отходов самим населением, так и на сортировочных установках, расположенных на полигонах, мусоросжигательных или мусороперерабатывающих (МПЗ) заводах с элементами ручной сортировки. Процессы ручной сортировки малопроизводительны (до 13-17 % доли извлекаемых компонентов), но позволяют получить чистые продукты для переработки.

Процессы механизированной сортировки ТБО могут иметь высокую производительность, но качество выделяемых продуктов и их сбыт затруднен. Механизированная сортировка максимально оправдана в случае ее сочетания с процессами переработки выделенных фракций, в частности термической переработкой горючей фракции. При реализации такой схемы в термический процесс направляется около 72% от исходной массы ТБО. Извлекается предварительно лом черных, цветных металлов (4-5% от массы ТБО), часть пищевых отходов и негорючих материалов, которые идут на захоронение после предварительного прессования. Техническое решение утилизации ТБО с целью максимального извлечения ценных составляющих предлагает предварительную сушку ТБО (130 °C), ультрафиолетовое обеззараживание, ручную сортировку по видам материалов, подготовку их (пакетирование, измельчение) к дальнейшей переработке.

Для организации утилизации традиционно перерабатываемых компонентов бытовых отходов и при наличии технических возможностей, потребуется решить следующие проблемы их подготовки к переработке:

1. Металлом. В бытовом мусоре находится 4-5% железа. Извлеченный из мусора скрап содержит 60-70% железа, поэтому приобретаются и устанавливаются специальные шредерные установки для очистки скрапа с использованием обжига для удаления органических примесей (масло, жир и т.д.).

2. Жесть. Жесть, извлеченная из бытовых отходов, может быть использована для изготовления контейнеров и посуды. Однако жестяные консервные банки на свалке, как правило, грязные, забитые гниющими пищевыми отходами. Получение жести из ТБО осуществляется тепловой обработкой во вращающихся печах, вымораживанием в жидком азоте, магнитной и центробежной сепарацией, с использованием методов. В настоящее время за рубежом восстанавливается 75% жести, содержащейся в отходах.

3. Пластмасса. В составе ТБО может содержаться более десятка типов пластмасс. За рубежом наиболее широко распространена переработка двух типов: полиэтилентерефталат и полиэтилен высокой плотности.

4. Органические отходы. Они утилизируются через компостирование (аэробное сбраживание органической части отходов). Доля компостируемых отходов колеблется от 1% в Великобритании и Норвегии до 17% в Испании. В качестве компоста могут использоваться листья, трава, отходы фруктов, овощей, яичная скорлупа, но не мясо, кости, жир и т.д. Существует технологии компостирования только пищевых отходов. При этом для компостируемых отходов необходимо найти рынок.

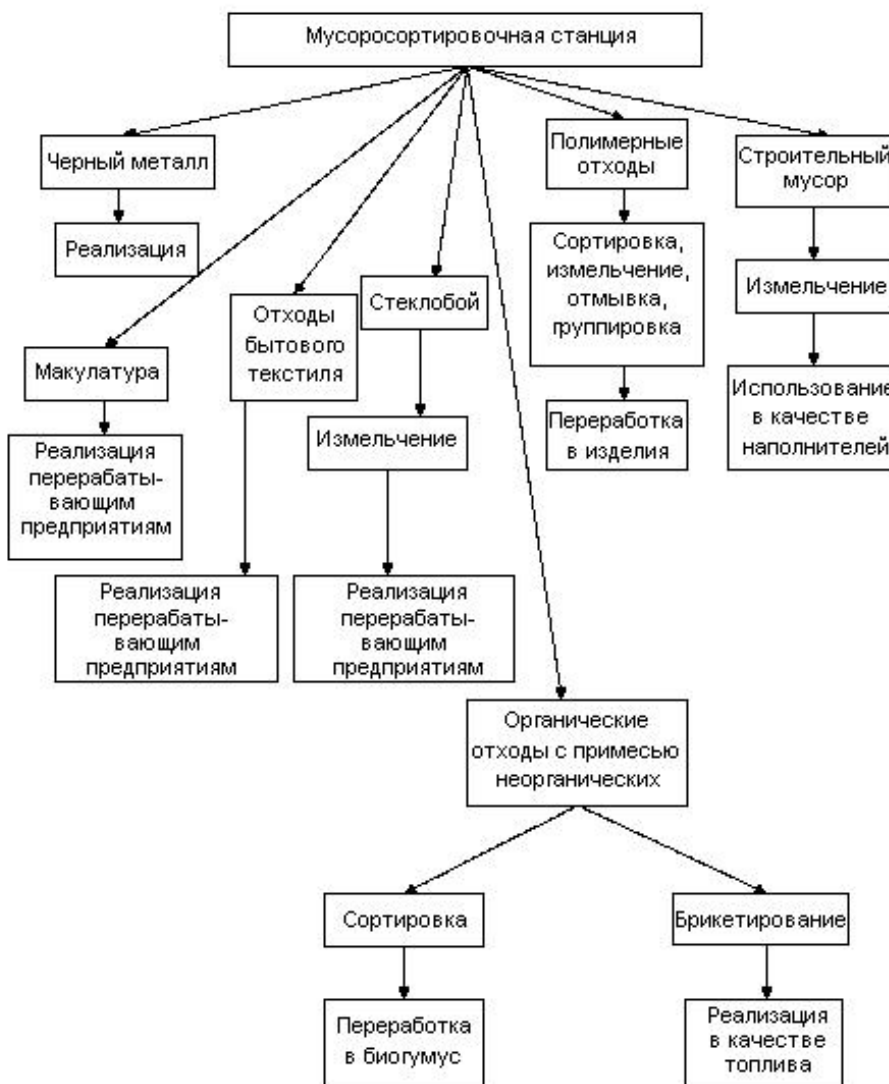


Рис. 2. Принципиальная схема мусоросортировочной станции

На рис. 2 представлена принципиальная схема мусоросортировочной станции (завода). В экономически развитых странах значительная часть ТБО подвергается механизированной или ручной сортировке, где население обеспечивает первичную подготовку отходов к сортировке и переработке: моет, отделяет от органических или грязных отходов, аккуратно укладывает подлежащие переработке компоненты ТБО в специальные контейнеры. На сор-

тировочные комплексы поступает сухая и чистая смесь компонентов отходов, на каждый из которых имеется технология рециклинга и потребитель.

На данный момент выпускается комплекс сортировочного оборудования, позволяющий выделить металл, стекло, бумагу, утиль, пластмассу, пищевые отходы, строительный мусор. Технология включает операции: предварительная сушка при 130⁰С, ультрафиолетовое обеззараживание, ручная сортировка, пакетирование или измельчение выделяемых компонентов.

Необходимо широкое внедрение мини-пунктов по сбору, сортировке и брикетированию ТБО для установки во дворах домов и жилых комплексов. Технологией сбора и удаления ТБО в жилом доме предусматривается:

- отделение пищевых отходов от ТБО в мусороприемной камере, оборудованной бункером-разделителем и несменяемыми контейнерами;
- перегрузка отходов из несменяемых контейнеров в малогабаритный автомобильный транспорт;
- перевозка пищевых отходов на переработку в сухие корма или на компост, ТБО – на сортировочный пункт жилого района.

На сортировочном пункте происходит дальнейшая сепарация и утилизация ТБО и вторсырья, уплотнение неиспользованных отходов и вывозка на захоронение. Вторсырье с сортировочного пункта (металл, бумага, полиэтилен, стекло, текстиль и др.) вывозятся потребителям.

Основные технические характеристики мини – пункта

Обслуживающий персонал	1-2 чел
(сортировка, работа на прессе)	
Производительность в сутки	до 15 контейнеров (0,75 м ³); до 3 тонн; до 12 м ³
Масса брикетов	мусор – до 70 кг; картон – до 40 кг; АЛ – банки – до 35 кг; пластик – до 20 кг
Габариты пункта	3 х 5 х 2,5 м
Мощность	до 8 кВт
Количество прессов	1-2 шт.

В основе предлагаемой технологии организации сбора, сортировки и брикетирования ТБО лежат следующие положения:

- приближение технологии к источнику отходов;
- наглядность, доступность, простота;
- непосредственное участие жителей в процессе обращения с ТБО;
- экологическое воспитание и привитие культуры обращения с отходами;
- реальные предпосылки для селективного сбора отходов.

Затем мусор направляется на завод механизированной переработки ТБО. Мусор на заводе поступает в специальные бункера-накопители, а затем – на

транспортёр, где сортируется. Магнитом выбираются металлы, которые прессуются в пакеты. Оборудование позволяет вычленять из общей массы стекло, пластмассу, бумагу и т.п. Полимерные отходы после специальной обработки могут использоваться в химической промышленности, органические соединения перерабатываются на компост. Не компостируемая часть отходов поступает в цех пиролиза, где подвергается термической обработке при температуре 1200 – 1400 °С. Используется технология переработки ТБО без прямого контакта рабочего с мусором.

Принцип предлагаемой технологии основан на двух этапном вывозе отходов с применением МСС для извлечения, сортировки и реализации (или собственной переработки) ценных фракций с последующим прессованием и захоронением не утилизируемой части отходов. Идея данного производства состоит в сортировке и сборе однородных компонентов (стекло, пластмасса, бумага, цветные, черные металлы и т.д.) с их последующим вторичным использованием. Опыт подобного сбора и сортировки с переработкой испытан и применяется во многих странах мира.

Размещение МСС возможно в пределах города, в промзонах, на открытых площадках площадью 1,5-2 га.

Предлагаемый технологический процесс включает в себя следующие этапы:

1. Сбор и транспортировка нераздельно собираемых ТБО к месту сортировки (парк мусоровывозящей техники)
2. Сортировка отходов с отбором утильных компонентов (сортирующее оборудование с цепью сепарирующих узлов (грохот, воздушный, магнитный сепаратор и др.)
3. Прессование утильных компонентов для реализации или переработки на собственных или привлеченных мощностях. Уплотнение отходов обеспечивается прессами в 5–6 раз и в результате получается компактный продукт с объемным весом 1,3–1,5 т/м³ может длительно храниться вывозиться на полигон.

Технология практически не оказывает отрицательного воздействия на экологию, основное требование соблюдение санитарно-защитной зоны (в пределах 500 м от жилой застройки). За основу сортировки отход на мусоросортировочной станции (располагаемой как непосредственно на полигонах, так и в промзонах крупных мегаполисов) взят метод сортировки, применяемый в США. Процесс сортировки частично механизирован, частично осуществляется с применением ручного труда.

Механизированы:

- дробление крупногабаритных отходов (предметы интерьера, мебели, домашнего обихода, куски кирпичей кладки, плиты и др.) с помощью дробилки крупногабаритных отходов;
- ворошение отходов и их сепарация барабанными грохотами;
- подача массы отходов к месту сортировки, прохождения ТБО через сортировочный пост осуществляется ленточным и скребковыми конвейерами;

- отбор черных металлов методом магнитной сепарации (электромагнит);

- прессование (паковка) части подготовленного однородного компонента (алюминиевые банки, бумага и др.) и не утилизируемой части (остатка) отходов с помощью компакторов (прессов);

- дробление отобранной массы строительных отходов (кирпич, дерево, стеновые блоки) с помощью дробилки строительных материалов;

Ручной труд используется непосредственно на сортировочном посту, с соблюдением всех санитарных норм и техники безопасности, для отбора однородных компонентов (стекло, алюминиевые банки, пластмассы и т.д.).

Для последующей переработки планируется отбирать из общей массы отходов следующие компоненты:

- стекло и изделия из него – пивные, винно-водочные и другие бутылки, вне зависимости от цвета и форм; хрусталь; оконное, витринное и дверное стекло, стеклопосуда; другая стеклянная тара и стеклобой;

- дерево и изделия из него – деревянные панели; половая доска и обрешетка; двери и косяки; плиты ДВП; конструкции мебели, садово-парковый спил и отходы древесины;

- отходы полимерной продукции – пластиковые бутылки и банки; флаконы для шампуней и косметических средств; полиэтиленовые пленки, а также все многообразие одноразовой упаковочной тары;

- алюминиевая упаковочная тара – одноразовые пивные банки; банки для различных газированных и прохладительных напитков; консервные банки; упаковка лакокрасочных и строительных материалов и др;

- отходы черных металлов – металлоконструкций; металлический лом, части станков, машин и оборудования;

- лом железобетонных конструкций и кирпича – лом стеновых панелей; куски кирпича; шпаклевка и штукатурка; кафель и плитка; а также иной строительный лом, образующийся при разборке домов и перепланировке помещений;

- бумага и отходы из нее писчая и газетная бумага; упаковочная тара и картон; листовая и рулонная бумага и др;

- ветошь;

- изделия из кожи.

Таким образом, всю переработку и утилизацию отсортированных компонентов можно условно разделить на три группы.

Первая группа – компоненты, подготовленные к транспортировке для переработки.

Вторая группа – компоненты, планируемые к переработке на собственных мощностях по собственной или привлеченной технологии (постепенное разворачивание мини – производство).

Третья группа – не утильный остаток (с низкой степенью опасности), не идущий в переработку, такой как пищевые отходы, отсеб и шлак, прессованный и подготовленный к захоронению на полигоне.

Вся предлагаемая технология по непосредственной переработке отсортированного сырья ориентируется на выпуск конечной, пользующейся спросом и конкурентоспособной продукции непосредственно на нужды городского и пригородного хозяйственного комплекса, предприятий различных форм собственности.

4. Измельчение (дробление) использованной тары (упаковки)

В данном разделе объемом около 10-12 страниц записки приводятся технические характеристики установок для измельчения и дробления утилизируемой тары и упаковки. После чего выполняются расчеты измельчителя (дробилки), соответствующего виду перерабатываемого вторичного сырья.

Для тех промышленных и бытовых отходов, утилизация которых не связана с необходимостью проведения фазовых превращений или воздействия химических реагентов, но которые не могут быть использованы непосредственно, применяются два вида механической обработки: измельчение или прессование. Это в равной степени относится к отходам как органического, так и неорганического происхождения.

После измельчения, за которым может следовать разделение на фракции, отходы превращаются в сырье, готовое для дальнейшего использования. Твердый материал можно разрушить и измельчить до частиц желаемого размера раздавливанием, раскалыванием, разламыванием, резанием, распиливанием, истиранием и различными комбинациями этих способов.

В зависимости от размера кусков исходного материала и конечного продукта измельчение условно делят на несколько классов (табл. 1).

Таблица 1. Классы измельчения

Класс измельчения	Размер кусков до измельчения, мм	Размер кусков после измельчения, мм	Степень измельчения i
Дробление			
– крупное	1500 – 300	300 – 100	2 – 6
– среднее	300 – 100	50 – 10	5 – 10
– мелкое	50 – 10	10 – 2	10 – 50
Измельчение			
– тонкое	15 – 5	2 – 0,05	50
– коллоидное	12 – 0,1	$75 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^{-4}$	–

Измельчением называют процесс разрушения кусков твердого материала при критических внутренних напряжениях, создаваемых в результате какого-либо нагружения и превышающих соответствующий предел прочности. Напряжения в материале могут создаваться механическим нагружением, температурными воздействиями, ультразвуковыми колебаниями и др. Наибольшее применение в современном производстве имеют механические способы измельчения.

Машины для измельчения делят на дробилки и мельницы [2, 3].

По конструктивным признакам различают дробилки: щековые, валковые, конусные, ударного действия (ротаторные и молотковые). Пальцевые измельчители и бегуны занимают промежуточное положение между дробилками и мельницами, так как их можно применять как для мелкого дробления, так и для крупного помола.

Мельницы делят на барабанные (тихоходные), роликовые, маятниковые, кольцевые и другие (среднеходные), молотковые, вертикальные, шахтные (ударные), вибрационные и струйные [2, 3].

Измельчение делят на дробление и помол, а машины, применяемые для этих целей, называются дробилками и мельницами. В зависимости от размеров частиц продукта различают следующие виды измельчения: дробление крупное ($d_k=100\ldots350$ мм), среднее ($d_k=40\ldots100$ мм), мелкое ($d_k=5\ldots40$ мм), помол грубый ($d_k=0,1\ldots5$ мм), средний ($d_k=0,05\ldots0,1$ мм), тонкий ($d_k=0,001\ldots0,05$ мм), сверхтонкий ($d_k<0,001$ мм).

Основной характеристикой процесса измельчения является степень измельчения, которая определяется соотношением средневзвешенных размеров частиц материала до и после измельчения:

$$i = d_n / d_k .$$

Степень измельчения отражает технологию и определяет параметры измельчителей. Под степенью i дробления и измельчения понимают отношение размеров наибольших кусков исходных твердых отходов и конечных продуктов дробления, измельчения. Дробление и измельчение могут быть сухими и мокрыми. Для дробления и измельчения твердых отходов на минеральной основе применяют машины, в которых используются способы измельчения, основанные на раздавливании, раскалывании, разламывании, истирании и ударе. Измельчение твердых отходов на органической основе осуществляют в машинах, принцип работы которых основан на распиливании, резании и ударе.

С целью обеспечения эффективности измельчение материала от исходной до конечной крупности осуществляется, как правило, в несколько приемов, с последовательным переходом от крупного дробления к более мелкому и к помолу с постадийным разделением материала по классам. Следовательно, процесс измельчения целесообразно осуществлять последовательно на нескольких измельчителях. Каждый отдельный измельчитель выполняет часть общего процесса, называемую стадией измельчения.

Число стадий измельчения определяется требуемой степенью измельчения. Например, если в исходном твердом материале содержатся куски размером до 1200 мм, а готовый продукт должен содержать частицы с максимальным размером до 40 мм, то общая степень измельчения $i_o=1200/40=30$

Степень измельчения, достигаемая на одной машине, для большинства видов дробильного оборудования не превышает 3...7. Поэтому для обеспечения $i=30$ необходимо применить несколько стадий дробления, например: $i_1=3$, $i_2=3$, $i_3=4$. Тогда $i_o = i_1 i_2 i_3=3*3*4=36$, т.е. требуется минимум три стадии измельчения.

Энергозатраты, нагрузки на элементы измельчителей и качество продукта зависят от прочности, хрупкости, твердости, упругости, абразивности и плотности твердых материалов.

Прочность – свойство твердого материала сопротивляться разрушению при возникновении внутренних напряжений, появляющихся в результате какого-либо нагружения. Обычно прочность твердых материалов оценивается пределом прочности при сжатии σ_c . По величине σ_c измельчаемые материалы делят на мягкие ($\sigma_c < 80$ МПа), средней прочности ($\sigma_c = 150 \dots 80$ МПа), прочные ($\sigma_c = 250 \dots 150$ МПа) и очень прочные ($\sigma_c > 250$ МПа) [2].

При других видах деформаций прочность твердых материалов существенно ниже. Например, предел прочности известняка, гранита составляет при растяжении 2...5 %, при изгибе 8...10 % и при сдвиге 10...15 % предела прочности при сжатии.

Хрупкость – свойство твердого материала разрушаться без заметных пластических деформаций. Она определяется на специальном копре числом ударов мерного груза. По числу ударов, выдерживаемых образцами, твердые материалы делят на очень хрупкие (до 2), хрупкие (2...5), вязкие (5...10), очень вязкие (более 10).

Абразивность – способность перерабатываемого материала изнашивать рабочие органы машины. Ее оценивают в граммах износа эталонных бил, отнесенных к одной тонне измельченного материала.

В зависимости от назначения и принципа действия в машинах для измельчения могут использоваться различные виды нагрузок: раздавливание (сжатие куса), излом (изгиб), раскалывание (эквивалентно растяжению), истирание и удар (рис. 3).

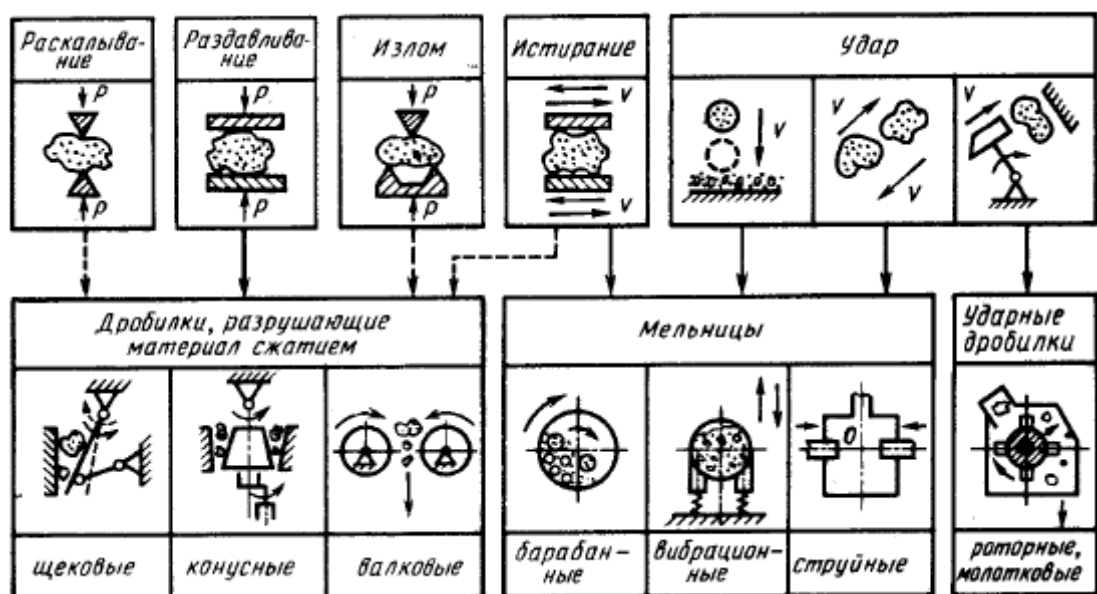


Рис. 3. Способы механического разрушения материалов, реализуемые в дробилках и мельницах:

— преобладающие; - - - - сопутствующие

Как правило, перечисленные виды силовых нагрузок в процессе измельчения действуют одновременно, например, раздавливание и истирание, удар и истирание и др. Однако при работе измельчителей в зависимости от их конструкций преобладает тот или иной способ измельчения.

По способу воздействия на измельчаемый материал различают дробилки, разрушающие материал сжатием (щековые, конусные и валковые дробилки) и ударом (роторные и молотковые дробилки).

Щековые дробилки периодически раздавливают материал между металлической неподвижной и качающейся поверхностью (щеками). Неподвижная щека устанавливается вертикально, подвижная – под углом к ней. Такой тип дробилок применяется для крупного, реже – среднего дробления. Их производительность достигает 1000 тонн/час при размере пасти (загрузочного отверстия) 1500×2100 мм. В щековых дробилках измельчение материала происходит, в основном, раздавливанием в камере между щеками при периодическом их сближении. Одновременно при сжатии кусков имеет место их относительное перемещение, вследствие чего куски истираются.

Главным параметром щековых дробилок является размер (ширина и длина, $B \times L$) приемного отверстия камеры дробления, образуемой подвижной и неподвижной щеками. Промышленность выпускает дробилки с размерами приемного отверстия $L \times B$ (мм): 250×160 , 400×250 , 900×250 , 900×400 , 900×600 , 1200×900 , 1500×1200 , 2100×1500 , 2500×2100 .

Классификацию щековых дробилок осуществляют по характеру движения основного рабочего органа (подвижной щеки), так как именно это определяет важнейшие технико-эксплуатационные параметры дробилок. В дробилках с простым движением щеки движение от кривошипа к подвижной щеке передается кинематической цепью. При этом траектории движения подвижной щеки представляют собой или прямые линии или части дуги окружности. В дробилках со сложным движением щеки кривошип и подвижная щека образуют кинематическую пару. В этом случае траектории движения точек подвижной щеки представляют собой замкнутые кривые, чаще всего эллипсы.

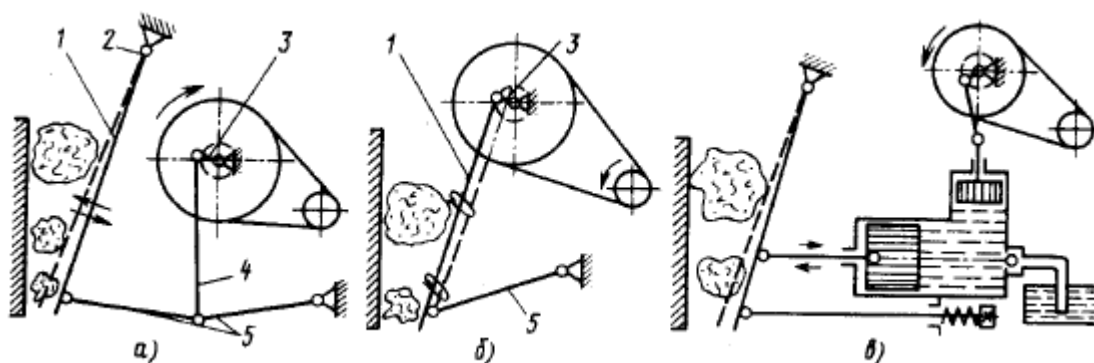


Рис. 4. Принципиальные схемы щековых дробилок

- а – с простым движением щеки; б – со сложным движением щеки;
в – с гидравлическим передаточным механизмом; 1 – щека; 2 – ось;
3 – эксцентриковый вал; 4 – шатун; 5 – распорная плита

В дробилках с простым (ЩДП) движением щеки 1 (рис. 4 – а) последняя подвешена на оси 2. Щека совершает качательные движения по дуге окружности, которые ей сообщает вращающийся эксцентриковый вал 3, через шатун 4 и распорные плиты 5.

При сближении щек материал дробится, а при удалении их друг от друга куски материала опускаются вниз и выпадают из камеры, если их размеры меньше ширины выходной щели. Затем цикл повторяется.

В ЩДП материал измельчается раздавливанием и, частично, изломом и раскалыванием, поскольку на обеих щеках установлены дробящие плиты с рифлениями в продольном направлении.

В дробилках со сложным (ЩДС) движением щеки рычажный механизм имеет более простую схему (рис. 4 – б). Эксцентриковый вал 3 непосредственно соединен с шатуном, являющимся подвижной щекой 1 дробилки. Нижним концом щека шарнирно опирается на распорную плиту 5. Щека совершает сложное движение, и составляющие перемещения точек ее поверхности направлены как по нормали к поверхности щеки, так и вдоль нее; траектории точек по форме напоминают эллипсы. Вследствие этого в ЩДС материал измельчается как раздавливанием, так и истиранием, что облегчает процесс дробления вязких материалов.

Кинематическая схема ЩДП позволяет создавать относительно большие нагрузки на измельчаемый материал, чем в ЩДС, при одинаковых вращательных моментах на приводных валах. Это особенно важно при дроблении больших кусков прочных материалов. Существенным недостатком ЩДП является малый ход сжатия в верхней части камеры дробления. Для ЩДС характерен значительный износ дробящих плит. Однако конструкция ЩДС, в целом, более проста и менее металлоемка по сравнению с ЩДП.

В зависимости от конструкции механизма, приводящего в движение щеку, различают дробилки с рычажным и кулачковым механизмами, а также с гидравлическим передаточным механизмом (рис. 4 – в).

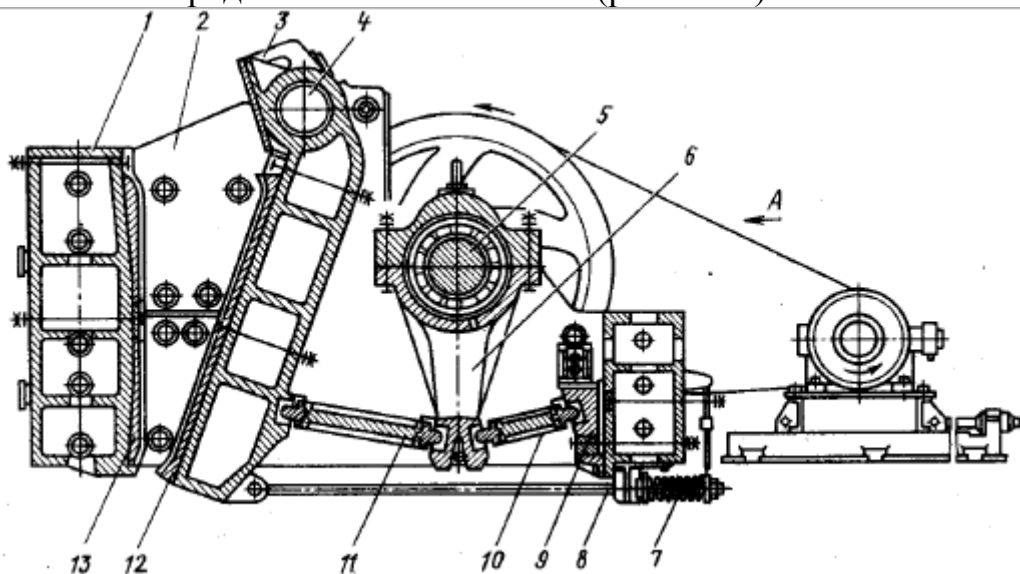


Рис. 5. Щековая дробилка с простым движением щеки

На рис. 5 показана типовая конструкция дробилки для крупного дробления с простым движением подвижной щеки. Подвижная щека 3, ось 4 которой установлена в подшипниках скольжения, закрепленных на боковых стенках станины 1, получает качательные движения через распорные плиты 10 и 11 от шатуна 6, подвешенного на эксцентричной части вала 5, приводимого во вращение от электродвигателя через клиноременную передачу. Рабочие поверхности щек футеруют сменными дробящими плитами 12 и 13, изготавливаемыми из износостойкой стали. Боковые стенки камеры дробления также облицованы сменными плитами 2. Рабочую поверхность дробящей плиты, как правило, изготавливают рифленной и реже (для первичного дробления) гладкой. От продольного профиля плит зависят условия захвата кусков и гранулометрический состав материала.

Циклический характер работы щековых дробилок (максимальное нагружение при сближении щек и холостой ход при их расхождении) создает неравномерную нагрузку на двигатель. Для выравнивания нагрузки на приводном валу устанавливают маховик и шкив-маховик. Маховики “аккумулируют” энергию при холостом ходе и отдают ее при ходе сжатия.

В процессе эксплуатации возникает необходимость регулировать ширину выходной щели камеры дробления. В крупных дробилках для этого устанавливают разные по толщине прокладки между упором 9 и задней стенкой станины. Гарантированное замыкание звеньев механизма привода подвижной щеки осуществляется пружиной 7 и тягой 8.

В конструкциях современных дробилок предусматривается установка самовосстанавливающихся после срабатывания устройств, предохраняющих элементы машины от поломок при попадании в них “недробимых” предметов. На практике применяют следующие варианты предохранительных устройств: подпружиненный рычаг, шарнирно соединенный с подвижной щекой; пружина в сочетании с распорной плитой; пружина в сочетании с рычагом и распорной плитой и т.д.

Конусные дробилки используют на стадиях крупного, среднего и мелкого дробления. Дробящие поверхности их выполнены в виде двух усеченных конусов, меньший из которых расширяющейся верхней частью входит в сужающуюся верхнюю часть большого конуса и эксцентрично движется (но не вращается) в нем. Максимальный размер загрузочных отверстий конусной дробилки 2000 мм.

Конусные дробилки по высоте (7...10 м) значительно превышают щековые (3...5 м) и требуют более высокого здания. Их конструкция сложнее. Однако они более производительны (до 4500 тонн/час), менее энергоемки, хорошо приспособлены к дроблению плит, которые через прямоугольное сечение рабочего пространства щековой дробилки могут проскочить без разрушения.

В конусных дробилках разрушение материала происходит раздавливанием, изломом и истиранием при обкатывании подвижного конуса внутри неподвижного. При этом происходит периодическое сближение и отход от рабочих поверхностей конусов, в принципе, как в щековых дробилках.

Конусные дробилки используют во всех стадиях дробления при переработке самых разнообразных материалов как по крупности дробимого материала, так и по разнообразию физико-механических свойств. В этих машинах материал разрушается в камере, образованной наружным неподвижным и внутренним подвижным усеченными конусами. По технологическому назначению их делят на дробилки: крупного дробления (ККД), обеспечивающие степень измельчения $i=5 \dots 8$; среднего (КСД) и мелкого (КМД) дробления (степень измельчения i до $20 \dots 50$). В химической промышленности, в основном, используют дробилки КСД и КМД.

Главным параметром дробилок ККД является ширина приемного отверстия – расстояние между образующими боковых поверхностей конусов в зоне загрузки. Отечественной промышленностью выпускаются дробилки типа ККД с шириной приемного отверстия 500, 900, 1200 и 1500 мм. Основным параметром дробилок типов КСД и КМД является диаметр нижнего основания подвижного конуса, который может быть равен 600, 900, 1200, 1750 и 2200 мм.

По конструктивному признаку – способу опоры вала дробящего конуса – различают дробилки с подвешенным валом, опорным пестом и с консольным валом (рис. 6). Последнюю конструкцию используют в машинах КСД и КМД.

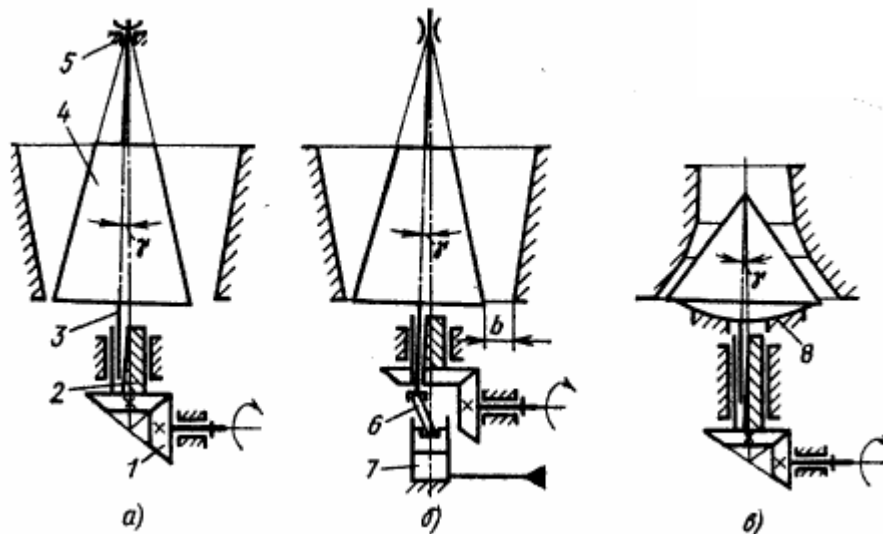


Рис. 6. Схемы конусных дробилок

а – с подвешенным валом; б – с опорным пестом; в – с консольным валом

В дробилках с подвешенным валом вал 3 дробящего конуса 4 в верхней точке, совпадающей с точкой пересечения осей конусов, подвешен к опоре 5, воспринимающей осевую и радиальную нагрузки. Нижний конец вала размещен в эксцентрикe 2, опоры которого также воспринимают радиальную нагрузку дробящего конуса. Вращение эксцентрика осуществляется через коническую зубчатую передачу 1.

В дробилке с опорным пестом осевая нагрузка дробящего конуса с пяты вала передается на пест 6 и далее на плунжер гидроцилиндра 7, который

уравновешивается давлением жидкости. За счет этого обеспечивается возможность оперативного регулирования ширины b выходной щели.

В дробилках с консольным валом дробящий конус имеет более пологую форму. В этих машинах осевая нагрузка воспринимается сферической пятой 8, а радиальная – опорой эксцентрика.

Производительность конусных дробилок (при сопоставимых параметрах) выше, чем у щековых. Это объясняется тем, что в щековых дробилках площадь выходного отверстия при перемещении щеки изменяется, а в конусных она постоянная и изменяется лишь положение подвижного конуса в камере дробления. Перекачивание дробящего конуса также способствует лучшему заполнению камеры дробления и захвату кусков.

Рассмотрим конструкции дробилок на примере конусной дробилки мелкого дробления КМД (рис. 7). Дробилка состоит из станины 4 с опорным кольцом 6 и предохранительными пружинами 5, эксцентрика 1, установленного в центральном стакане станины на четырехдисковом подпятнике 2. Через конические зубчатые колеса эксцентрик связан с приводным валом 16, расположенным в горизонтальном патрубке станины 4. С коническим отверстием эксцентрика 1 сопряжен конический хвостовик вала 13 дробящего конуса, опирающегося на сферический подпятник опорной чаши 3.

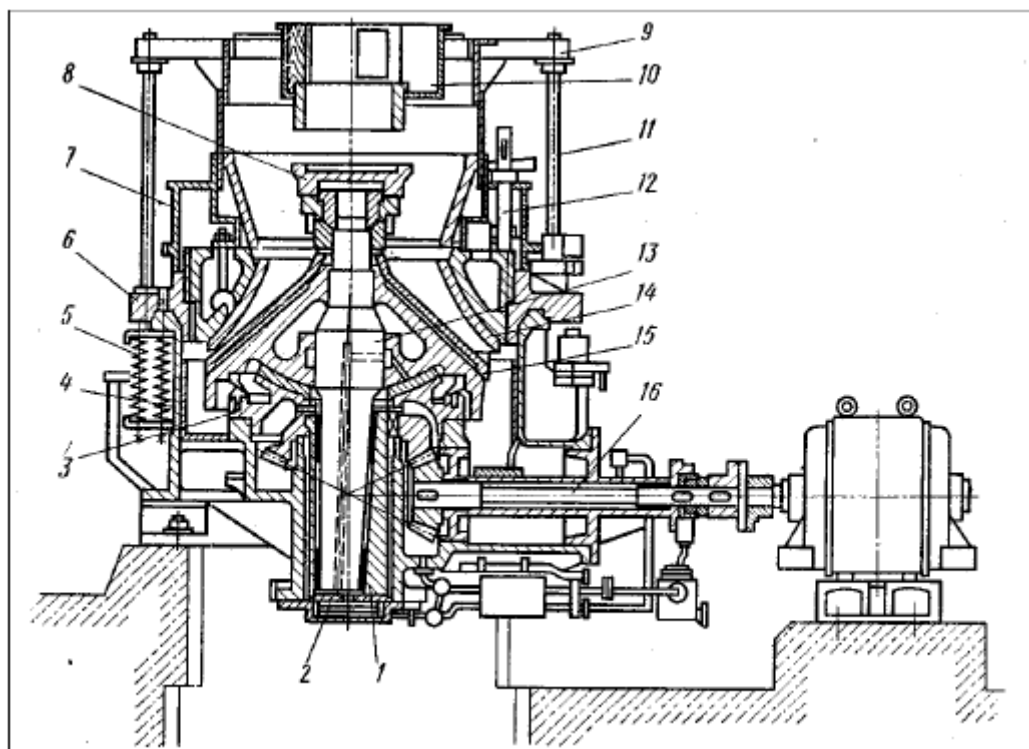


Рис. 7. Дробилка КМД с консольным валом

Рабочая камера дробилки образуется наружной поверхностью дробящего конуса, футерованного броней 15 из высокомарганцовистой стали, и внутренней поверхностью неподвижной брони 14 регулирующего кольца, сопрягающегося упорной резьбой с опорным кольцом 6. Для обеспечения правильной работы резьбы под нагрузкой осевой люфт в резьбе выбирается при

подтягивании регулирующего кольца колонками 12 с клиньями. Клинья опираются на кожух 7, установленный на опорном кольце 6.

В верхней части дробилки имеется герметичное загрузочное устройство 9, установленное на четырех стойках 11 и станине 4. Исходный материал поступает в приемную коробку 10 загрузочного устройства и через патрубок сыпается на распределительную плиту 8 дробящего конуса.

При вращении эксцентрика дробящему конусу сообщается вибрационное движение. Благодаря качанию распределительной плиты, обеспечивается равномерная по окружности загрузка рабочего пространства. В результате при сближении конусов материал дробится, а при их расхождении выгружается.

Характерной особенностью дробилок КСД и КМД является наличие в камере дробления параллельной зоны, т.е. участка, на котором зазор между образующими конусов постоянен. Тем самым обеспечивается получение однородного продукта, близкого по размерам к зазору.

Валковые дробилки применяют для среднего и мелкого дробления материалов высокой и средней прочности, а также для измельчения пластичных и хрупких материалов. В них материал раздавливают между двумя вращающимися навстречу друг другу гладкими, рифлеными или зубчатыми цилиндрическими валками с зазором между ними от 1 до 100 мм. Окружная скорость валков меняется от 0,5 м/с в тихоходных конструкциях до 4...6 м/с в быстроходных, при диаметре валков до 1500 мм и производительности до 250 тонн/час. В этих машинах процесс измельчения осуществляется непрерывно при затягивании кусков материала в суживающееся пространство между параллельно расположенными и вращающимися навстречу друг другу валками. Валковые дробилки бывают одно-, двух-, трех- и четырехвалковые.

В зависимости от вида поверхности валков различают дробилки с гладкими, рифлеными и зубчатыми валками. Дробилки с гладкими и рифлеными валками обычно применяют для дробления материалов средней прочности; дробилки с зубчатыми валками – материалов малой прочности. Размер кусков продукта зависит как от размера выходной щели между валками, так и от типа поверхности рабочих органов.

Основными недостатками валковых дробилок являются: 1) интенсивное и неравномерное изнашивание рабочих поверхностей валков при измельчении прочных и абразивных материалов; 2) сравнительно невысокая удельная производительность.

Широкое применение валковых дробилок объясняется тем, что они наиболее приспособлены для переработки очень распространенных материалов, склонных к налипанию или содержащих липкие включения. Во время работы дробилок налипший на поверхность валков материал срезается очистными скребками.

Валковые дробилки характеризуются диаметром D и длиной L валков, при этом $L/D=0,4...1,0$. Изготавливают двухвалковые дробилки ДГ с гладкими валками для среднего и мелкого, сухого и мокрого дробления материалов с пределом прочности при сжатии до 350 МПа; двухвалковые дробилки ДР с

рифлеными валками для дробления материалов с пределом прочности при сжатии до 250 МПа; двухвалковые дробилки ДГР с гладкими и рифлеными валками; четырехвалковые дробилки Д4Г с гладкими валками для мелкого дробления кокса.

Наиболее распространена двухвалковая дробилка. Машина с гладкими или рифлеными валками (рис. 8) состоит из станины 1 рамной конструкции. Валок 8 установлен на подшипниках, размещенных в разъемных корпусах 9. Корпуса 5 подшипников другого валка установлены в направляющих 4 и могут перемещаться по ним вдоль станины. Регулирование ширины выпускной щели (зазора между валками) осуществляется с помощью набора прокладок 10, которые устанавливаются между корпусами неподвижных и подвижных подшипников. Подвижный валок прижимается к неподвижному системой верхних 6 и нижних тяг с пакетом пружин 3.

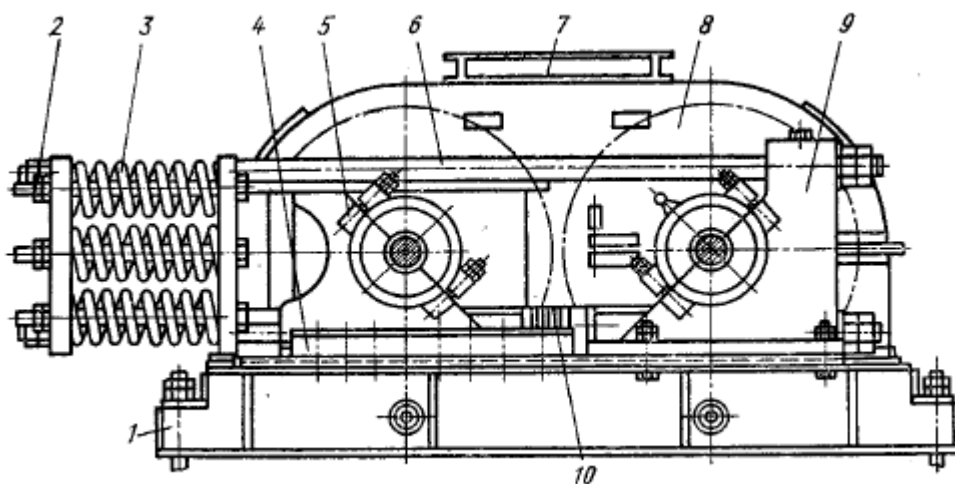


Рис. 8. Двухвалковая дробилка

Предварительное натяжение пружин, создаваемое гайками 2, обеспечивает суммарное усилие на валок, обеспечивающее дробление материала. При попадании в машину недробимых предметов пружины сжимаются, валки расходятся и пропускают их. Для предотвращения пыления дробящие валки закрыты кожухом с приемной воронкой 7.

Основными параметрами, характеризующими работу валковых дробилок, являются угол захвата α , частота вращения валков, их производительность и потребляемая ими мощность [3].

Для захвата материала валками должно соблюдаться условие: $\alpha < 2\varphi$, где φ – коэффициент трения материала о валок.

Предельную частоту вращения валков n (в об/мин) определяют как

$$n = 616 \cdot \sqrt{\varphi / (\rho \cdot d_H \cdot D)}, \quad (1)$$

а предельную окружную скорость валков w (в м/с)

$$w = \pi \cdot D \cdot n / 60, \quad (2)$$

где φ – коэффициент трения; ρ – плотность измельчаемого материала, кг/м³; d_H – начальный диаметр зерен материала, м. Как правило, значение окружной скорости $w = 2,5 \dots 5$ м/с.

Производительность валковой дробилки G (в кг/ч)

$$G = 60 \cdot \pi \cdot D \cdot b \cdot n \cdot l \cdot \rho \cdot \psi, \quad (3)$$

где D – диаметр валков, м; b – ширина зазора между валками, м; l – длина валка, м; n – частота вращения валков, об/мин; ρ – плотность измельченного материала, кг/м³; $\psi = 0,5 \dots 0,7$ – коэффициент, учитывающий неравномерность питания валков.

Если валки вращаются с различной частотой n (в об/мин), то их производительность определяется по средней частоте вращения.

Мощность N (в кВт), потребляемая валковой дробилкой

$$N = 0,117 \cdot D \cdot l \cdot n \cdot \left(120 \cdot d_H + D^2 \right). \quad (4)$$

Здесь значения D , l и d_H даны в м, n – в об/мин.

Размер d_H поступающих на измельчение частиц должен быть в 20...25 раз меньше диаметра D гладких валков и в 10...12 раз меньше диаметра D рифленых валков. Для дробилок с зубчатыми валками $D/d_H = 2 \dots 5$.

В валковых дробилках материал измельчается в сужающемся пространстве между вращающимися навстречу друг другу валками путем раздавливания. При использовании рифленых и зубчатых валков материал измельчается также раскалыванием и изломом.

Ударные дробилки молоткового типа разрушают отходы ударами молотков, находящихся на валу вращающегося с угловой скоростью 800...1000 об/мин барабана. Молотки закреплены шарнирно и при ударе по куску отклоняются. Молотковые дробилки применяют для крупного дробления хрупких и пластичных материалов.

В ряде случаев практикуют жесткое закрепление молотков, что обеспечивает вложение кинетической энергии всего ротора в дробление материала. Дробилки такого типа называют **роторными**. В роторных и молотковых дробилках ударного действия измельчение материала происходит за счет удара по кускам вращающихся бил или молотков, а также соударения отброшенных кусков с отражательными элементами машин.

Молотковые дробилки с горизонтальной осью предназначены для измельчения широкого спектра отходов, включая пластмассовую тару различного типа, жестяные банки и т.п. Отходы измельчаются в зазорах между молотками и решетками. Производительность дробилки 10...15 тонн/час.

Максимальные технические характеристики ударных дробилок таковы: диаметр ротора до 1200...1450 мм, его окружная скорость до 55...70 м/с, крупность загружаемых кусков до 800...1000 мм, производительность до 400...500 тонн/час.

Примером универсальной дробилки для промышленных отходов и бытового мусора является роторная дробилка типа РО (рис. 9). Дробилка предназначена для измельчения отходов древесины, пластмасс, обрезков листового алюминия и других металлов, затвердевших лаков и красок, упаковочной тары, резины, обрезков кабелей и т.д.

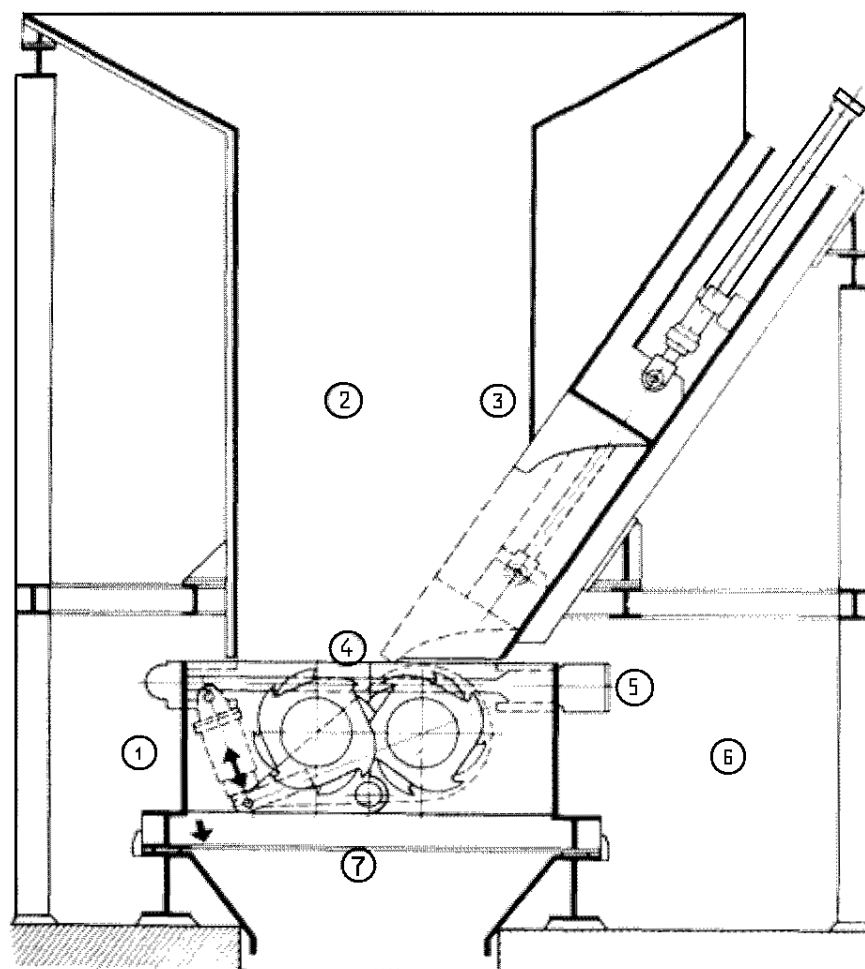


Рис. 9. Дробилка типа РО:

- 1 – корпус; 2 – бункер; 3 – гидравлический толкатель; 4 – литые валы;
 5 – противоперегрузочное устройство; 6 – полость для обслуживания;
 7 – бункер

На станине смонтирован корпус дробилки 1, в котором расположена пара валов 4 с выступающими заостренными кромками. Кромки одного вала входят в промежуток между режущими кромками второго. В процессе работы валы медленно вращаются навстречу друг другу. Загружаемые отходы поступают в приемный бункер 2 и прижимаются к валам 4 при помощи гидравлического толкателя 3. Захватываемый зубьями валов материал испытывает режущее, раскалывающее и разламывающее воздействие, измельчается и падает в бункер 7, откуда удаляется для классификации и дальнейшей переработки. Во избежание поломки валов предусмотрено противоперегрузочное устройство 5 в полости для обслуживания 6.

Окружную скорость вращения молотков (в м/с) определяют по формуле

$$w = P \cdot \tau / m, \quad (5)$$

где P – сила удара, Н; τ – продолжительность удара, с; m – масса измельчаемого тела, кг.

Производительность молотковой дробилки определяют по формуле

$$G = \frac{k \cdot D^2 \cdot L \cdot n^2}{3600 \cdot (i - 1)}, \text{ тонн/час} \quad (6)$$

где D – диаметр ротора, м; L – длина ротора, м; n – частота вращения ротора, об/мин; i – степень измельчения; k – опытный коэффициент, величина которого зависит от конструкции дробилки и твердости измельчаемого материала (обычно $k = 4,0 \dots 6,2$), или по упрощенной формуле

$$G = 35 \cdot D \cdot L \cdot \rho, \quad (7)$$

где ρ – плотность измельчаемого материала, кг/м³.

Мощность N (в кВт), потребляемая молотковой дробилкой, может быть приближенно определена по эмпирической формуле:

$$N = (0,1 \dots 0,15) \cdot i \cdot G, \quad (8)$$

или по формуле

$$N = 0,15 \cdot D^2 \cdot L \cdot n, \quad (9)$$

где n – частота вращения ротора, об/мин.

Для получения мелкой крошки, например в процессе переработки отходов пластмасс, часто используют **роторно-ножевые измельчители** (рис. 10). В них измельчение происходит в узком зазоре между неподвижными ножами, закрепленными внутри статора, и ножами, установленными на вращающемся роторе. Этот метод пригоден для получения крошки диаметром частиц до 2 мм, при этом размер крошки регулируется сменными решетками с различными диаметрами отверстий. В большинстве дробилок такого типа подвижные ножи смонтированы на горизонтальном роторе, и число их может меняться.

Дезинтеграторы состоят из двух роторов типа беличьего колеса большего (до 1500 мм) и меньшего диаметров. Роторы вставлены друг в друга и соосно вращаются в противоположных направлениях с частотой до 3000 об/мин. Эти аппараты используют для среднего и мелкого дробления хрупких и сравнительно мягких материалов. Ободы дезинтегратора стягивают горизонтально расположенные элементы (пальцы) из прутков круглого сечения или клиновидных.

Помимо дробления с помощью механических средств нашли применение специальные способы, основанные на различных физических явлениях, в частности разрушение материалов с помощью электрогидравлического эффекта, сжатой средой, декрипацией и др.

Электрогидравлический эффект основан на использовании высоковольтного разряда в жидкости. Значительная тепловая мощность, выделяемая при разряде, приводит к нагреву вещества до десятков тысяч градусов, его испарению и ионизации. Продукты разряда ведут себя подобно газообразным продуктам взрыва. Это приводит к появлению сверхвысоких гидравлических ударных волн, кавитации, ультразвукового излучения, резонансных эффектов, разрушающих материал. В качестве источника электрического разряда служат генераторы импульсов тока с емкостными накопителями энергии.

В настоящее время электрогидравлический эффект применяют в металлообработке (формование трубчатых и полых изделий, деталей из малопластичных материалов), горном деле (бурение, дробление и измельчение), сельском хозяйстве, пищевой промышленности, в процессах химической технологии, в алмазодобывающей и других отраслях промышленности.

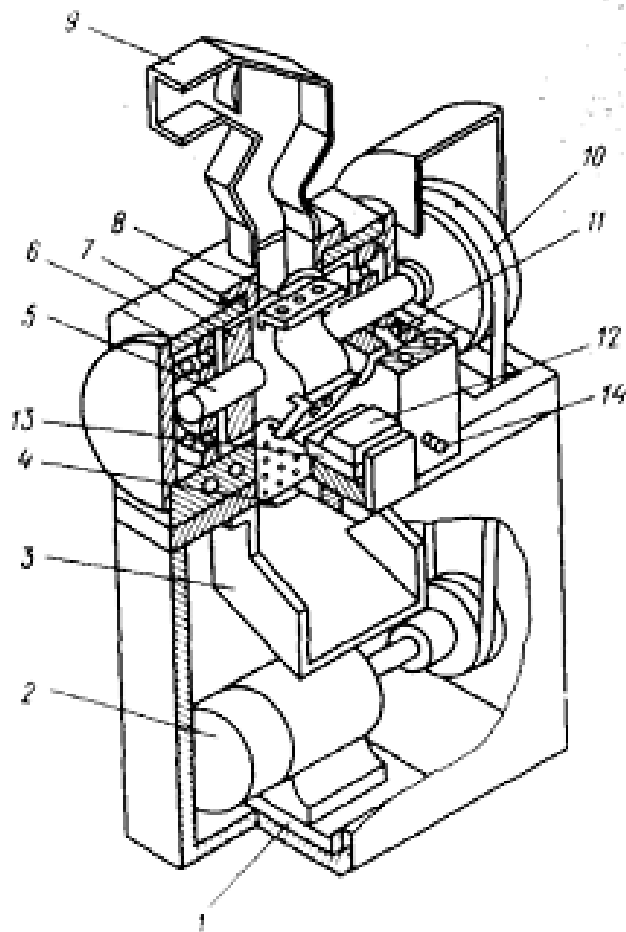


Рис. 10. Роторно-ножевой измельчитель с водяным охлаждением:

- 1 – поворотная плита; 2 – электродвигатель; 3 – лоток;
- 4 – съемная калибрующая решетка; 5 – ротор; 6 – статор;
- 7 – маслоотражатели; 8 – ножи ротора; 9 – загрузочный бункер;
- 10 – маховик; 11 – упорные подшипники; 12 – массодробители;
- 13 – регулируемые ножи статора; 14 – штуцер для подачи воды

Разрушение сжатой средой (взрывом) состоит в создании избыточного давления в кусках дробимого материала, последующей их выдержке под ним и его резком сбросе. При высоком давлении газообразная среда (пар, воздух) проникает в поры и трещины куска, уже на этой стадии разрушая материал за счет адсорбционных процессов в порах, трещинах, плоскостях срастания минералов и образования микротрещин в более слабых участках. При последующем резком сбросе давления газ, расширяясь, разрушает материал.

В используемых для дробления сжатой средой установках исходный материал загружают в камеру, связанную трубопроводом, имеющим клапан, со

второй камерой, в которой создают вакуум. В первой камере поднимают давление, затем сбрасывают его и одновременно открывают быстродействующий клапан. Разрушаемый материал вследствие разницы давлений в первой и второй камерах разгоняется по трубопроводу и на выходе из него в вакуум-камеру ударяется в отбойную плиту, увеличивая степень дробления, достигающую за один цикл 1,5...3,0.

Более высокая дисперсность в процессе измельчения может быть достигнута при использовании измельчителей (мельниц) других конструкций, которые основаны на ударном, ударно-режущем или ударно-импульсном действии.

Для измельчения применяют мельницы (барабанные, вибрационные, струйные) и бегуны [2, 3]. Более распространены барабанные конструкции.

В **барабанных мельницах** измельчение происходит при горизонтальном вращении барабана, внутрь которого загружают материал и мелющие тела – обычно стальные шары, короткие цилиндры или стержни. Внутреннюю поверхность барабана футеруют стальными или чугунными износостойчивыми плитами.

При вращении барабана мелющие тела поднимаются на некоторую высоту и падают, разбивая куски материалов. Для хорошей работы мельницы необходимо правильно выбрать частоту вращения. При слишком большой (**критической**) угловой скорости вращения, дробящие тела центробежной силой прижимаются к стенкам барабана и вращаются вместе с ним, не измельчая отходы. При недостаточной частоте вращения мелющие тела перекатываются в нижней части барабана при незначительном эффекте измельчения. Оптимальная частота вращения составляет 75...80 % от критического значения.

Известны классификации барабанных мельниц по нескольким признакам. В зависимости от **вида измельчающей нагрузки** их подразделяют на **стержневые, шаровые, галечные и самоизмельчения**. Стержневые мельницы используют на стадии грубого измельчения, а шаровые – на стадии тонкого измельчения. В галечных мельницах дробящим телом является кремниевая галька. Она применяется тогда, когда недопустимо даже небольшое загрязнение измельчаемого материала железом от истираемых шаров или стержней. В мельницах самоизмельчения специальные мелющие загрузки отсутствуют, а материал разрушается при падении и перекатывании его кусков. Крупность материала, образующегося при самоизмельчении, весьма неоднородна, и мельница должна работать в замкнутом цикле.

По **форме барабана** мельницы делятся на **конические** и **цилиндрические**. Цилиндрические шаровые мельницы длиной, в 3...6 раз превышающей диаметр, называют **трубными**. Последние могут быть одно-, двух и многокамерными. Увеличение числа камер повышает равномерность и степень измельчения материала. Первая, со стороны загрузки, камера заполняется наиболее крупными шарами, следующие – все более мелкими.

В зависимости от среды, в которой проводят измельчение, различают барабанные мельницы **сухого** и **мокрого помола**. При мокром помоле из-

мельчение проводят в жидкой среде (обычно водной), что предупреждает агрегацию тонких частиц, пыление материала и обеспечивает более равномерный гранулометрический состав готового продукта. Смесь твердых частиц с водой называют **пульпой**, густоту которой характеризуют отношением масс жидкого и твердого вещества (ж/т обычно равным 0,40...0,75) или массовым процентом твердого. Воду в мельницу подают через полую цапфу на одном из торцов барабана, а на противоположном конце через цапфу сливают пульпу. При сухом измельчении материал из мельницы разгружают по ее периферии через решетку. Желаемая степень измельчения в обоих случаях достигается регулированием производительности мельницы и массой мелющей загрузки.

По **схеме измельчения** материала мельницы разделяются на работающие в открытом цикле, и в замкнутом цикле. В последнем случае производится классификация измельчаемого материала по крупности, и недоизмельченная его часть возвращается в мельницу. Замкнутый цикл обеспечивает большую степень и равномерность помола материала, но снижает производительность оборудования.

Современные барабанные мельницы отличаются крупными габаритами и высокой единичной мощностью. Диаметр и длина барабанов стержневых мельниц достигают 4×11 м, шаровых трубных – 4,5×16 м, шаровые мельницы при сухом измельчении и воздушной классификации материала имеют диаметр до 8,5 м. Производительность стержневого агрегата в открытом цикле – до 9 тыс. тонн в сутки. Частота вращения мельницы большого диаметра не превышает 12 об/мин. Мелющая загрузка равна 40...50 % объема аппарата и представляет собой стержни и шары диаметром соответственно 75...100 и 30...120 мм.

В шаровых барабанных мельницах материал измельчается во вращающемся барабане путем удара мелющих тел, падающих с некоторой высоты. Кроме того, при относительном движении мелющих тел и частиц материала происходит истирание последних.

Частоту мельницы (об/мин) принимают равной 75 % от критической

частоты вращения $n_{кр} = \sqrt{\frac{1800}{D}} = \frac{42,4}{\sqrt{D}}$, и определяют по формуле:

$$n = \frac{32}{\sqrt{D}}, \quad (10)$$

где D – внутренний диаметр барабана мельницы, м.

Размер шаров $D_{ш}$ (мм), загружаемых в барабан, зависит от наибольшего начального размера кусков отходов d_H (мм) и размера частиц измельченного продукта d_K (мкм) и может быть определен по формуле:

$$D_{ш} = 6 \cdot (\lg d_K) \cdot \sqrt{d_H}. \quad (11)$$

Производительность мельницы (тонн/час) рассчитывается на выход частиц определенной крупности и может быть ориентировочно определена по формуле:

$$G = K \cdot V \cdot D^{0,6}, \quad (12)$$

где K – коэффициент, определяемый по табл. 2; V – объем барабана, м^3 .

Таблица 2. Значение коэффициента K

Крупность исходного материала, мм	Крупность измельченного материала, мм		
	0,2	0,15	0,075
25	1,31	0,95	0,41
19	1,57	1,09	0,51
12	1,91	1,25	0,58
6	2,4	1,5	0,66

Расход мощности (кВт) на измельчение приблизительно вычисляется по формуле:

$$N = 6,1 \cdot m_{ш} \cdot \sqrt{D}, \quad (13)$$

где $m_{ш}$ – масса шаров, тонн.

К достоинствам барабанных конструкций относятся высокая степень и легкость регулирования помола, однородность готовой продукции, простота и надежность. Их недостатки – большие расходы энергии и габариты, металлоемкость, значительный уровень шума во время работы.

В вибрационных мельницах измельчение материала осуществляется в барабане, заполненном мелющими телами, ударом и истиранием при высокочастотных колебаниях корпуса.

В струйных мельницах измельчение материала происходит истиранием при соударении частиц между собой и со стенками рабочей камеры при хаотическом движении частиц в газовом потоке высокой турбулентности.

Вибрационные и струйные мельницы предназначены для сверхтонкого помола материалов (до нескольких микрон и менее). Более тонкую степень помола (порядка единиц или даже долей мкм) можно получить только в коллоидных мельницах различных вариантов.

На рис. 11 показана вибрационная мельница с внутренним вибратором, предназначенная для измельчения материалов с исходным размером частиц 1...2 мм до 1...5 мкм. Высокая степень измельчения и такая дисперсность продуктов измельчения достигаются как за счет самого способа обработки (удар с истиранием), так и за счет состояния материала в измельчителе. Частицы материала все время находятся во взвешенном состоянии и вибрируют. За счет соударения вибрирующих шаров, заполняющих корпус мельницы, а также их взаимного перемещения происходит интенсивное измельчение поступающего в корпус материала.

Как и для дробления, для измельчения, помимо механических средств, используют специальные способы, основанные на различных физических явлениях, в частности на электрогидравлическом эффекте, разрушении взрывом. Один из недостатков, возникающих при измельчении вязких, упругих и вязкоупругих материалов (резина, некоторые виды термопластов и др.), заключается в том, что при комнатной температуре энергозатраты на их пере-

работку очень велики, хотя непосредственно на измельчение расходуется не более 1 % энергии, основная же ее часть преобразуется в теплоту. Поэтому в последние 15...20 лет все большее применение находит техника криогенного измельчения, которая позволяет охлаждать материал ниже температуры хрупкости. Как правило, в качестве охлаждающего агента используют жидкий азот, имеющий температуру -196°C , что ниже температуры хрупкости большинства полимерных материалов. При таком способе дробления резко возрастает степень измельчения, повышается производительность процесса, снижаются удельные энергозатраты, предотвращается окисление продукта.

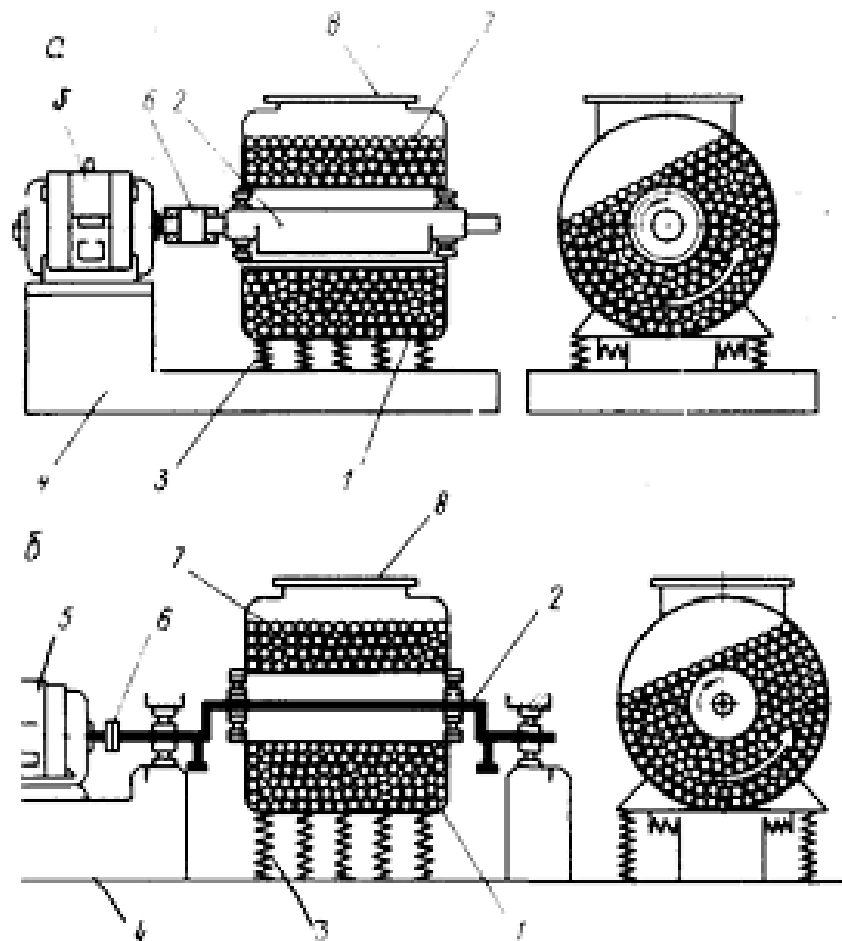


Рис. 11. Схема вибрационной мельницы с внутренним вибратором:
а – инерционным; б – вибрационным;
1 – корпус; 2 – вибратор; 3 – опоры; 4 – рама;
5 – электродвигатель; 6 – муфта; 7 – мелющие тела (шары); 8 – люк

Для мелкого дробления (конечный размер частиц 3...8 мм) и грубого помола (0,2...0,5 мм) материалов применяются **бегуны**. Кроме того, бегуны могут также обеспечить растирание, гомогенизацию, уплотнение и обезвоздушивание материала. Измельчение материалов в бегунах является одним из наиболее древних способов. Оно реализуется за счет раздавливающих и истирающих нагрузок, возникающих при качении тяжелых жерновов по твердой

кольцеобразной плите. Бегуны используют для измельчения, с одновременным растиранием и перемешиванием, вязких и мягких пластичных масс и для грубого помола (не тоньше 0,1 мм) других материалов. Они могут работать в сухом и мокром вариантах измельчения, непрерывно и периодически, но, как правило, в открытом цикле. Самые мощные бегуны мокрого измельчения имеют катки диаметром и шириной 1800×800 мм, чаши диаметром до 3,6 м в виде кольцевого желоба, скорость вращения 10...15 об/мин, производительность до 43 тонн/час.

В бегунах может осуществляться как сухой, так и мокрый помол материалов. Главным параметром бегунов является диаметр D и ширина b катков. Для мокрого помола выпускают бегуны с размерами $b \times D$ от 1200×300 до 1800×550 мм с катками массой, соответственно 2...7 т. Для сухого помола изготавливают бегуны с $b \times D$ от 600×6200 до 1800×450 мм.

Бегуны мокрого помола (влажностью более 15 %) с вращающимися катками имеют нижнее расположение привода. Применяют также верхний привод катков, бегуны с вращающейся чашей, бегуны с пружинным, гидравлическим или пневматическим прижимом катков. Использование последних позволяет снизить металлоемкость машины.

Пример расчета валковой дробилки [3]. Определить частоту и скорость вращения валков дробилки, если диаметр валков $D = 0,25$ м; ширина зазора между валками $b = 0,0025$ м; длина валка $l = 2$ м; плотность измельчаемого материала $\rho = 900$ кг/м³; коэффициент трения материала о валок $\varphi = 0,28$; коэффициент неравномерности питания валков $\psi = 0,6$; исходный размер зерен перерабатываемого материала $d_H = 12,5$ мм.

Частота вращения валков согласно формуле (1)

$$n = 616 \cdot \sqrt{0,28 / (900 \cdot 0,0125 \cdot 0,25)} = 194 \text{ об/мин.}$$

Окружная скорость вращения валков по формуле (2)

$$w = 3,14 \cdot 0,25 \cdot 194 / 60 = 2,5 \text{ м/с.}$$

Производительность валковой дробилки по формуле (3)

$$G = 60 \cdot 3,14 \cdot 0,25 \cdot 0,0025 \cdot 194 \cdot 2 \cdot 900 \cdot 0,6 = 24683,5 \text{ кг/ч.}$$

Мощность N , потребляемая валковой дробилкой по формуле (4)

$$N = 0,117 \cdot 0,25 \cdot 2 \cdot 194 \cdot \left(120 \cdot 0,0125 + 0,25^2 \right) = 17,7 \text{ кВт.}$$

Пример расчета молотковой дробилки [3]. Имеется молотковая дробилка марки СМ-18. Диаметр ее ротора $D = 800$ мм, длина $L = 400$ мм, ширина отверстий колосниковой решетки 13 мм, частота вращения ротора $n = 950$ об/мин. Мощность электродвигателя дробилки $N = 20$ кВт.

Проверить, пригодна ли эта дробилка для измельчения с производительностью $G = 25$ тонн/час отходов средней твердости, размер кусков которых 100 мм. Диаметр кусков дробленого продукта должен составлять 10 мм.

Степень измельчения продукта:

$$i = \frac{100_{\text{мм}}}{10_{\text{мм}}} = 10.$$

Производительность дробилки определяем по формуле (6):

$$G = \frac{4 \cdot 0,8^2 \cdot 0,4 \cdot 950^2}{3600 \cdot (10 - 1)} = 28,5 \text{ тонн/час.}$$

Потребляемую мощность находим по формуле (8):

$$N = 0,1 \cdot 10 \cdot 28,5 = 28,5 \text{ кВт.}$$

Следовательно, дробилка может быть использована на заданную производительность, но к ней должен быть установлен более мощный электродвигатель ($N = 30$ кВт).

Пример расчета шаровой барабанной мельницы [3]. Рассчитать шаровую мельницу, размеры барабана которой $D \times L = 1500 \times 3000$ мм, если 85 % кусков исходного материала имеют размер $d_H = 25$ мм, а 85 % зерен измельченного продукта имеют диаметр d_K менее 150 мкм, насыпная плотность стальных шаров $\rho_{ш} = 4100$ кг/м³.

По формуле (10) число оборотов мельницы составит:

$$n = \frac{32}{\sqrt{1,5}} = 26 \text{ об/мин.}$$

Объем барабана мельницы:

$$V = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot L}{4} = \frac{3,14 \cdot 1,5^2 \cdot 3}{4} = 5,3 \text{ м}^3.$$

Диаметр загружаемых шаров находим по формуле (11):

$$D_{ш} = 6 \cdot (\lg 150) \cdot \sqrt{25} = 65,3 \text{ мм.}$$

Принимаем $D_{ш} = 70$ мм.

Принимаем степень заполнения барабана шарами $\eta = 0,4$. Тогда масса загружаемых шаров составит:

$$m_{ш} = \eta \cdot V \cdot \rho_{ш} = 0,4 \cdot 5,3 \cdot 4100 = 8700 \text{ кг.}$$

Производительность (считая на измельченный продукт) согласно формуле (12) равна:

$$G = K \cdot V \cdot D^{0,6} = 0,95 \cdot 5,3 \cdot 1,5^{0,6} = 6,42 \text{ тонн/час.}$$

Потребляемая мощность по формуле (13) составит:

$$N = 6,18,7 \cdot \sqrt{1,5} = 65 \text{ кВт.}$$

5. Термическая сушка перерабатываемых отходов

В данном разделе объемом около 10-12 страниц записки приводятся технические характеристики установок для сушки перерабатываемых отходов. После чего выполняется тепловой расчет сушилки, соответствующей виду перерабатываемого вторичного сырья.

Термическая сушка предназначена для обеззараживания и уменьшения массы отходов, предварительно обезвоженных на вакуум-фильтрах, центрифугах или фильтр-прессах.

Сушка представляет собой процесс удаления влаги из твердого или пастообразного материала путем испарения содержащейся в нем жидкости за счет подведенного к материалу тепла. Это термический процесс, требующий значительных затрат тепла.

Сушка получила широкое распространение в области обработки измельченных бытовых и промышленных отходов (барабанные сушилки, сушка во встречных струях). Процессы термического удаления той части влаги, которую невозможно удалить механическим путем, осуществляются конвективным, контактным, радиационным и комбинированными способами.

Процесс сушки осуществляется за счет тепловой энергии, вырабатываемой в генераторе тепла. Генератором тепла могут служить паровые или газовые калориферы, топки, работающие на твердом, жидком или газообразном топливе, инфракрасные излучатели и генераторы электрического тока. Выбор генератора тепла обычно определяется схемой и методом сушки, физическими свойствами высушиваемого материала и требуемым режимом сушки. При возможности целесообразно использовать тепло отходящих газов или отработанного пара, при этом одновременно утилизируются тепловые отходы.

По технологическим признакам сушилки можно классифицировать следующим образом:

- по давлению (атмосферные и вакуумные);
- по периодичности процесса (периодического, полунепрерывного и непрерывного действия);
- по способу подвода тепла (конвективные, контактные, радиационные и сушилки с нагревом материала токами высокой частоты);
- по роду сушильного агента (воздушные, газовые и сушилки на перегретом или насыщенном паре);
- по направлению движения материала и теплоносителя (прямоточные, противоточные и перекрестного тока);
- по тепловой схеме (калориферные, с дополнительным внутренним обогревом, с рециркуляцией части отработанного воздуха, со ступенчатым подогревом и комбинированные, например, со ступенчатым подогревом и рециркуляцией);
- по способу обслуживания (с ручным обслуживанием и механизированные);
- по способу нагрева (с паровыми, огневыми воздухоподогревателями, путем смешения с продуктами сгорания, с электронагревом);
- по циркуляции теплоносителя (с естественной, искусственной циркуляцией, однократной и многократной циркуляцией).

Типовые конструкции сушилок следующие: шкафные, камерные, туннельные, шахтные, ленточные, барабанные, вальцевые (контактные), пневматические, распыливающие, с кипящим слоем, вибрационные.

Конвективная сушка воздухом или газом является наиболее распространенной. В воздушной сушке, так же как и в газовой, тепло передается от теплоносителя непосредственно высушиваемому веществу. Для получения материала необходимого качества особое внимание должно уделяться технологическому режиму сушки, правильному выбору параметров теплоносителя и режиму процесса (выбор оптимальной температуры нагрева материала, его влажности и т.д.). Оптимальный режим сушки, влияющий на технологические свойства материала, зависит от связи влаги с материалом.

По мере удаления влаги с поверхности материала за счет разности концентрации влаги внутри материала и на его поверхности, происходит движение влаги к поверхности путем диффузии. В некоторых случаях имеет место так называемая термодиффузия, когда движение влаги внутри материала происходит за счет уменьшения разности температур на поверхности и внутри материала. При конвективной сушке оба процесса имеют противоположное направление, а при сушке токами высокой частоты – одинаковое.

Сушка – процесс тепломассообменный. Удаление влаги с поверхности тесно связано с продвижением ее изнутри к поверхности. При сушке некоторых материалов до низкой конечной влажности тепло расходуется не только на подогрев материала и испарение влаги из него, но и на преодоление связи влаги с материалом. В большинстве случаев при сушке удаляется водяной пар, однако, в химической промышленности иногда приходится удалять пары органических растворителей. Независимо от того, какая жидкость будет испаряться, закономерности процесса те же.

Критериями выбора основных типов сушилок для обработки отходов являются: их исходные свойства (консистенция, влажность, гранулометрический состав, токсичность, пожаровзрывоопасность и т.д.); требования, предъявляемые к конечному продукту (физико-химические и механические свойства); вопросы технологии; стоимостные показатели.

Ниже рассматриваются основные типы сушилок, которые могут применяться в технологии обработки промышленных и бытовых отходов.

Барабанные сушилки получили наибольшее распространение для термической сушки отходов. Такие сушилки выпускаются диаметром 1...3,5 м и длиной 4...27 м, производительностью по испаряемой влаге 0,3...15 тонн/час. В сушилках отходы подсушиваются до влажности 30...40 %.

В барабанных сушилках тепло передается от сушильного агента непосредственно высушиваемому материалу внутри сушильного барабана, т.е. в барабанных сушилках применяют конвективный способ передачи тепла.

Существуют также конструкции барабанных сушилок, в которых тепло передается через обогреваемую стенку. В качестве сушильного агента используют воздух или дымовые газы.

Барабанная сушилка для сушки сыпучих материалов представляет собой цилиндрический барабан 1 (рис. 12), с прикрепленными к нему бандажами 9, опирающимися на группы роликов 3 и приводимых во вращение от привода 4 через зубчатый венец 5, укрепленный на барабане. Мощность электродвигателя привода барабана зависит от геометрических размеров сушилки и колеблется от 2,5 до 200 кВт. Зубчатая венцовая пара закрывается кожухом 10. Частота вращения барабанных сушилок $n = 1 \dots 8$ об/мин.

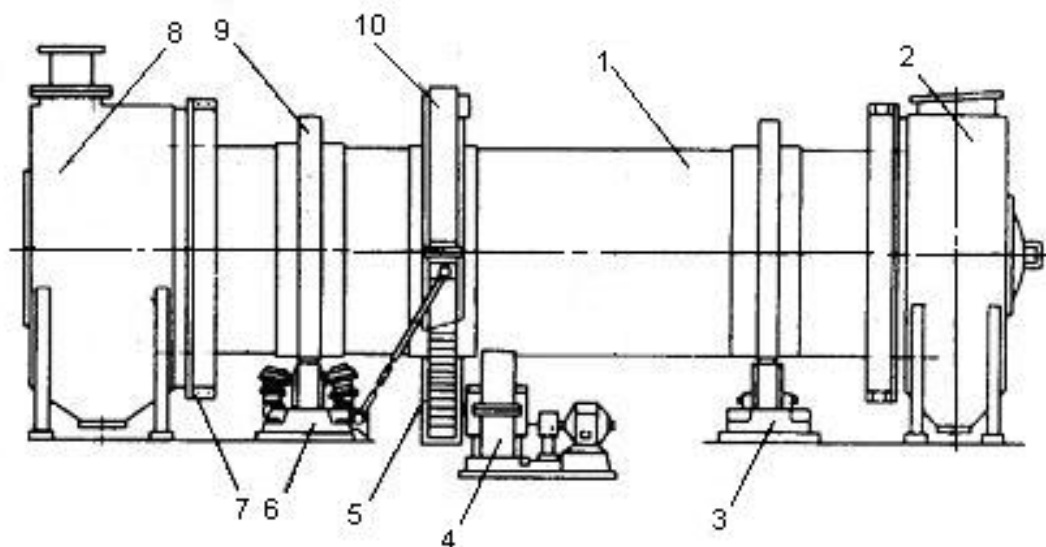


Рис. 12. Барабанная сушилка:

- 1 – барабан; 2 – разгрузочная камера; 3 – группа роликов; 4 – привод;
 5 – зубчатый венец; 6 – опора с боковыми роликами; 7 – уплотнение;
 8 – загрузочная камера, 9 – бандаж; 10 – кожух

Барабан устанавливается с небольшим наклоном, который регламентирует время пребывания материала и определяется экспериментально или расчетом. Высушиваемый материал подается в загрузочную камеру 8 питателем (на схеме не показан), установленным над точкой. Материал поступает на приемно-винтовую насадку, приваренную под углом 60° . Длина насадки от 700 до 1100 мм в зависимости от диаметра барабана. Число лопастей насадки 8...16. Приемно-винтовой насадкой материал подается на основную насадку. Для равномерного распределения высушиваемого продукта между двумя вилами насадок делается разрыв от 50 до 250 мм. При вращении барабана лопасти насадки подхватывают материал, поднимают его и сбрасывают. В это время продукт продувается сушильным агентом и высушивается. За счет установки барабана под небольшим наклоном (до 6°) материал постепенно перемещается к разгрузочной камере 2.

Сушильный агент и материал в барабане движутся относительно друг друга прямотоком или противотоком. Во избежание уноса высушиваемого продукта в первом случае скорость газа не должна превышать 3 м/с. Объем барабана заполняется материалом на 20 %. Основными недостатками барабанных сушилок являются их громоздкость и большая металлоемкость, высокие капитальные затраты и эксплуатационные расходы.

В последние годы большое применение получили сушилки с взвешенным слоем. В зависимости от режима сушки различают сушилки с кипящим и фонтанирующим слоем.

Сушилки с кипящим слоем. К сушилкам конвективного типа относятся сушилки с так называемым кипящим, или псевдоожиженным, слоем. Их широко применяют для сушки зернистых, сыпучих, а в ряде случаев и пасто-

образных материалов. Продолжительность сушки материала в кипящем слое резко сокращается. Преимущества этого способа сушки заключаются в интенсивном перемешивании твердых частиц и теплоносителя, в большей площади поверхности контакта фаз, а также в простоте конструкции сушилки.

При подаче воздуха через слой зернистого материала снизу (рис. 13) последний фильтруется. С повышением скорости газа увеличивается давление на частицы и при достижении критической скорости (скорость псевдооживления) частицы поднимаются и хаотически циркулируют в слое.

При этом перепад давлений в слое практически становится постоянным. С дальнейшим ростом скорости газа частицы выносятся из слоя частиц (пневмотранспорт).

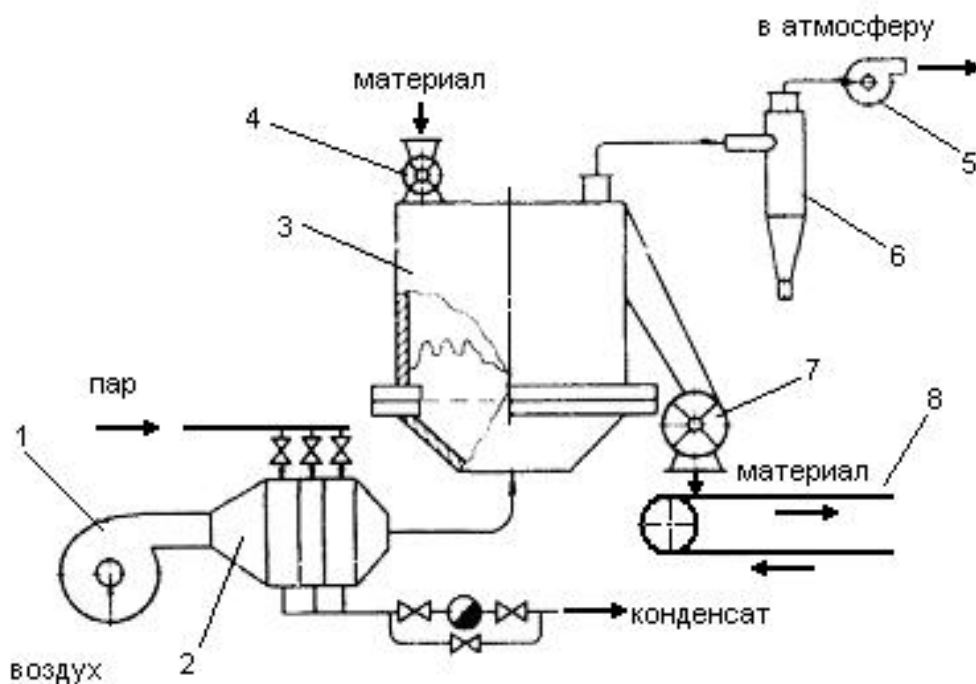


Рис. 13. Схема однокамерной сушилки с кипящим слоем:

- 1 – воздуходувка; 2 – топка; 3 – сушилка; 4 – загрузочное устройство;
5 – дымосос; 6 – циклон; 7 – затвор; 8 – конвейер

В состоянии псевдооживления частицы твердого материала интенсивно перемешиваются в слое, в результате чего увеличивается площадь поверхности контакта фаз, а температуры и концентрации во всем объеме выравниваются. Скорость процессов при этом резко возрастает. Таким образом, использование кипящего слоя для сушки материалов позволяет добиться ее равномерности при высокой интенсивности процесса.

Возможность регулирования температуры и времени пребывания материала в сушилке до некоторой степени компенсирует недостаток, связанный с повышенными расходами электроэнергии для создания давления воздуха в 0,003... 0,005 кПа (300...500 мм вод. столба).

В сушилках с кипящим слоем обычно сушат продукт с размерами зерен от 0,1 до 5 мм. Как правило, эти сушилки отличаются высокой надежностью.

Они могут работать как холодильники для продуктов в потоке холодного воздуха. Сушилки с кипящим слоем делятся по технологическому назначению на периодические, полунепрерывные и непрерывные.

Наибольшее распространение получили сушилки непрерывного действия. Сушилки периодического действия используются в основном для мелких производств.

По виду теплоносителя сушилки делятся на воздушные, газовые и воздушно-радиационные, в которых осуществляется дополнительный подвод тепла с помощью инфракрасных излучателей. Сушка производится горячим воздухом либо горячими дымовыми или инертными газами.

На рис. 14 показана схема сушилки с фонтанирующим слоем. Влажные отходы из бункера с помощью питателя подается в сушильную камеру. Теплоноситель, поступающий в сушилку через газораспределительную решетку, подхватывает частицы влажных отходов, увлекает их за собой и фонтаном отбрасывает к стенкам камеры. Частицы сползают по боковым поверхностям конуса к решетке, где вновь подхватываются потоком теплоносителя. Отходы, таким образом, циркулируют в сушильной камере. Высушенный материал выгружается через разгрузочное устройство.

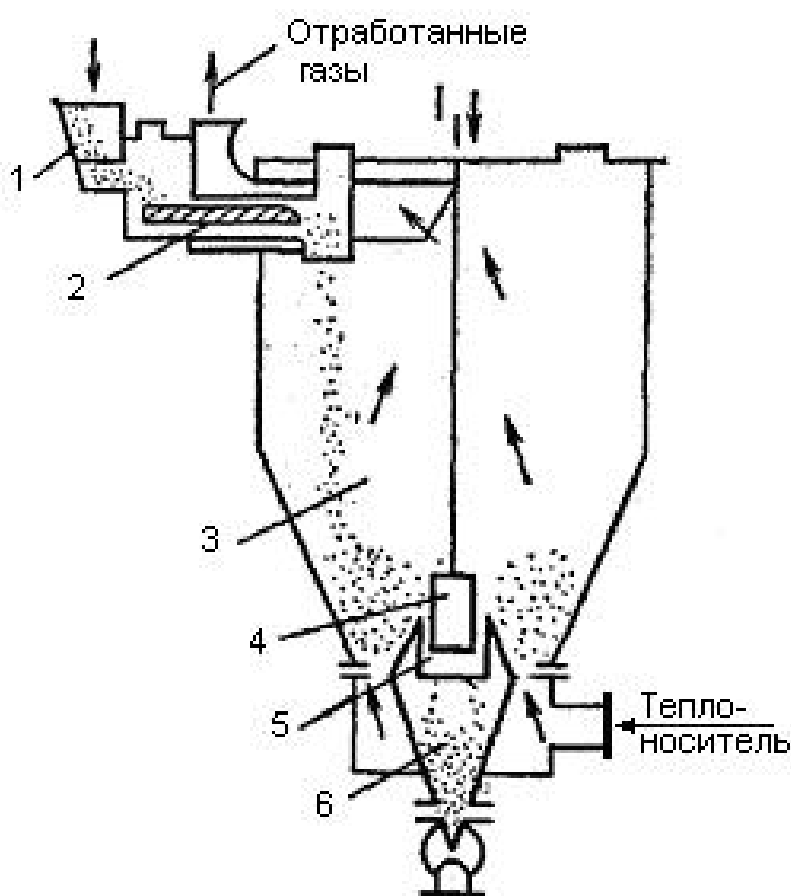


Рис. 14. Сушилка с фонтанирующим слоем:

1 – бункер; 2 – питатель; 3 – сушильная камера; 4 – переливной порог; 5 – решетка; 6 – разгрузочное устройство

Теплоноситель, поступающий в сушилку через газораспределительную решетку, подхватывает частицы влажных отходов, увлекает их за собой и фонтаном отбрасывает к стенкам камеры. Частицы сползают по боковым поверхностям конуса к решетке, где вновь подхватываются потоком теплоносителя. Отходы, таким образом, циркулируют в сушильной камере. Высушенный материал выгружается через разгрузочное устройство.

Распылительные сушилки. Сушка распылением широко применяется для обезвоживания концентрированных растворов веществ, в результате чего готовый продукт получается в виде порошка или гранул. При этом материал, подлежащий высушиванию, распыливается в сушильной камере при помощи специальных приспособлений. Вследствие образования капель площадь поверхности материала резко возрастает. При этом сушка происходит практически мгновенно.

В качестве сушильного агента используют горячий воздух, дымовые и инертные газы. При сушке распылением материал не перегревается и температура на поверхности обычно в пределах 60...70°C. Это объясняется тем, что при малых размерах частиц (до 4...5 мкм) испарение идет очень быстро, и материал не успевает нагреться за то время, пока частица соприкасается с горячими газами, имеющими температуру до 1200 °C. Несмотря на то, что время сушки составляет 15...30 с, поверхность материала не пересыхает. Возможна сушка и холодным теплоносителем, когда распыливаемый нагретый материал высушивается в токе холодного воздуха и оседает уже в виде твердых частиц.

Сушка растворов, перегретых перед распылением, способствует уменьшению размеров сушильных камер. Качество продукта в распылительной сушилке высокое, так как он не подвергается ни окислению, ни термическому разложению. Готовый продукт получается однородным. Производительность установок значительная, они работают в непрерывном цикле, что позволяет провести автоматизацию процесса. Применение распылительных сушилок дает возможность ликвидировать предшествующие процессы фильтрации и центрифугирования, упростить обслуживание сушилок.

Недостатки распылительных сушилок следующие:

- отсутствие циркуляции теплоносителя, что приводит к повышенному расходу электроэнергии;
- громоздкость конструкции, большие габариты;
- сложность распыливающих и пылеулавливающих устройств;
- сравнительно высокая стоимость сушилки.

Несмотря на перечисленные недостатки, область применения распылительных сушилок непрерывно расширяется.

Схема сушильной установки представлена на рис. 15. Воздух воздуходувкой 1 подается в сушильную камеру 3, затем проходит в теплообменник 2. Нагрев может быть паровым или газовым. Вместо воздуха могут использоваться дымовые газы. В камере горячий газ встречается с каплями продукта, распыленного с помощью распылительного диска 4. Газ отсасывается дымососом 5, проходя предварительно через циклон 6, и выбрасывается в атмосферу. В качестве осадительных устройств используются циклоны, рукавные фильтры или орошаемые скрубберы. Распыление осуществляется при помощи вращающихся дисков, механических или пневматических форсунок.

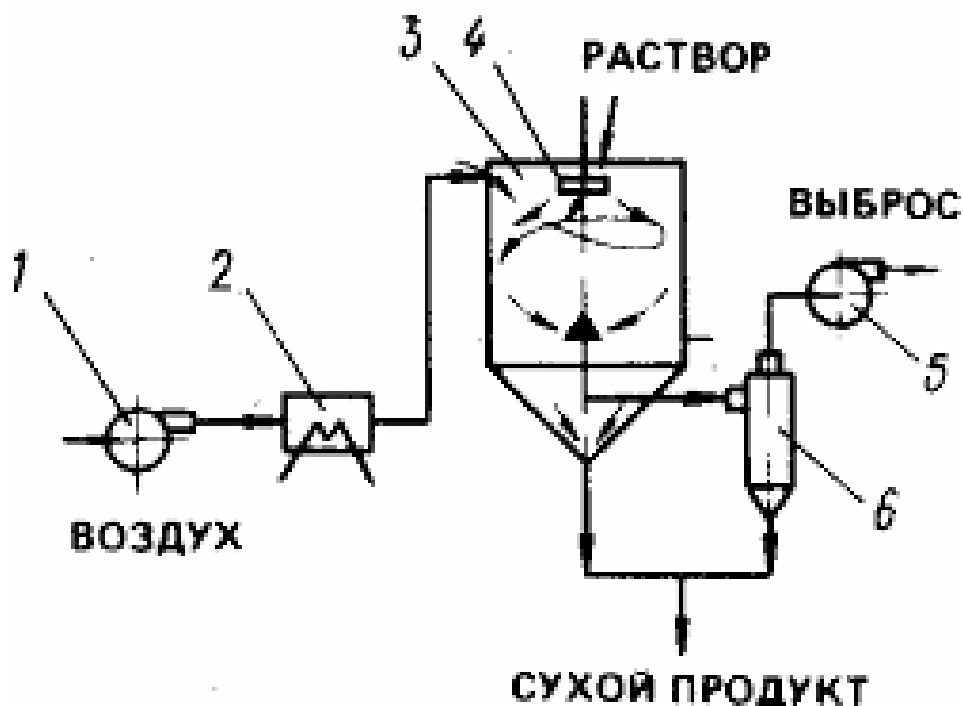


Рис. 15. Общая схема распылительной сушильной установки:
 1 – воздуходувка; 2 – теплообменник; 3 – сушильная камера;
 4 – распылительный диск; 5 – дымосос; 6 – циклон

Влагосъем A_v с 1 м³ действующих распылительных сушилок превышает обычно 10...12 кг за 1 ч. Влагосъем вычисляется как $A_v = W/(V_k \cdot T)$, где W – масса испаряемой влаги, кг; V_k – объем сушильной камеры, м³; T – время сушки, ч.

Сушилки со встречными струями. В последние годы получили распространение сушилки со встречными струями газовой взвеси. Сущность метода заключается в том, что частицы материалов, находясь во взвешенном состоянии в горячем газовом потоке (т.е. образуя так называемую газовую взвесь), движутся по соосным горизонтальным трубам навстречу друг другу и, в результате ударной встречи струй, вступают в колебательное движение, проникая из одной струи в другую. Это приводит к увеличению истинной концентрации материалов в зоне сушки. При достаточно высоких скоростях движения сушильного агента происходит измельчение материала. При этом также увеличивается суммарная площадь поверхности тепло и массообмена.

На рис. 16 представлена схема сушилки со встречными струями. Обезвоженный на вакуум-фильтрах или центрифугах материал транспортером подается в приемно-раздаточный бункер 5, туда же поступают высушенные отходы. Смесь равномерно подается в два двухвалковых шнековых питателя 6, с помощью которых продавливается через фильтры в разгонные трубы 2, куда с большой скоростью поступают горячие газы, выходящие из сопел камер сгорания 3. Материал захватывается потоком газа и выбрасывается через

разгонные трубы в стояк сушильной камеры 1. В стояке 1 оба потока сталкиваются, в результате чего происходит измельчение частиц отходов, увеличение суммарной площади поверхности тепло- и массообмена, что способствует интенсивной сушке.

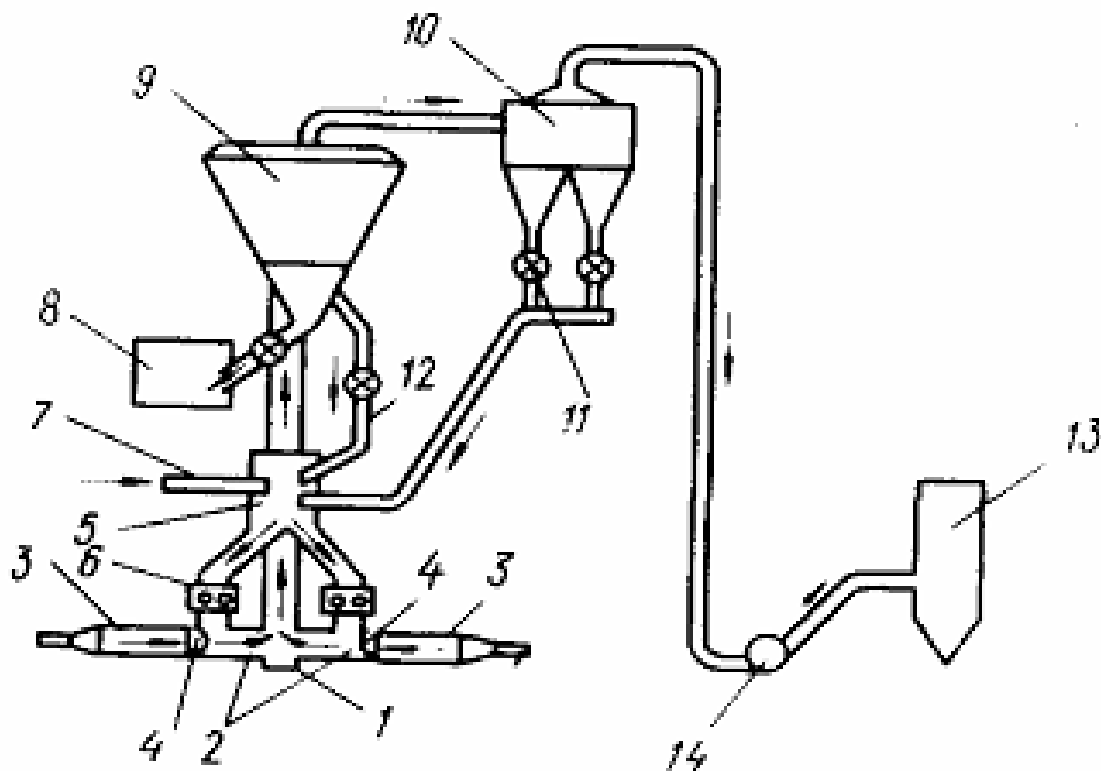


Рис. 16. Схема сушилки со встречными струями:

- 1 – стояк; 2 – разгонные трубы; 3 – камера сгорания; 4 – сопло;
 5 – приемораздаточный бункер; 6 – шнековый питатель; 7 – транспортер;
 8 – бункер готовой продукции; 9 – воздушно-проходной сепаратор;
 10 – батарейные циклоны; 11 – шлюзовые затворы; 12 – трубопровод ретура;
 13 – мокрый скруббер; 14 – дымосос

Из сушильной камеры газовая взвесь выносится в воздушно-проходной сепаратор 9, в котором происходит досушивание материала с одновременным разделением газовой взвеси. Отходящие газы отсасываются в батарейные циклоны 10 и затем дымососом 14 подаются в мокрый скруббер 23. Высушенный материал выводится из сепаратора через шлюзовые затворы 11 и подается в бункер готовой продукции. Туда же направляется пыль, уловленная в циклонах. Применяемые в настоящее время сушилки со встречными струями имеют производительность по испаряемой влаге 3...5 тонн/час.

На выбор метода и режима сушки отходов влияют прежде всего количество влаги в отходах и формы ее связи с твердой фазой, а также теплофизические свойства и дисперсный состав.

Пример расчета барабанной сушилки [3]. Подобрать барабанную сушилку для сушки измельченных отходов с производительностью $G_1 = 16,15$

тонн/сутки = 672,9 кг/ч с влажностью $w_1 = 78 \%$. Влажность отходов на выходе из сушилки $w_2 = 25 \%$. Температура сушильного агента (дымовых газов) на входе в сушилку $T_1 = 800^\circ\text{C}$, на выходе из сушилки $T_2 = 250^\circ\text{C}$. Температура отходов, поступающих на сушку, $t_1 = 20^\circ\text{C}$. Температура отходов после сушки $t_2 = 70^\circ\text{C}$. Теплоемкость отходов $C_m = 3,98 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$. Производительность барабана по испаряемой влаге $A_v = 60 \text{ кг}/\text{м}^3\cdot\text{ч}$.

Скорость испарения влаги в процессе сушки

$$W = G_1 \cdot \frac{w_1 - w_2}{100 - w_2} = 672,9 \cdot \frac{78 - 25}{100 - 25} = 475,5 \text{ кг/ч.}$$

Количество отходов, выгружаемых из сушилки

$$G_2 = 0,85 \cdot (G_1 - W) = 0,85 \cdot (672,9 - 475,5) = 167,8 \text{ кг/ч,}$$

где 0,85 – коэффициент, учитывающий унос сухого осадка с отводящими газами из сушилки.

Расход мощности сушилки на испарение влаги

$$Q_W = W \cdot [(r_0 + C_n \cdot T_2) - C_v \cdot t_1] = 475,5 \cdot [(2490 + 1,97 \cdot 250) - 4,19 \cdot 20] / 3600 = 383 \text{ кВт,}$$

где $r_0 = 2490 \text{ кДж/кг}$ – теплота парообразования; $C_n = 1,97 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$ – теплоемкость водяного пара; $C_v = 4,19 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$ – теплоемкость воды.

Расход мощности сушилки на нагревание отходов

$$Q_G = G_2 \cdot C_m \cdot (t_2 - t_1) / 3600 = 167,8 \cdot 3,98 \cdot (70 - 20) / 3600 = 9,3 \text{ кВт,}$$

где $C_m = 3,98 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$ – теплоемкость отходов.

Потери мощности в окружающую среду

$$Q_{\Pi} \approx 0,1 \cdot Q_W = 0,1 \cdot 383 = 38,3 \text{ кВт,}$$

где 0,1 – коэффициент потерь мощности в окружающую среду.

Общий расход мощности на сушку

$$Q_{\Sigma} = Q_W + Q_G + Q_{\Pi} = 383 + 9,3 + 38,3 = 430,6 \text{ кВт.}$$

Расход топлива на сушку

$$q_m = \frac{Q_{\Sigma} \cdot 3600}{Q_{\min} \cdot \eta} = \frac{430,6 \cdot 3600}{34270 \cdot 0,82} = 55,2 \text{ м}^3/\text{ч,}$$

где $\eta = 0,8 \dots 0,85$ – КПД топки; $Q_{\min} = 34270 \text{ кДж}/\text{м}^3$ – низшая теплотворная способность топлива.

Удельный расход тепла на испарение влаги

$$q_w = \frac{Q_{\Sigma} \cdot 3600}{W} = \frac{430,6 \cdot 3600}{475,5} = 3260 \text{ кДж/кг.}$$

Требуемый объем сушильного барабана

$$V = 1,2 \cdot \frac{G_W}{A_v} = 1,2 \cdot \frac{475,5}{60} = 9,51 \text{ м}^3,$$

где 1,2 – коэффициент, учитывающий заполнение барабана сушилки.

По табл. 3 принимаем к установке барабанную сушилку диаметром 1,6 м и длиной 8 м с объемом сушильного барабана 16 м^3 .

Таблица 3. Техническая характеристика барабанных сушилок

Диаметр и длина барабана, м		Скорость вращения барабана, об/мин	Мощность электродвигателя привода барабана, кВт	Общая масса барабана, т
1,6	8,0	1,6...3,15	7...10	16,8
	10,0			17,67
	12,0	3,15...6,3	14...20	19,03
2,0	8,0	1,6...3,15	10...20	23,46
	10,0			26,3
	12,0	3,15...6,3	28...40	28,73
2,2	10,0	1,6...3,15	14...20	31,53
	12,0			33,92
	14,0	3,15...6,3	28...40	38,03
	16,0			40,41
2,5	12,0	2...6	24...75	75,52
	14,0			80,43
	18,0			91,25
	20,0			96,41
2,8	14,0	2...6	24...75	102,51
	16,0			91,28
	20,0			116,82
	22,0		32...100	131,07
3,0	18,0	2...6	40...125	138,14
	20,0		32...100	145,40
3,2	18,0	2...6	50...160	145,40
	20,0		66...200	171,12
3,5	18,0	2...6	66...200	188,91
	22,0			188,91
	27,0			230,20

6. Применение переработанных отходов в качестве вторичного сырья

В разделе описываются возможные варианты использования переработанных отходов [1, 4, 5, 7, 8]. Приводятся изображения и технические характеристики получаемой из переработанных отходов продукции. Объем раздела 5-6 страниц.

В качестве примера выполнения раздела опишем возможное применение переработанного боя от стеклотары.

Из всех компонентов ТБО особенно выгодной считается переработка стеклянного боя. Значительное количество стеклянного боя образуется и на промышленных предприятиях. При утилизации стеклянного боя предпочтение отдается технологиям переработки, которые не оказывают вредного воздействия на окружающую среду и не требуют больших затрат энергии. Поэтому широкое распространение получили такие методы, как использование

новейших перерабатывающих систем с циркуляционным движением теплоносителя, расплавление и фильтрация стекла по современной “газовой” технологии и т.д. Полученная после соответствующей переработки стекломасса может использоваться для изготовления различных строительных материалов, конструкций и изделий: стеклоблоков, стеклопакетов, обычного оконного стекла, изоляционных материалов и других видов продукции.

Одно из основных направлений использования стеклянного боя – **производство тары (банок, бутылок)**, являющееся наиболее массовым производством с наименее жесткими требованиями к постоянному химическому составу стекломассы. Это позволяет использовать разный по цвету и составу стеклянный бой.

Не менее значимым направлением использования стеклянного боя является **производство пеноматериалов**. Такие материалы могут применяться для изоляции стен, перекрытий, кровли, при изготовлении сэндвич-панелей, для утепления трубопроводов, тепловых и холодильных агрегатов, а также использоваться как легкий заполнитель бетона. Английская фирма “Глас Файберг” разработала новый способ производства **стекловолокна** из стеклянного боя, позволяющий снизить стоимость стекловолокна на 30 %.

Школа горного дела в Колорадо (США) предложила новый материал – **тиксит**, вырабатываемый из дробленого стеклянного боя (32 %), строительного бутового камня (62 %) и глины (6 %). Плиты, получаемые из тиксита, очень прочны, отличаются низким поглощением воды, красивы, их производство обходится дешевле производства стандартных пеноматериалов.

В Калифорнийском университете (США) запатентован способ производства **пеностекла** из измельченного, смешанного по цвету тарного стеклянного боя. Из пеностекла можно изготавливать кирпичи и блоки.

Ассоциация американских изготовителей стеклотары разработала **новый вид белых и цветных кирпичей**, изготовленных из макулатуры и стеклянного боя. Масса их на 2/3 меньше, чем у обычных кирпичей, а стоимость – на 30 % ниже. Кирпичи огнеупорны и водостойки.

За последние 15 лет в США, Канаде, Германии созданы технологии, предусматривающие использование отходов стеклянного боя при **строительстве автомобильных дорог**. На строительном факультете университета в штате Миссури (США) разработан материал “**гласфальшт**”, в составе которого 60 % молотого стеклобоя, 5 % асфальта, 35 % каменной муки и других наполнителей. Этот материал уже опробован при строительстве нескольких автомобильных дорог.

Зарубежные компании изучают возможность применения измельченного стеклянного боя в сельском хозяйстве для улучшения структуры почв. Имеется опыт применения стеклянного боя в качестве заполнителя при производстве лакокрасочных материалов, обоевой бумаги, пластмасс, абразивных материалов для стеклянной шлифовальной шкурки на бумажной основе и шлифовальных кругов.

За рубежом перед использованием стеклянного боя в стекловарении применяют мокрую или сухую очистку. Предусматриваются: ручная сорти-

ровка по цвету, удаление легких примесей и металлов. Для очистки стеклянного боя применяют ленточные транспортеры, сита и грохоты, дробильно-помольное оборудование, воздушные и магнитные сепараторы.

Для уменьшения экологического ущерба окружающей среде возможно внедрение установки по переработке стеклянного боя, что позволит получить **стеклогранулят** для использования в строительной промышленности. Отходы стеклянного боя загружают в приемный бункер, связанный ленточным конвейером с дробилкой. Из дробилки измельченный стеклянный бой выгружают в перфорированный лоток, через отверстия которого мелкая фракция стекла попадает на нижний конвейер. Подготовленный таким образом стеклобой ковшовым элеватором подается в бункер хранения. После этого происходит очистка стекла от грязи и различных примесей. Далее стеклянный бой попадает в стекловаренную печь для получения стекломассы заданного состава, и выработки стеклянного боя путем вытягивания ленты заданной толщины и ширины через прокатные валы, с последующим дроблением ленты стекла в интервале температур 600 – 100 °С или путем ее слива на грануляторы стекла при температуре 1350 – 1150 °С.

Недостатком является ограниченная возможность применения стеклового боя других стекольных заводов из-за различий по химическому составу и цвету даже в тех случаях, когда они незначительны. Данное изобретение позволяет достигнуть высокого качества стекломассы, постоянства ее химического состава, стабильных характеристик работы и технологически безопасной утилизации стеклянного боя.

7. Применение переработанных отходов в качестве источника энергии

В разделе описываются возможные варианты использования переработанных отходов в качестве источника энергии. Приводятся конструктивные схемы энергетических установок. Объем раздела 5-6 страниц.

Сбор, удаление и переработка твердых бытовых отходов (ТБО) оказывают все возрастающее влияние на санитарно-гигиенические условия городов и пригородных территорий, а также серьезные экономические последствия, связанные с выбором методов и средств решения этой проблемы. На современном этапе развития мировой экономики эта задача приобретает особую актуальность при возрастающих требованиях к состоянию окружающей среды и росте потребления природных ресурсов. При этом следует учитывать две важнейшие стороны проблемы – влияние процесса переработки ТБО на экологическую обстановку и экономическую целесообразность.

Таким образом, требуется решение задачи улучшения экологической ситуации в конкретной местности при наилучшем экономическом соотношении затрат на внедрение технологий переработки и доходов от реализации переработанных вторичных ресурсов, тепловой и электрической энергии. К сожалению, эти доходы зачастую не превышают осуществленных капиталовложений или срок окупаемости проектов слишком велик. В итоге, субъекты хозяйствования предпочитают идти по пути наименьшего сопротивления, используя старые технологии захоронения отходов на полигонах. При этом

страдает качество среды обитания, а решение экологических проблем откладывается на неопределенный срок.

Помимо разработки все более совершенных технологий утилизации отходов, для решения этой проблемы следует более широко использовать инструменты государственного регулирования. Необходима разработка продуманной системы налоговых льгот, преференций, дотаций на производимую из вторичных ресурсов продукцию и энергию. Эти положительные стимулы должны применяться в комплексе со штрафными санкциями.

Специфика и сложность решения проблем сбора, удаления и переработки ТБО определяются многими техническими и организационными трудностями. При выборе метода обезвреживания ТБО можно исходить из следующих критериев [6]:

- капитальные затраты на 1 м³ годового поступления мусора;
- эксплуатационные затраты на 1 м³ годового поступления мусора;
- эффективность и окупаемость предприятия по переработке и обезвреживанию отходов;
- эффективность и окупаемость с учетом результатов использования продуктов переработки в других производствах;
- затраты электроэнергии, топлива, дорогостоящих материалов;
- экологическая оценка условий эксплуатации производства.

В настоящее время активно идет внедрение технологий использования местных видов топлива с целью повышения эффективности использования энергетических ресурсов. Следует сказать, что процесс прямого сжигания отходов древесной тары, бумажной и картонной упаковки, отходов лесного и городского озеленительного хозяйств имеет ряд недостатков [6]:

- для эффективного горения отходы должны быть сухими;
- требует решения проблема складирования;
- мелкофракционные древесные и растительные отходы экономически невыгодно перевозить на большие расстояния.

Альтернативой прямого использования отходов в виде топлива является изготовление древесных брикетов. Этим решаются вопросы повышения теплотворности материала и уменьшения площади складов. Топливные брикеты не самовоспламеняются. Недостатком является сложность автоматизации загрузки брикетов в топку [10].

Перспективным видом топлива, которое решает указанные проблемы, являются топливные гранулы (пеллеты). Впервые гранулы из органических отходов растительного происхождения начали производить в США в 80-е годы прошлого столетия. Далее, эта технология получила свое развитие в Швеции, Канаде, Дании, Финляндии, Норвегии и других странах. В последние годы началось производство топливных гранул и в Беларуси. На сегодняшний день производство топливных гранул из природных органических отходов – одно из самых перспективных направлений. Указанные в табл. 4 данные подтверждают, что топливные гранулы обладают высокими экологическими характеристиками по сравнению с другими видами топлива.

Таблица 4. Сравнительная характеристика видов топлива

Вид топлива	Теплота сгорания, МДж/кг	Содержание серы, %	Выход золы, %	Выход углекислого газа, кг/ГДж
Каменный уголь	15 – 25	1 – 3	10 – 35	60
Дизельное топливо	42,5	0,2	1	78
Мазут	42	1,2	1,5	78
Щепа древесная	10	0	2	70
Гранулы древесные	17,5	0,1	1	70
Гранулы торфяные	10	0	20	70
Гранулы из соломы	14,5	0,2	4	70
Природный газ	35 – 38 МДж/м ³	0	0	57

Сжигание отходов имеет следующие преимущества [6]:

- уменьшение объема отходов примерно в 10 раз;
- снижение риска загрязнения почвы и воды;
- обеспечение возможности утилизации тепловой энергии.

Недостатками метода сжигания являются, наряду с высокой стоимостью таких предприятий, уничтожение ценных компонентов, образование шлаков и загрязнение атмосферы, что требует эффективных технологий очистки дымовых газов от пыли и вредных загрязняющих веществ.

В зависимости от температуры процесса все методы термической переработки ТБО, нашедшие промышленное применение или прошедшие опытную апробацию, можно разделить на две большие группы: процессы переработки при температурах ниже температуры плавления шлака и процессы переработки при температурах выше температуры плавления шлака (порядка 1000–1200 °С) [10]. В свою очередь, по принципиальному характеру процесса каждую из этих групп подразделяют на подгруппы, которые классифицируют по процессам переработки отходов.

Основными факторами, влияющими на выбор термической технологии, являются: допустимая производительность оборудования, капитальные и эксплуатационные затраты, надежность и эффективность работы, возможность автоматизации и уменьшения выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду. Любые термические методы, используемые для утилизации отходов, помимо их обезвреживания, направлены на получение тепла, а также твердого, жидкого и газообразного топлива. Влияние способа обезвреживания отходов на окружающую среду описано в табл. 5.

Таблица 5. Влияние способа обезвреживания на окружающую среду

Способ обезвреживания	Влияние на окружающую среду
Усовершенствованные свалки (полигоны)	В результате биохимических анаэробных реакций в атмосферу выделяются метан, водород, сероводород, метилмеркаптан, фосфористый водород. Фильтрат, появляющийся на свалке, загрязняет грунтовые воды и окружающую почву продуктами гнилостного распада органических веществ мусора.
Мусороперерабатывающие заводы с установкой для термообезвреживания ТБО	Конечный продукт промышленной переработки (компост) безвреден в санитарно-гигиеническом отношении, может использоваться как ценное органоминеральное удобрение для внесения в почву или в качестве биотоплива.
Мусоросжигательные заводы	Производят вредные выбросы в атмосферу соединений серы, хлора, азота и летучей золы. Промывные воды (при мокрой очистке газов) содержат примеси сульфатов, хлоратов и нитратов.
Пиролиз	В результате переработки ТБО получается обезвреженный продукт (пирокарбон), безопасный в канцерогенном отношении, горючий газ, высокомолекулярные смолы и шлак.

В качестве примера можно привести новый перспективный способ переработки твердых бытовых отходов, технология которого очень близка к процессам получения чугуна и меди [10], разработанный в Москве совместной лабораторией научно-производственного объединения “Алгон” и Московского института стали и сплавов. В разработанной печи нет подвижных металлических элементов: колосниковых решеток, балок, ворошителей. Их заменяет ванна с жидким шлаком (расплавом оксидов кремния, алюминия, кальция, магния). Мусор высыпается прямо в расплавленный шлак, интенсивно продуваемый воздухом или кислородом. Частицы твердых бытовых отходов быстро сгорают при температуре выше температуры плавления шлака (в данной печи свыше 1500 °С). В этих условиях практически не образуются диоксины и другие токсичные вещества, при этом все несгоревшие отходы могут использоваться. Так, минеральная часть мусора перерабатывается в жидкий шлак, из которого можно делать строительные материалы: литые камни, щебенку, наполнители для бетона, минеральное волокно. Металлическая часть мусора (состоящая из железа, меди, кобальта, никеля и др.) переходит в расплав, который после застывания превращается в чугун. Полученный чугун имеет невысокое качество, но пригоден для садовых решеток, скамеек, противовесов в лифтах и т.д. Таким образом, мусоросжигательный

завод, производящий тепловую энергию, строительные материалы, металл, может приносить прибыль и стать конкурентоспособным на рынке.

Перспективным также является технология получения на полигонах биогаза. Известно, что в результате жизнедеятельности метанообразующих бактерий в толще свалки образуется биогаз, содержащий около 65 % метана. Этот процесс сопровождается выделением теплоты, поддерживающей в слое отходов сравнительно невысокую (от 3 °С до 40 °С) температуру. Биогаз, проникая в подвалы, шахты, колодцы, вытесняет имевшийся там воздух. Неоднократно отмечались взрывы на свалках, причиной которых был содержащийся в биогазе метан. Кроме того, загрязняются подземные воды на участках размещения свалок за счет проникновения вредных веществ в подземные горизонты.

В последние годы ведутся работы по метановому сбраживанию твердых бытовых отходов или анаэробному компостированию. Апробирована в производственных условиях технология переработки ТБО в анаэробных условиях с получением горючего газа и органических удобрений [10]. Из 1 тонны бытовых отходов в среднем получают: 170 кг или 140 м³ биогаза, содержащего 65 % метана; 410 кг органических удобрений влажностью до 30 %; 50 кг металлолома; 250 кг крупного отсева, отделяемого цилиндрическим грохотом; 120 кг составляют газовые потери и водный фильтрат.

На данном этапе в Республике Беларусь на полигоне Тростенец под Минском уже работает установка по сбору и утилизации биогаза. Идет строительство современных мусороперерабатывающих заводов. Тем не менее, не до конца проработана система раздельного сбора бытового мусора у населения, существуют трудности со сбором использованной стеклянной тары. Себестоимость полученной энергии и вторичных ресурсов зачастую оказывается выше, чем при традиционном способе, поэтому необходима разработка системы государственных дотаций и льгот. Взамен дополнительных налоговых отчислений общество в результате получит более комфортную среду обитания.

Заключение

В заключении студент должен привести общие выводы и результаты по выполненным разделам записки. Также дается краткое описание выполненных пунктов графической части: чертежа единицы перерабатываемой тары (упаковки), технологической схемы утилизации тары (упаковки), габаритного чертежа единицы измельчительного (сортировочного) оборудования, чертежа детали в составе измельчительного (сортировочного) оборудования.

Литература

1. Басов Н.И., Казанков Ю.В., Любартович В.А. Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов: Учеб. для вузов. – М.: Химия, 1986. – 488 с.
2. Борщев В.Я. Оборудование для измельчения материалов: дробилки и мельницы: Учебное пособие. – Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2004. – 75 с.
3. Ветошкин А.Г. Защита литосферы от отходов. Учебное пособие. – Пенза, 2005. – 189 с.
4. Дарулис П.В. Отходы областного города. Сбор и утилизация. – Смоленск, 2000. – 520 с.
5. Калинин Э.Л., Саковцева М.Б. Свойства и переработка термопластов: Справочное пособие. – Л.: Химия, 1983. – 288 с.
6. Леэс Э.А. Сбор, удаление и утилизация городских твердых отходов. Обзор // Эстонский НИИ научно-технической информации и технико-экономических исследований. Таллин, 1984. – 35 с.
7. Михалева З.А., Коптев А.А., Таров В.П. Методы и оборудование для переработки сыпучих материалов и твердых отходов: Учебное пособие. – Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2002. – 64 с.
8. Производство изделий из полимерных материалов: Учеб. пособие / В. К. Крыжановский, М.Л. Кербер, В.В. Бурлов, А.Д. Паниматченко. – СПб.: Профессия, 2004. – 464 с.
9. Утилизация полимерной тары и упаковки: Учебное пособие / А.С. Клиников, П.С. Беляев, М.В. Соколов, И.В. Шашков. – Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2008. – 64 с.
10. Шантарин В.Д., Коровин И.О. Пиролизная утилизация твердых бытовых отходов. Тюмень, 2005. – 138 с.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Факультет маркетинга, менеджмента, предпринимательства
Кафедра «Торговое и рекламное оборудование»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ А.Д.Маляренко
« ____ » _____ 2012 г.

ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

по дисциплине «Утилизация тары и упаковки»

Специальность 1-36 20 03 «Торговое оборудование и технологии»

студенту группы 105080 Иванову Петру Сергеевичу

1. Тема проекта: «Утилизация тары и упаковки из полистирола»
2. Сроки сдачи студентом законченного проекта – 20 мая 2012 г.
3. Исходные данные к проекту

Производительность дробилки $G = 24000$ кг/ч

Степень измельчения отходов $i = 10$

Производительность сушилки $G_1 = 12000$ кг/ч

Исходная влажность отходов $w_1 = 70$ %

Исходная температура отходов $t_1 = 20$ °С

Конечная влажность отходов $w_2 = 30$ %

Конечная температура отходов $t_2 = 75$ °С

4. Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень вопросов, которые подлежат разработке)

Введение.

1. Физико-химические свойства утилизируемой тары (упаковки).

2. Технология сбора использованной тары (упаковки).

3. Сортировка тары (упаковки) в составе твердых бытовых отходов.

4. Измельчение (дробление) использованной тары (упаковки).

5. Термическая сушка перерабатываемых отходов.

6. Применение переработанных отходов в качестве вторичного сырья.

7. Применение переработанных отходов в качестве источника энергии.

Заключение.

Литература.

5. Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей и графиков)

1. Чертеж единицы перерабатываемой тары – А2.

2. Технологическая схема утилизации тары – А2.

3. Габаритный чертеж единицы измельчительного оборудования – А2.

4. Чертеж детали в составе измельчительного оборудования – А3.

6. Консультант по проекту (с указанием разделов курсового проекта)

7. Дата выдачи задания – 15 февраля 2012 г.

8. Календарный график работы на весь период проектирования (с указанием сроков выполнения и трудоемкости отдельных этапов)

Введение	20.02
1. Физико-химические свойства утилизируемой тары (упаковки)	05.03
2. Технология сбора использованной тары (упаковки)	15.03
3. Сортировка тары (упаковки) в составе твердых бытовых отходов	25.03
4. Измельчение (дробление) использованной тары (упаковки)	10.04
5. Термическая сушка перерабатываемых отходов	20.04
6. Применение переработанных отходов в качестве вторичного сырья	25.04
7. Применение переработанных отходов в качестве источника энергии	05.05
Заключение	10.05
Оформление графического материала	15.05

Руководитель

(подпись, дата)

к.т.н., доцент К.С. Петров
инициалы и фамилия
уч. степень, звание

Студент принял
задание к исполнению

(подпись, дата)

П.С. Иванов
инициалы и фамилия

Содержание

Введение	
Описание разделов расчетно-пояснительной записки	
1. Физико-химические свойства утилизируемой тары (упаковки).....	
2. Технология сбора использованной тары (упаковки).....	
3. Сортировка тары (упаковки) в составе твердых бытовых отходов.....	
4. Измельчение (дробление) использованной тары (упаковки).....	
5. Термическая сушка перерабатываемых отходов.....	
6. Применение переработанных отходов в качестве вторичного сырья.....	
7. Применение переработанных отходов в качестве источника энергии...	
Заключение	
Литература	

Учебное издание

ЖУКОВЕЦ Василий Николаевич

УТИЛИЗАЦИЯ ТАРЫ И УПАКОВКИ

Методическое пособие по курсовому проектированию
для студентов специальности 1-36 20 03
“Торговое оборудование и технологии”

Подписано в печать

Формат

Отпечатано

Усл. печ. л. Усл. -изд. л. Тираж . Заказ.

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский национальный технический университет

ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009.

Проспект Независимости, 65. 220013, Минск.