

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



КЕМЕРОВСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ (УНИВЕРСИТЕТ)

УТИЛИЗАЦИЯ УПАКОВКИ

Практикум

по дисциплине «Утилизация упаковки»

для студентов направления подготовки 29.03.03.

«Технология полиграфического и упаковочного
производства» всех форм обучения

Кемерово 2016

УДК 621.798:658.567.1(076)

ББК 30.61я73

М 60

Рецензенты:

Н.Ф. Томилов, генеральный директор
ЗАО «Болотнинская гофротара»;

В.В. Новицкий, директор ООО «УПАКЦЕНТР»

*Рекомендовано редакционно-издательским советом
Кемеровского технологического института
пищевой промышленности (университета)*

М 60 Миленский, А.В.

Утилизация упаковки: практикум / А.В. Миленский;
Кемеровский технологический институт пищевой про-
мышленности (университет). – Кемерово, 2016. – 95 с.

ISBN 978-5-89289-958-1

В практикуме представлены практические работы по ос-
новным темам дисциплины «Утилизация упаковки». Рассмотре-
ны технологические схемы процессов утилизации, оборудова-
ние для переработки и его расчеты.

Предназначено для студентов для студентов направления
29.03.03. «Технология полиграфического и упаковочного про-
изводства», профилю «Технология и дизайн упаковочного про-
изводства».

УДК 621.798:658.567.1(075)

ББК 30.61я73

ISBN 978-5-89289-958-1

*Охраняется законом об авторском
праве, не может быть использовано
любым незаконным способом
без письменного договора*

© КемТИПП, 2016

ВВЕДЕНИЕ

Сегодня упаковка существует во всех сферах человеческой жизни. В нее упаковывают пищевые и непищевые продукты, большинство вещей из нашего обихода – от зубной щетки до бытовой техники и деталей автомобилей. Специфика потребления упаковка такова, что она превращается в отход сразу после ее приобретения потребителем. Поэтому после вскрытия товара она в короткие сроки отправляется на свалку, где проводит еще сотни лет до полного своего разложения.

В Российской Федерации ежегодно образуется в среднем 150 млн т твердых бытовых отходов (ТБО), из которых только 5 % перерабатывается промышленными методами, остальные вывозятся на полигоны или сжигаются. При этом исследования показывают, что более 50 % ТБО составляет использованная упаковка (бумага, картон, пластмассы, в меньшей степени металлы, древесина и стекло). Таки образом теряются материалы, способные получить «вторую жизнь».

В странах, где охране окружающей среды придают большое значение, объемы переработки вторичного сырья постоянно увеличиваются. Таким путем решаются задачи утилизации отходов упаковки и восстановления ресурсной базы.

Однако увеличение количества новых материалов сказывается на сложности разделения и утилизации образуемых отходов. Данные обстоятельства требуют разработки новых эффективных методов переработки отходов, способствующих их комплексной переработке, которые бы исключали дорогостоящие стадии разделения и очистки различных видов отходов. Необходимо на стадии образования отходов проводить их сортировку, контролируя то, что попадает на свалку или переработку. ТБО и упаковка состоят из различных компонентов, которые не должны смешиваться между собой, а утилизироваться отдельно друг от друга. 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. Поэтому эффективному решению проблемы ТБО и упаковки

может способствовать только комбинация нескольких взаимодополняющих способов их утилизации.

Помимо производства, значительную помощь при решении проблем утилизации упаковки может оказать муниципальная власть. 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. Стратегическое долгосрочное планирование должно обеспечивать гибкость, чтобы быть способным адаптироваться к изменениям в составе, количестве ТБО и доступности технологий утилизации.

Сегодня в нашей стране государственное регулирование в области ТБО только возрождается после развала СССР. Действующие законы и нормативные акты еще недостаточно эффективны для решения данного вопроса. Однако развитие технологий утилизации и системы сбора отходов создают предпосылки для эффективного решения задач в области утилизации упаковки.

Тема № 1. СПОСОБЫ СОРТИРОВКИ ОТХОДОВ ТАРОУПАКОВОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Цель работы: ознакомление с достоинствами и недостатками ручной сортировки, изучение технологической схемы механизированной сортировки ТБО.

В производственной практике различают ручную и механизированную (автоматическую) сортировку материалов. При ручной сортировке распознавание нужных материалов производится персоналом визуально, а отбор осуществляется вручную, хотя отдельные вспомогательные операции (подача материала на сортировочный конвейер, предварительный рассев по крупности) могут быть механизированы. Технические решения по автоматической сортировке отходов основываются на использовании оптико-механического разделения отходов. Предлагаемое оборудование ориентировано в первую очередь на сортировку раздельно собранных отходов.

1.1. Ручная сортировка

На сортировочном конвейере при ручной сортировке из перемещаемых отходов сначала удаляют макулатуру, затем текстиль, далее полимерные материалы, причем эти фракции последовательно подают на пресс, который выдает кипы сырья, а стеклянную тару, стеклобой и цветные металлы удаляют на втором этапе ручной сортировки, при этом сбрасывают их отдельно в контейнеры на колесах.

Данный способ сортировки и переработки отходов осуществляют с помощью комплекса по сортировке и переработке твердых бытовых отходов. В его состав входят контейнеры для сброса отходов, мусоровозы, перемещающие собираемые отходы на сортировочную станцию, установку предварительной сортировки, установку основной сортировки отходов на фракции, снабженную постами ручной сортировки и устройством для извлечения черных металлов, перерабатывающими устройствами,

а также перегрузочной линией не утилизируемых отходов, при этом сортировочная станция снабжена автопогрузчиком с вилами для предварительной сортировки крупногабаритных предметов и перегрузки их в съемные бункеры автосамосвалов. Кроме того, для транспортирования и сортировки отходов станции обычно комплектуют двумя пластинчатыми конвейерами, имеющими заглубленную в пол приемную часть и дальнейший перегиб конвейерной полосы под углом 35° к плоскости пола. Пластины конвейеров снабжены подвижными скобамизахватами, выполненными с возможностью изменения угла наклона конвейерной полосы к ее плоскости при движении конвейерной полосы. Один из этих конвейеров используют на первом ярусе комплекса для подачи фракций отсортированного вторичного сырья в пресс, выдающий, в свою очередь, кипы сырья, обвязанные проволокой. Другой – на втором ярусе, куда поступает основное сырье на сортировку. Каждый пост ручной сортировки снабжен специальными желобами шахтного типа, ведущими через пол второго яруса на первый ярус сортировочной станции, и служащими для сброса фракций мягкого вторичного сырья, причем верхняя часть каждого желоба выполнена в виде короба, выступающего над полом. После постов ручной сортировки над ленточным конвейером расположен железоотделитель с постоянным магнитом. Он предназначен для извлечения черных металлов и транспортировки их в гидравлический пакетирующий пресс [1]. Техническая характеристика линии ручной сортировки представлена в табл. 1.1.

Основным преимуществом ручной сортировки является возможность получать чистые продукты для переработки, которые закупаются предприятиями для вторичного использования. Однако данный способ сортировки малопроизводителен и доля извлекаемых компонентов достигает лишь 13–17 %.

Таблица 1.1

Техническая характеристик линии ручной сортировки

№	Вид материала	Производительность, кг/час на одного рабочего	Извлечение, %
1	Газетная бумага	700–4500	60–95
2	Гофрокартон	700–4500	60–95
3	Стеклотара (без сортировки по цвету)	400–800	70–95
4	Пластмассовая упаковка (ПЭТФ, ПЭВД)	140–280	80–95
5	Алюминиевые банки	45–55	80–95

1.2. Механизированная (автоматическая) сортировка

На линиях полностью автоматической сортировки материалов весь процесс сортировки отходов (идентификация отбираемых материалов и их выделение из общего потока) происходит без участия персонала.

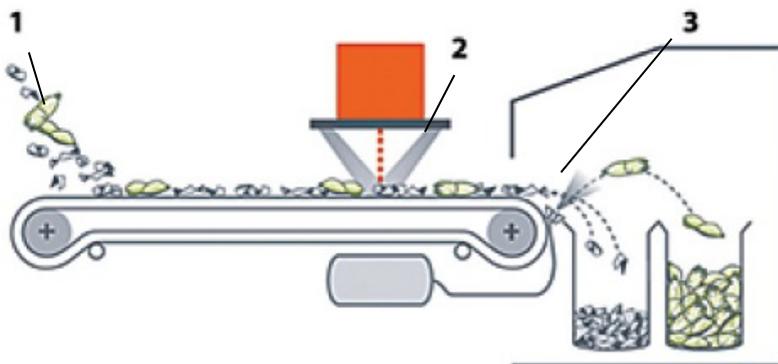
В основе технологий автоматической сортировки лежит использование сенсоров оптического определения материалов путем облучения потока отходов излучением с определенной длиной волны и последующего спектрального анализа отраженного от поверхности материала излучения.

Принципиальная технологическая линия автоматической сортировки материалов представлена на рис. 1.1.

Поступающий для сортировки материал *1* равномерно подается по транспортеру к области работы сенсоров *2*.

Технология основывается на облучении поверхности отходов либо светом с длиной волны, соответствующей видимому спектру (датчик VIS), либо светом с длиной волны в инфракрасном диапазоне, ближе к видимому спектру (датчик NIR). Технология VIS обеспечивает распознавание цвета облучаемого материала, технология NIR определяет химический состав. Распо-

знание производится с помощью сравнения спектра отраженного от поверхности отхода светового сигнала с уже имеющимся спектром в базе данных системы.



1 – загрузка ТБО; 2 – область сенсоров;
3 – область пневмомодулей и бункеров накопления

Рис. 1.1. Принципиальная технологическая линия автоматической сортировки

В конце транспортера обычно располагаются один или два пневмомодуля, снабженные рядом пневмодюз. После распознавания нужного для сортировки компонента через расчетное время открываются необходимые дюзы, и распознанный компонент отстреливается из потока с помощью сжатого воздуха. Таким образом из потока материалов можно выделить две или три фракции (при условии установки второго пневмомодуля). Чистота сортировки зависит не только от качественного определения материала, но и от точности приложения силы сжатого воздуха. Иными словами, если вектор силы будет проходить относительно далеко от центра масс элемента, то элемент не получит необходимой кинетической энергии поступательного движения по нужной для удаления траектории. В используемой технологии чистота сортировки обеспечивается высокой плотностью сканирования поверхности конвейера с материалом (320 тыс. точек в секунду). Такая плотность позволяет определить не

только материал сканируемого объекта, но и занимаемую им площадь поверхности. Современное оборудование различает до 1400 компонентов по виду, цвету и химическому составу. Представленная технология эффективна как при «положительной», так и при «отрицательной» сортировке. Таким образом, датчики линий автоматической сортировки позволяют различать материалы по специфическому для каждого материала спектру излучения и тем самым выделять компоненты, которые зачастую визуальнo не отличаются друг от друга. В частности, возможна сортировка полимеров – выделение полиэтилена, полипропилена, полистирола, поливинилхлорида и других пластиков, визуальное распознавание которых очень затруднено. Линии оптико-механической сортировки могут быть использованы для разделения различных материалов:

- полезных ископаемых: благородных металлов (платины, золота), алмазов, угля, черных металлов, меди, минералов, шлаков, хвостов и т.п.;

- пищевых продуктов: овощей, фруктов, сухофруктов, орехов, семян, морепродуктов, шелухи и очисток и т.п.;

- товарных продуктов: пластиков, резины, древесины, медицинских препаратов, табака и т.п.;

- отходов: как относительно мелких (ТБО, электронного шрота), так и крупногабаритных после предварительного измельчения (крупногабаритных и строительных отходов, старых автомобилей и т.п.).

Ширина рабочей зоны сканирования одной машины в зависимости от типоразмера составляет от 600 до 2800 мм, обеспечивая производительность от 14 до 130 т/ч. Общая производительность линии сортировки зависит от принятой компоновки оборудования и обычно ограничивается скоростью подающих конвейеров.

Процессы механизированной сортировки ТБО имеют высокую производительность, но качество выделяемых продуктов невысокое и их сбыт затруднен.

Механизированная сортировка максимально оправдана в случае ее сочетания с процессами ручной сортировки или переработки выделенных фракций, в частности термической переработкой. При реализации такой схемы 30 % исходных компонен-

тов ТБО отправляется на вторичную переработку, а оставшиеся 70 % – на термическое разложение [7].

Сегодня методы промышленной сортировки отходов являются наиболее перспективными и интенсивно развивающимися; для них характерен постепенный переход от схем с использованием ручного труда к автоматизированным системам. Для России вопрос применения такой технологии очень актуален, так как основная масса ТБО носит смешанный характер.

Контрольные вопросы

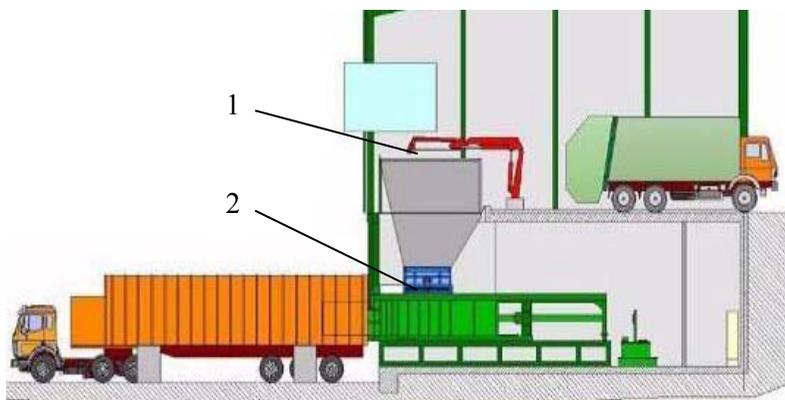
1. Охарактеризуйте ручную сортировку отходов.
2. Назовите достоинства и недостатки ручной сортировки.
3. Опишите механизированную сортировку отходов.
4. В чем заключается принцип работы сенсоров оптического определения материалов?
5. Назовите достоинства и недостатки механизированной сортировки.

Тема № 2. СОСТАВЛЕНИЕ СХЕМЫ ПОЛИГОНА ДЛЯ ЗАХОРОНЕНИЯ ТБО И ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ

Цель работы: ознакомление с принципиальной схемой полигона для захоронения ТБО и применяемым оборудованием.

Одним из самых распространенных способов утилизации ТБО является захоронение на полигонах. Данный способ включает в себя несколько этапов: сбор отходов и упаковки, сортировку, транспортировку, захоронение на полигоне, закрытие полигона.

Сбор отходов для дальнейшей транспортировки на полигон является самой дорогостоящей операцией всего процесса утилизации. Для того чтобы избежать лишних расходов, необходима правильная организация данной операции. В больших городах нередко отходы приходится вывозить на большие расстояния. Чтобы как-то облегчить данную работу, используют мусороперегрузочные станции временного хранения отходов (рис. 2.1).



1 – приемный бункер; 2 – устройство для брикетирования

Рис. 2.1. Мусороперегрузочная станция, оснащенная брикетированием ТБО

Если объем отходов небольшой, то сортировка осуществляется непосредственно на станциях временного хранения, в противном случае ее производят на полигонах.

Далее со станций мусор вывозят железнодорожным или автомобильным транспортом.

2.1. Принципиальная схема полигона

Полигоны строят по проектам в соответствии со СНиП.

Самой подходящей для сооружения полигона считается территория, где основанием могут служить глины и суглинки. В случае, когда это невозможно, используют водонепроницаемое основание для предотвращения попадания фильтрата в грунтовые воды (рис. 2.2). Использование таких оснований ведет к дополнительным расходам, однако позволяет предотвратить загрязнение окружающей среды, так как токсичная жидкость, содержащаяся в отходах, может стекать вниз, на дно полигона, или просачиваться через его борта.



Рис. 2.2. Основание и гидроизоляция полигона ТБО

Фильтрат собирается с помощью дренажных труб и отводится в резервуар для обезвреживания.

Основное сооружение полигона – участок складирования ТБО. Он занимает основную площадь полигона, в зависимости от объема принимаемых ТБО (рис. 2.3). Участок складирования

разбивается на очереди эксплуатации с учетом обеспечения приема отходов в течение 3–5 лет, в составе первой очереди выделяется пусковой комплекс на первые 1–2 года. Эксплуатация последующей очереди заключается в увеличении насыпи ТБО до проектируемой отметки. Разбивка участка складирования на очереди выполняется с учетом рельефа местности.

Для перехвата дождевых и паводковых вод по границе участка проектируется водоотводная канава. По периметру полигона на полосе шириной 5–8 м предусматривается посадка деревьев, прокладываются инженерные коммуникации (водопровод, канализация), устанавливаются мачты электроосвещения; при отсутствии инженерных сооружений на этой полосе отсыпаются кавальеры (склады) грунта для использования его на изоляцию ТБО, в любом случае не более 5 % всей площади полигона [2].

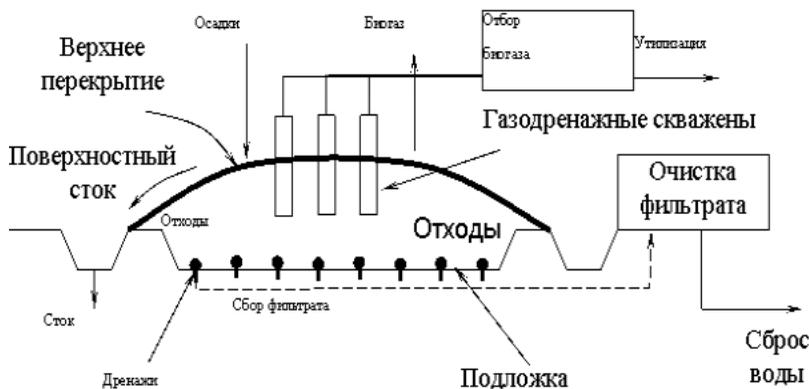


Рис. 2.3. Принципиальная схема полигона ТБО

Уплотненный слой ТБО высотой 2–3 м изолируют грунтом или другими инертными материалами, например, промышленными отходами. Толщина слоя промежуточной изоляции – 0,25 м, после уплотнения – 0,15 м.

Ежедневно в конце рабочего дня отходы покрываются специальным материалом и слоями грунта, а затем уплотняются катками. После заполнения секции полигона отходы покрываются верхним перекрытием.

Продуктом анаэробного разложения органических отходов является биогаз, представляющий собой в основном смесь метана и углекислого газа. Система сбора биогаза состоит из нескольких рядов вертикальных колодцев или горизонтальных траншей [4]. Последние заполнены песком или щебнем и перфорированными трубами.

Все работы на полигонах по складированию, уплотнению, изоляции ТБО и последующей рекультивации участка должны быть полностью механизированы.

Поведение отходов на свалке носит сложный характер, так как происходит периодическое наслаивание нового материала через неравные промежутки времени. Процесс инертизации свалочного грунта подвержен действию градиентов температуры, концентрации газа, жидкости, рН, ферментной активности и потоков жидкости. К более сложным факторам относятся физико-химические свойства отходов, такие как водорастворимость, летучесть, размер молекул, а также биологические: способность сорбировать микроорганизмы, межвидовое взаимодействие микроорганизмов и пр.

Различают три основных этапа существования полигона, которые представлены на рис. 2.4.

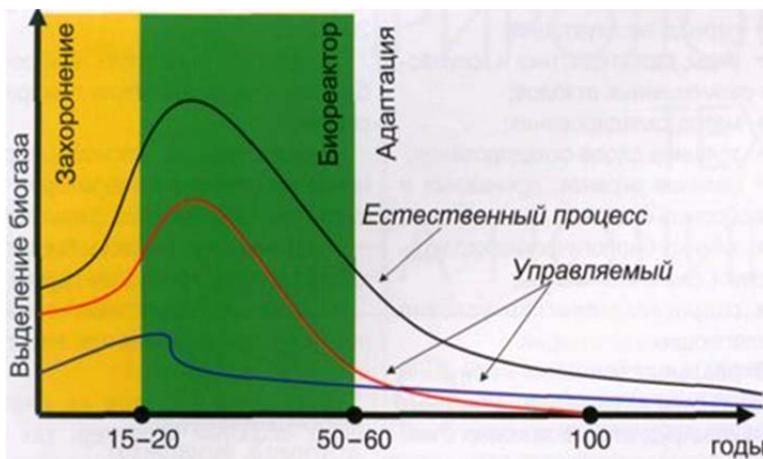


Рис. 2.4. Этапы существования полигона

1. Первый этап – период работы полигона, который длится 15–20 лет. За это время происходит заполнение мощностей полигона отходами.

2. Второй этап (его условно можно назвать биореактором) – период после закрытия полигона до времени затухания биохимических процессов в свалочном теле. В этот период процессы биохимического разложения вещества в теле полигона при отсутствии специальных технологических решений протекают естественным образом.

3. Третий этап – период адаптации полигона к окружающей среде.

После полной адаптации полигона к условиям окружающей среды он будет представлять собой техногенную территорию, на которой могут быть разбиты парки, построены поля для футбола и гольфа. Основную проблему для окружающей среды представляет период биореактора.

В связи с этим необходимо разработать не только защитные мероприятия по снижению возможных загрязняющих выделений, но и провести организацию управления (ускорения или торможения) процессов естественной биodeградации материи свалочного тела с целью сокращения времени его естественной адаптации и затрат по эксплуатации. Первый подход характеризуется интенсивными эмиссиями, но адаптация полигона к природной среде в этом случае проходит за короткий срок. При втором подходе жизненный цикл полигона существенно удлиняется, но загрязнение природной среды токсичными эмиссиями сводится к минимуму.

Среди методов инертизации свалочного грунта можно выделить следующие:

– подготовка ТБО перед размещением на полигоне, например, механико-биологическая подготовка, смешанное захоронение (проектирование композитных смесей), введение комплекса ферментативных препаратов перед захоронением (ускорение биоразложения), сжигание;

– воздействие на свалочный грунт, например, увлажнение свалочного грунта, рециркуляция фильтрата поверхностных сточных вод, стоков по переработке отходов и пр., аэрация свалочного грунта – принудительная и путем естественного прито-

ка воздуха (полуаэробный полигон), введение добавок в свалочный грунт – ферментов-катализаторов, микроорганизмов, подача дополнительных питательных веществ.

Практические опыты использования перечисленных методов во многих случаях приводят к положительному эффекту, но некоторые проблемы еще могут потребовать своего решения. Например, остаточная эмиссия биогаза может оставаться высокой, может произойти засорение (заиливание) дренажа аэробного полигона, может оказаться затрудненной гидроциркуляция (трудности в достижении высоких скоростей потоков жидкостей сквозь массу отходов), существует возможность образования уплотненного слоя почвы и пр. Выбору той или иной технологии должно предшествовать всестороннее исследование свалочных грунтов.

Сегодня в мировой практике «управляемые» полигоны являются наиболее совершенным методом складирования ТБО, позволяющим сократить негативное влияние на окружающую среду. Однако среди существенных недостатков такого способа утилизации отходов отмечается то, что наряду с образующимся в толще полигона фильтратом, являющимся основным загрязнителем природной среды, в атмосферу попадают токсичные газы, которые не только загрязняют воздушное пространство вблизи полигона, но и отрицательно влияют на озоновый слой земли. Кроме того, при захоронении на полигонах теряются все ценные вещества и компоненты ТБО [6].

2.2. Технологическое оборудование

2.2.1. Магнитный саморазгружающийся сепаратор металла для ТБО

Подвесной магнитный сепаратор (железоотделитель, железоуловитель, металлоотделитель, металлоуловитель; ферромагнитный, подвесной, саморазгружающийся; см. рис. 2.5) предназначен для извлечения и автоматического удаления ферромагнитных предметов из потока различных сыпучих, куско-

вых материалов или ТБО, перемещаемых на ленточных транспортерах с шириной ленты 800 мм.

Особенности конструкции: 1) устанавливается над ленточным конвейером на расстоянии 100–350 мм (глубина зоны извлечения), в зависимости от высоты слоя материала; 2) сепаратор разгружается автоматически.

Такие сепараторы монтируются над ленточным конвейером, виброжелобом, либо самотечным спусковым желобом.

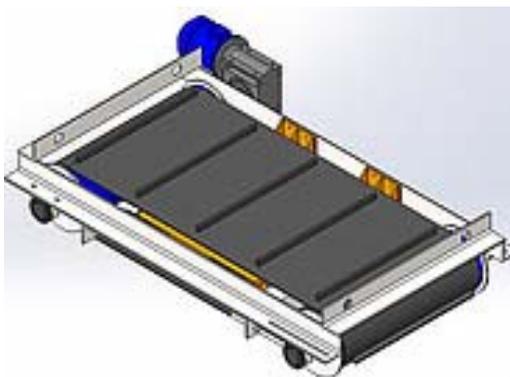


Рис. 2.5. Подвесной магнитный сепаратор

Изготавливается с использованием как ферритовых, так и современных высокоэнергетических неодимовых магнитов (Nd-Fe-B).

Не используется электроэнергия для возбуждения магнитного поля.

Характеризуется стабильными магнитными качествами и простотой в эксплуатации.

Техническая характеристика

Ширина конвейерной ленты, мм	800
Глубина зоны извлечения, мм	100–350
Мощность электродвигателя, кВт	1,5
Габаритные размеры, не более:	
длина, мм	1715
ширина, мм	1254
высота, мм	460

2.2.2. Мельница шаровая

Мельница шаровая представлена на рис. 2.6. Ее назначение – тонкое измельчение (с непрерывным просевом) материалов электродных покрытий; переработка отходов обмазочной массы для возвращения в производство.



Рис. 2.6. Мельница шаровая

Техническая характеристика

Производительность, кг/ч	50
Размеры загружаемого материала, мм	20–50
Размеры барабана:	
диаметр, мм	600
высота	630
Частота вращения барабана, об./мин	22,4
Измельчающие стальные шары, мм	45–90
Габаритные размеры, мм	1800×1600×1700

2.2.3. Пресс-экструдер ТБО

Пресс для ТБО (рис. 2.7) позволяет уменьшить объем отходов в 5–6 раз; не требует специальной подготовки обслуживающего персонала; температура работы от минус 25 до плюс 40 °С. Производимые кипы разрешены для хранения пожарной инспекцией, экологами и СЭС.

Техническая характеристика

Усилие прессования, кН	не более 20–50
Производительность, т/ч	0,2–0,3
Габаритные размеры брикета:	
длина, мм.....	700
ширина, мм	500
высота, мм	500
Масса брикета:	
макулатура, бумага, картон, кг	40–60
пластик, ПЭТ, кг	20–30



Рис. 2.7. Пресс для ТБО

Контрольные вопросы

1. Чем отличаются полигоны от неконтролируемых свалок ТБО?
2. Опишите устройство полигона.
3. Для чего нужна гидроизоляция полигонов ТБО? Ее виды.
4. Этапы существования полигона. Их характеристики.
5. Способы управления естественной биодegradацией на полигоне.
6. Методы инертзации свалочного грунта.

Тема № 3. СОСТАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ И ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ КОМПСТИРОВАНИЯ

Цель работы: ознакомление с технологией компстирования и оборудованием.

3.1. Принципиальные схемы компстирования

Сегодня существуют два способа полевого компстирования: без предварительного дробления и с предварительным дроблением ТБО.

Без предварительного дробления измельчение происходит за счет многократного перелопачивания компстируемого материала. Крупные фракции отделяют на специальном грохоте.

При способе предварительного дробления ТБО для измельчения отходов используют специальные дробилки.

Установки полевого компстирования, оснащенные дробилками для предварительного измельчения ТБО, обеспечивают больший выход компоста при меньших отходах производства. ТБО измельчают молотковыми дробилками или небольшими биотермическими барабанами (частота вращения барабана 4 рад/с). Барабан обеспечивает допустимое измельчение ТБО при 900–1200 оборотах за 5–6 ч. После такой обработки 70–80 % материала проходит через сито обечайки барабана с отверстиями диаметром 40 мм.

Оборудование и сооружения полевого компстирования должны обеспечить прием и предварительную подготовку ТБО, биотермическое обезвреживание и окончательную обработку компоста. После привоза ТБО разгружают в приемный буфер или на ровную площадку. Специальным оборудованием – грейферным краном или бульдозером – формируют штабеля, в которых будут происходить процессы аэробного биотермического компстирования.

В зависимости от метода аэрации материала определяется высота штабелей, например, при использовании принудительной аэрации высота может превышать 2,5 м, ширина штабеля сверху не менее 2 м, длина – 10–50 м, угол заложения откосов равен 45°. Расстояние между штабелями, необходимое для проезда спецтехники, должно составлять 3–6 м.

Для устранения запаха, предотвращения размножения мух и разноса бумаги поверхность штабеля покрывают изолирующим слоем торфа, зрелого компоста или земли толщиной 20 см. Под влиянием жизнедеятельности термофильных микроорганизмов выделяется тепло, которое приводит к «саморазогреванию» компостируемого материала. В штабеле наружные слои компоста разогреваются меньше центральных и служат теплоизоляторами, поэтому для тщательного обезвреживания массу материала штабеля необходимо перелопачивать. Продолжительность обезвреживания ТБО на площадках компостирования зависит от используемой технологии, оборудования, сезона закладки штабелей и составляет 2–6 месяцев.

При осенне-зимней закладке температура в течение первого месяца поднимается только в отдельных очагах, а затем, по мере саморазогрева (1,5–2 месяца), температура штабеля достигает 50–60 °С и остается на таком уровне в течение двух недель. Затем на протяжении 2–3 месяцев температура в штабеле удерживается на уровне 20–30 °С, а с наступлением лета повышается до 30–40 °С.

При весенне-летней закладке недробленных ТБО температура в штабеле компостируемого материала поднимается до 60–70 °С через 5 дней и удерживается на таком уровне две-три недели, затем снижается до 40–50 °С. В течение следующих 3–4 месяцев температура в штабеле уменьшается до 30–35 °С. Перелопачивание способствует активизации процесса компостирования, через 4–6 дней после перелопачивания температура на несколько дней снова повышается до 60–65 °С.

В процессе компостирования значительно снижается влажность материала, поэтому для ускорения биотермического процесса, помимо принудительной аэрации и перелопачивания, необходимо производить увлажнение компоста. Соблюдение всех этих условий способствует повышению качества готового

продукта. Качество готового компоста – один из основных критериев эффективности производства, однако при этом важно учитывать также и качество исходного сырья. Для расчета качества компостирования традиционно используют такой показатель, как степень разложения. Он основывается на стандартизованном сравнении температуры при биологическом самонагревании компостируемого материала [3]. Этот способ универсален и может применяться для большинства технологий полевого компостирования.

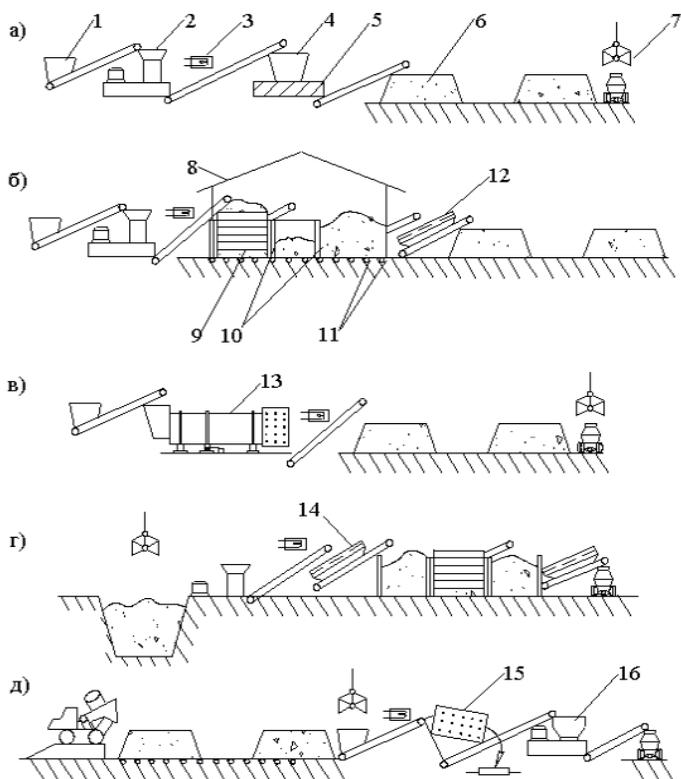
Принципиальные схемы сооружений полевого компостирования ТБО приведены на рис. 3.1.

На рис. 3.1, *а, б, в, г* представлены схемы с предварительным измельчением ТБО, а на рис. 3.1, *д* обработка перенесена в конец технологической линии. На рис. 3.1, *а, б, в* ТБО разгружают в приемные бункера, оснащенные пластинчатым питателем, на рис. 3.1, *г* – в траншеи с последующим извлечением их грейферным краном. На рис. 3.1, *а, б, г* измельчение ТБО осуществляют в дробилке с вертикальным валом, на рис. 3.1, *в* – в горизонтальном вращающемся биобарабане [5].

На рис. 3.1, *а* измельченные ТБО смешиваются с обезвоженным осадком сточных вод и затем направляются в штабеля, где они находятся в течение нескольких месяцев. За время компостирования материал несколько раз перелопачивается.

Технологическая схема компостирования в две стадии представлена на рис. 3.1, *б*. В течение первых десяти дней биотермический процесс происходит в закрытом помещении, разделенном подпорными продольными стенками на отсеки. Компостируемый материал каждые два дня перегружают специальной подвижной установкой из одного отсека в другой. Для активизации биотермического процесса через отверстия, расположенные в основании отсеков, производят принудительную аэрацию компостируемого материала.

Из закрытых отсеков компостируемый материал после грохочения перегружают на открытую площадку, где он дозревает в штабелях в течение 2–3 месяцев.



1 – приемный бункер с пластинчатым питателем; 2 – дробилка для ТБО; 3 – подвесной электромагнитный сепаратор; 4 – подача осадков сточных вод; 5 – смеситель; 6 – штабеля; 7 – грейферный кран;
 8 – закрытое помещение для первой стадии компостирования;
 9 – подвижная установка для перелопачивания и перегрузки компоста;
 10 – продольные подпорные стенки; 11 – аэраторы; 12 – контрольный грохот для компостера;
 13 – биобарабан; 14 – первичный грохот для дробленых ТБО; 15 – цилиндрический контрольный грохот;
 16 – дробилка для компоста

Рис. 3.1. Принципиальные схемы сооружений полевого компостирования ТБО: а – совместная переработка ТБО и осадка сточных вод; б – двухстадийное компостирование ТБО; в – схема с предварительной сортировкой ТБО в биобарабане; г – схема с компостированием в открытых отсеках и предварительным грохочением ТБО; д – компостирование недробленных ТБО

Схема, изображенная на рис. 3.1, в, отличается от остальных тем, что в качестве дробилки в ней используют биобарабан. В схеме, показанной на рис. 3.1, з, используют двойное грохочение материала. Измельченный в дробилке материал при первичном грохочении разделяют на две фракции: крупную, направляемую на сжигание, и мелкую, направляемую на компостирование. Компостирование осуществляют в лотке, расположенном на открытой площадке. Лоток разделен продольными стенками на секции и оснащен установкой для перегрузки компостируемого материала в соседние секции. Зрелый компост подвергают повторному (контрольному) грохочению, после чего отправляют потребителю.

При отсутствии дробилки для ТБО может быть применена схема, изображенная на рис. 3.1, д, в которой грохочение, дробление и магнитная сепарация происходят в конце технологического цикла.

Таким образом, механизация процесса компостирования значительно сокращает сроки созревания компоста. Однако производство качественного компоста сталкивается с большими трудностями, так как в исходном продукте содержится много нежелательных токсичных и бесполезных веществ, которые можно удалить лишь с помощью сортировки. В целом, компостирование ТБО с последующим хранением остатков позволяет сократить объем отходов примерно на 40 %.

3.2. Оборудование для компостирования

3.2.1. Барабанный просеиватель отходов

Барабанный грохот ABONO-T4 (рис. 3.2), оснащен приводом бункера, дизельным двигателем, оцинкованными рамами транспортных лент, широкими перевалочными пунктами и транспортными лентами.

Грохот рассчитан на работу со всеми видами материалов. С помощью этой машины можно просеивать тяжелые материалы, такие как почва, земля, песок, строительный мусор и др.



Рис. 3.2. Барабанный грохот ABONO-T4

3.2.2. Дробилка ТБО

Дробилка, изображенная на рис. 3.3, предназначена для измельчения крупногабаритных элементов ТБО с целью получения однородного состава исходного сырья.

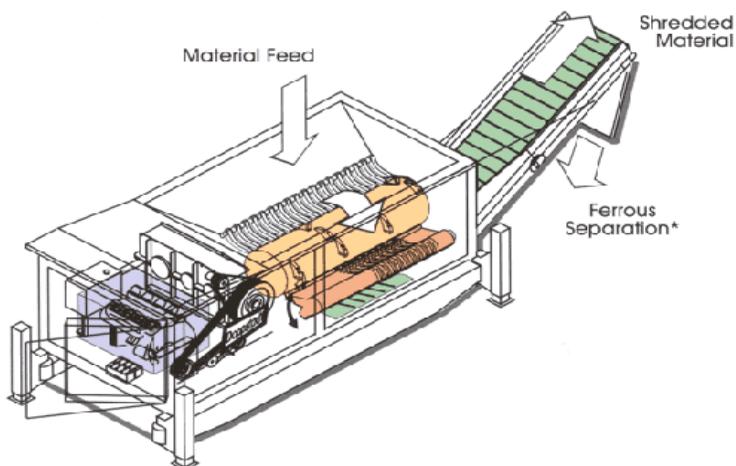


Рис. 3.3. Дробилка ТБО

Техническая характеристика

Основные габаритные размеры:

общая длина, мм	8130
общая ширина, мм	2800
общая высота, мм	3430
длина погрузочной воронки, мм	4500
ширина погрузочной воронки, мм	2100
высота погрузки, мм	2980
Режущий инструмент:	
длина вала, мм	3000
диаметр вала, мм	800
ширина ножа, мм	60
количество ножей, шт.	21
Число оборотов вала, об./мин	40
Производительность, т/ч	40–70

Очистка ленты происходит с помощью трехгранного очистителя для внутренней стороны ленты.

3.2.3. Ворошитель компоста VK-3000

Ворошитель (рис. 3.4) предназначен для перемешивания компоста, тонкого измельчения материала до однородной консистенции и его увлажнения. Вместе с водой возможно внесение бактерий для более быстрого разложения компостируемого материала [6].

Вал ворошителя во время работы обеспечивает полное замещение углекислого газа, образующегося в результате микробиологических процессов во время разложения материала, на кислород, необходимый для продолжения этих процессов. Во время перемешивания формируется конусообразный бурт и существенно понижается температура материала внутри него. Постоянная скорость перемещения обеспечивает равномерность смешивания и измельчения.



Рис. 3.4. Ворошитель компоста VK-3000

Техническая характеристика

Скорость компостирования, км/ч	0,3–0,4
Производительность, м ³ /ч	900
Ширина обрабатываемого бурта, м	3
Высота обрабатываемого бурта, м	1,5–1,8
Расход воды (максимальный), л/мин	90

Контрольные вопросы

1. Дайте характеристику компостирования без предварительного дробления.
2. Основные этапы компостирования с предварительным дроблением.
3. От каких факторов зависит качество компоста?
4. Как производится обезвреживание ТБО в процессе компостирования?
5. Каково влияние аэрации на процесс компостирования?

Тема № 4. СОСТАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ И ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СЖИГАНИЯ ТБО

Цель работы: ознакомление с технологической схемой сжигания ТБО и применяемым оборудованием.

4.1. Назначение технологической схемы

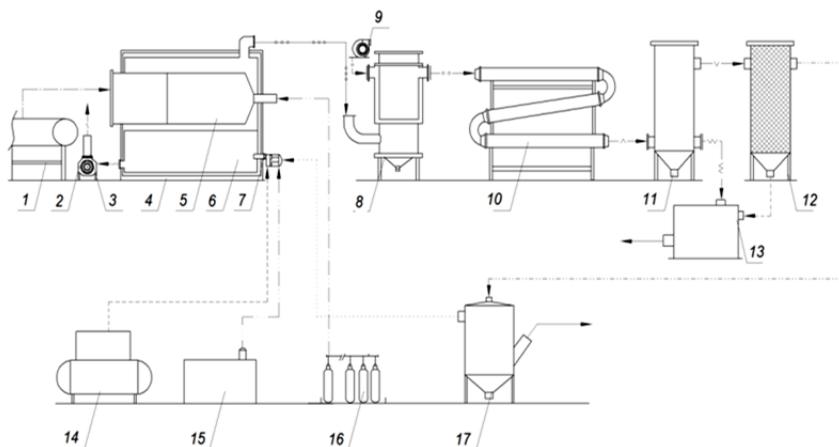
Метод сжигания является одним из перспективных направлений переработки ТБО. Он требует меньше капитальных затрат и экономически эффективнее, чем специализированные полигоны. Объем отходов, попадающих на свалки, сокращается в десять раз, а их масса – в три раза. Сжигание позволяет устранить неприятные свойства бытовых отходов: запах, выделение токсичных жидкостей, размножение бактерий. Однако недостатки этого способа, связанные с образованием мелкодисперсной пыли, загрязнением воздуха оксидами серы и азота, токсичными органическими соединениями, диоксинами, не позволяют использовать его во всех случаях уничтожения ТБО [8].

Экологическая безопасность сжигания ТБО может быть достигнута за счет проведения пиролиза. Пиролиз – это процесс сжигания веществ при высокой температуре (около 700 °С) без доступа воздуха, с образованием газовой и жидкой фракций, обогащенных водородом [9]. Технологический процесс пиролиза нечувствителен к типу используемого сырья (что уменьшает затраты на сортировку мусора) и способен перерабатывать даже такие пластиковые отходы, которые содержат в своем составе примеси. Кроме того, не требуется дополнительная сортировка пластикового мусора по типу пластмассы. При пиролизе диоксины и большинство токсичных веществ не образуются, а продукты переработки являются сырьем для различных отраслей промышленности. Например, пиролизный газ после очистки можно использовать для отопления, а пиролизное масло – как сырье для химической промышленности. Образующийся шлак может быть применен для изготовления тротуарных плит или гранулированного материала для покрытия дорожного полотна.

Таким образом, пиролизные установки более безопасны с экологической точки зрения и экономически выгоднее, чем сжигание, несмотря на то, что это более трудоемкий процесс.

4.2. Технологическая схема термической переработки

Схема переработки полипропиленовых стаканчиков методом пиролиза приведена на рис. 4.1.



- 1 – подающий транспортер; 2 – дымосос; 3 – дымовая труба;
 4 – пиролизный реактор; 5 – пиролизная камера; 6 – топочная камера;
 7 – горелка; 8 – фильтр; 9 – вентилятор; 10 – конденсатор;
 11 – газожидкостной разделитель; 12 – газоосушительная колонна;
 13 – накопительный бак; 14 – компрессор; 15 – топливный бак;
 16 – азотная рампа; 17 – гидрозатвор

Рис. 4.1. Схема переработки полипропиленовых стаканчиков методом пиролиза

Основными элементами установок термического разложения являются блок пиролиза и блок конденсации. Блок пиролиза состоит из пиролизного реактора 4, дымососа 2, дымовой трубы (газоотвода) 3, компрессора 14 в комплекте с ресивером, азотной рампы 16, топливного бака 15. Пиролизный реактор пред-

ставляет собой металлическую раму, внутри которой установлен изоляционный кожух. Внутри кожуха находится сосуд сложной формы из жаростойкой стали, в котором устанавливается пиролизная камера 5. Пространство между пиролизной камерой и сосудом образует топочное пространство 6 – топочную камеру, на задней стенке которой устанавливается газожидкостная горелка 7. Топочная камера используется для предварительного прогрева и поддержания температурного процесса пиролизной камеры (при температуре 450–520 °С) путем ее внешнего обогрева за счет сжигания жидкого и/или газообразного топлива на комбинированной горелке. Компрессор предназначен для подачи воздуха на горелку при работе на жидком топливе. Воздух компрессором подается в ресивер и далее на горелку. Ресивер предназначен для стабилизации давления воздуха. Топливный бак выполняется из металла и предназначен для приема и хранения жидкого топлива, которое подается на горелку. Пиролизная камера представляет собой цилиндрический сосуд, изготовленный из жаростойкой стали, в котором непосредственно происходит процесс термической деструкции.

Пиролизная камера имеет герметичное уплотнение для исключения доступа в нее кислорода. В верхней части пиролизной камеры располагается газоход для отвода пиролизных газов, который соединяется с колонной фильтра 8 пиролизных газов. Пиролизная камера снабжена термопарой и датчиком давления для измерения параметров внутри камеры. В среднюю часть пиролизной камеры врезан трубопровод подачи азота для продувки системы при остановке и в аварийных ситуациях. Азот подается из предусмотренной системы обеспечения (азотная рампа). Азотная рампа предназначена для снабжения азотом от баллонов давлением до 15 МПа и состоит из рамы и клапанов для присоединения баллонов. Давление и количество газа, выходящего с рампы, регулируются редуктором.

Пиролизный реактор оборудуется загрузочным устройством, смотровым окном, датчиками контроля температуры в топочном пространстве. Контроль тяги, создаваемой в топочном пространстве во время работы установки, осуществляется с помощью датчика разрежения. В нижней части изоляционного кожуха предусматриваются продувочные окна, служащие для

ускорения процесса охлаждения пиролизной камеры по окончании рабочего цикла.

Сырье, уложенное на транспортер 1, загружается через крышку в пиролизную камеру, где при нагреве без доступа кислорода происходит его термическое разложение (деструкция) с выделением парогазовой смеси, которая далее поступает в блок конденсации 5. При первичном разогреве пиролизной камеры в качестве топлива используется дизельное или печное топливо. Топливо подается на горелку самотеком из топливного бака. При разогреве увеличение температуры в пиролизной камере производится плавно со скоростью 2–3 град/мин. О начале процесса деструкции свидетельствует подъем давления в пиролизной камере и повышение температуры перед теплообменником до 40 °С. После подъема давления пиролизного газа в гидрозатворе 17 до 5 кПа горелка полностью переводится на пиролизный газ. Отвод дымовых газов из топочной камеры во время работы установки, а также отвод горячего воздуха во время охлаждения пиролизной камеры осуществляется через газоход. Газоход соединяется с дымососом, выполняющим две функции:

- во время рабочего цикла установки он поддерживает в топочном пространстве необходимое для правильной работы горелки разрежение и обеспечивает удаление топочных газов;

- во время цикла охлаждения установки служит для принудительного охлаждения пиролизной камеры холодным воздухом, поступающим через продувочные окна. В атмосферу дымовые газы удаляются через дымовую трубу 3. При снижении давления газов в гидрозатворе до 2 кПа закрывается клапан подачи газа на горелку. При давлении 0,5 кПа от азотной рампы в пиролизную камеру для продувки системы автоматически подается азот. После этого производится охлаждение пиролизной камеры. Образующийся в результате процесса термической деструкции остаток в поддоне выгружается из пиролизной камеры после ее охлаждения.

Блок конденсации представляет собой металлическую раму; в его состав входят: фильтр пиролизных газов 8, узел конденсатора 10, газожидкостной разделитель 11, накопительный бак 13, газоосушительная колонна 12, гидрозатвор 17. Парогазовая смесь из блока пиролиза поступает в фильтр пиролизных

газов и после него в теплообменник-конденсатор, где происходит ее охлаждение. Смесь жидкой и газообразной фракции из конденсатора поступает в газожидкостный разделитель, где происходит отделение жидкой фракции от газообразной. Жидкая фракция из разделителя поступает в накопительный бак, а газообразная фракция по газовой магистрали поступает в газоосушительную колонну и далее в гидрозатвор.

Фильтр пиролизных газов представляет собой цилиндрический вертикальный сосуд, в котором происходит осаждение твердых частиц (углерода), содержащихся в парогазовой смеси, и осушение смеси на насадке (кольца Рашига). Посредством принудительного воздушного охлаждения стенок фильтра вентилятором 9 происходит частичная конденсация наиболее тяжелых фракций из поступающей парогазовой смеси и их сбор (за счет сил тяжести) в нижней его части (кубовая емкость). Продукты первой стадии сепарации (жидкие углеводороды) сливаются в стальную емкость и подаются на переработку в пиролизную камеру установки в следующем цикле работы. Периодически производится очистка внутренней полости фильтра от накопившихся в процессе работы коксовых отложений на его стенках. Периодичность очистки внутренней полости фильтра зависит от типа и состава перерабатываемого сырья, скорости проведения процесса пиролиза и определяется опытным путем в процессе пуско-наладочных работ.

В состав узла конденсатора входят: теплообменник-конденсатор, циркуляционный насос, аппарат воздушного охлаждения, расширительный бак. Конденсатор выполняется на базе кожухотрубного теплообменника. В трубном пространстве проходит парогазовая смесь, а в межтрубном противотоком к движению газов – охлаждающая оборотная вода. Система оснащается манометром для измерения давления оборотной воды, датчиком температур для измерения температуры воды на выходе из конденсатора, датчиком температуры газов. Циркуляция охлаждающей воды в системе производится центробежным насосом, охлаждение воды – аппаратом воздушного охлаждения. Для компенсации изменения объема воды при охлаждении и нагреве на насосе установлен расширительный бак.

Газожидкостный разделитель представляет собой цилиндрический вертикальный сосуд с набивкой, в который поступает смесь жидких и газообразных фракций из конденсатора. Газообразные фракции выходят из верхнего патрубка, в нижней части разделителя установки собирается жидкая фракция. Состав жидкой фракции зависит от исходного химического состава перерабатываемого сырья.

Примером получаемого топлива, при наличии воды и нефтепродуктов в исходном составе, может являться жидкая фракция, представляющая собой смесь воды и пиролизной жидкости (печного топлива). В этом случае в разделителе под действием силы тяжести и благодаря разности плотностей происходит расслоение смесей полученных жидких продуктов. Полученная балластная фракция (например, водная частично в смеси с пиролизной жидкостью) может через кран быть перелита в отдельную емкость, после чего осуществляется слив самотеком целевой фракции (пиролизной жидкости) в накопительный бак.

4.3. Оборудование для сжигания и пиролиза

4.3.1. Магнитный сепаратор

Магнитный сепаратор, представленный на рис. 4.2, применяется для отделения железосодержащих элементов из общей массы ТБО. В процессе дробления в исходное сырье часто попадают металлические и металлсодержащие частицы, что приводит к потере ценного вторичного сырья. Для их сохранения необходимо проведение операции сепарирования поступающих ТБО.

Барабан сепаратора имеет форму цилиндра, на поверхности которого расположены по всему корпусу специальные магнитные части, которые при работе создают поле с высоким градиентным воздействием.



Рис. 4.2. Магнитный сепаратор

В процессе вращения барабана сепаратора создается магнитное поле, которое притягивает частицы с содержанием железа, отделяя их от обрабатываемой массы.

Оптимальными рабочими условиями, при которых происходит бесперебойная работа сепаратора, являются температура плюс 30–80 °С и влажность воздуха не выше 85 %. Магнитный сепаратор должен устанавливаться на прочных стационарных местах, которые имеют стабильное положение.

Основным преимуществом данного оборудования является высокая степень отделения металлических частиц благодаря совмещению работы магнитного поля и центробежной силы. При использовании магнитного сепаратора достигается высокая степень отделения от основной массы материала металлических частиц, которые при больших объемах переработки представляют ценный вторичный ресурс.

Техническая характеристика

Производительность, т/ч	500
Частота вращения барабана, об./мин	100
Магнитное поле сепаратора, кВ	90

4.3.2. Электрофильтры

Электрофильтры (рис. 4.3) предназначены для высокоэффективной очистки технологических газов и аспирационного воздуха от твердых или жидких частиц, выделяющихся при технологических процессах в различных отраслях промышленности [10].

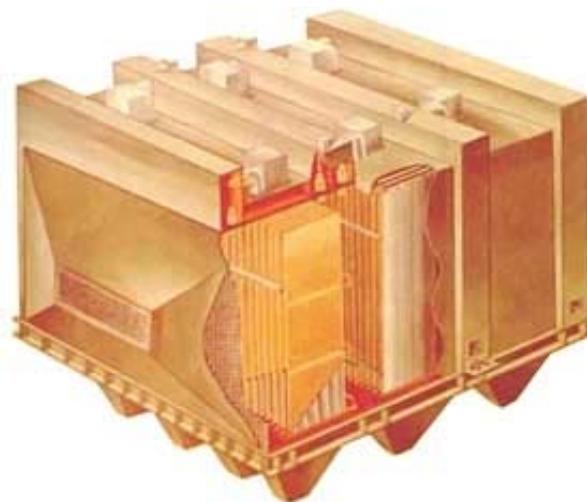


Рис. 4.3. Электрофильтр

Электрические фильтры применяют в энергетике, черной и цветной металлургии, в производстве строительных материалов, в химической и нефтехимической промышленности и многих других отраслях.

Электрофильтры – это высоковольтное электротехническое оборудование, в котором используется коронный разряд для зарядки взвешенных в газе частиц и их улавливания в электрическом поле. Для этого электрофильтры питаются от повысительно-выпрямительных агрегатов с номинальным выпрямленным напряжением 80, 110 и 150 кВ.

Электрофильтр состоит из системы коронирующих и осадительных электродов, расположенных в корпусе, системы встряхивания электродов, системы газораспределения, диффузора на входе, конфузора на выходе.

Как правило, электрофильтры конструктивно представляют набор металлических пластин, между которыми натянуты металлические нити. Между нитями и пластинами создается разность потенциалов порядка нескольких киловольт, а в промышленных масштабах – десятка киловольт. Данная разность потенциалов приводит к образованию сильного электрического поля между нитями и пластинами. При этом на поверхности нитей возникает коронный разряд, что в сочетании с электрическим полем обеспечивает ионный ток от нитей к пластинам. Загрязненный воздух подается в пространство между пластинами, при этом пыль и мелкие частицы под воздействием ионного тока приобретают электрический заряд, после чего под действием электрического поля притягиваются к пластинам и оседают на них.

Основные особенности очистки газов электрофильтрами следующие:

- электрофильтры имеют широкий диапазон производительности – от сотен до миллионов кубометров в час;
- электрофильтры обеспечивают высокую степень очистки газов – до 99,95 %
- электрические фильтры имеют низкое гидравлическое сопротивление – 0,2 кПа;
- электрические фильтры могут улавливать твердые и жидкие частицы размером от 0,01 мкм (вирусы, табачный дым) до десятков микрометров.

Техническая характеристика

Условная высота электродов, м	4
Межэлектродный шаг, мм	300
Количество газовых проходов, шт.	60
Длина электрического поля, м	2,56
Количество полей, шт.	3
Производительность по очищаемому газу, тыс. м ³ /ч	500

Контрольные вопросы

1. Назовите основные отличия сжигания от пиролиза.
2. Охарактеризуйте основные стадии пиролиза.
3. Назовите основные единицы оборудования для переработки отходов пиролизом.
4. Опишите устройство блока пиролиза.
5. Каково устройство блока конденсации?
6. В чем заключается принцип работы электрофильтров?

Тема № 5. СОСТАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ И ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛИМЕРОВ

Цель работы: ознакомление с технологической схемой, оборудованием и технологическими расчетами.

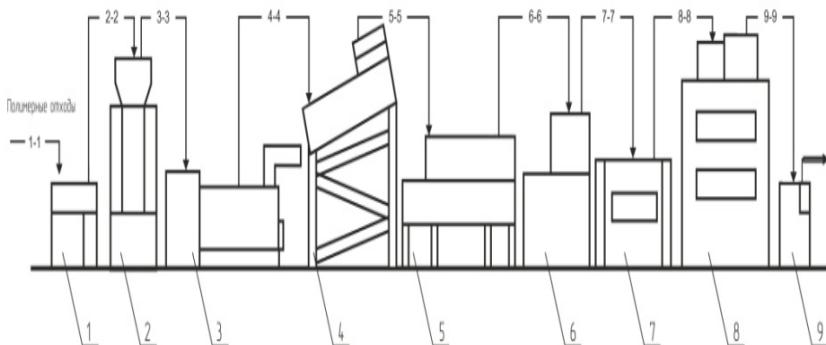
5.1. Назначение технологической схемы

Повторное использование полимеров считается основным путем утилизации, оказывающим минимальное вредное воздействие на окружающую среду. Их рециклинг снижает затраты на электрическую энергию и материальные затраты на сырье при производстве.

Выбор технологических параметров переработки отходов полимеров и областей использования получаемых из них изделий обусловлен их физико-химическими, механическими и технологическими свойствами, которые в значительной степени отличаются от тех же характеристик первичного полимера. К основным особенностям вторичного полимера, которые определяют специфику его переработки, следует отнести: низкую насыпную плотность; особенности реологического поведения расплава, обусловленные высоким содержанием геля; повышенную химическую активность вследствие изменений структуры, происходящих при переработке первичного полимера и эксплуатации полученных из него изделий. Поэтому изучение особенностей переработки полимеров является важной задачей, связанной с получением качественного вторичного сырья [11].

5.2. Устройство и принцип работы технологической линии по переработке полиамидных пленок во вторичное сырье

Линия по переработке полиамидных пленок (ПА) во вторичное сырье представлена на рис. 5.1.



1-1 – полимерные отходы; 2-2 – отсортированные полимерные отходы;
 3-3 – измельченные отходы; 4-4 – отходы после предварительной
 сепарации; 5-5 – вымытые отходы; 6-6 – очищенные полимеры;
 7-7 – подсушенные полимеры; 8-8 – высушенные полимеры;
 9-9 – полимерные гранулы

1 – узел сортировки отходов, 2 – дробилка, 3 – ванна предвари-
 тельной сепарации, 4 – моечное оборудование, 5 – флотационная
 ванна, 6 – центрифуга, 7 – сушильный аппарат, 8 – гранулятор,
 9 – приемный бункер для гранул

Рис. 5.1. Схема переработки упаковки из полиамидной пленки
 во вторичное сырье

Вышедшие из употребления ПА отходы с содержанием посторонних примесей не более 5 % со склада сырья поступают на узел сортировки отходов 1, в процессе которой из них удаляют случайные инородные включения и выбраковывают сильно загрязненные куски, а также удаляются магнитом металлические включения. Предварительная сортировка предусматривает грубое разделение отходов по различным признакам: цвету, габаритам, форме и, если это нужно и возможно, – по видам пластмасс. Предварительную сортировку производят, как правило, вручную на столах или ленточных конвейерах; при сортировке одновременно удаляют из отходов различные посторонние предметы и включения [12].

Отходы, прошедшие сортировку, измельчают в ножевых дробилках 2 мокрого или сухого измельчения до получения рыхлой массы с размером частиц 2–9 мм.

Производительность измельчительного устройства определяется не только его конструкцией, числом и длиной ножей, частотой вращения ротора, но и видом отходов. Для всех ножевых дробилок характерной особенностью является повышенный шум, который связан со спецификой процесса измельчения вторичных полимерных материалов. Для снижения уровня шума измельчитель вместе с двигателем и вентилятором заключают в шумозащитный кожух, который может выполняться разъемным и иметь специальные окна с заслонками для загрузки измельчаемого материала. Измельчение – очень важный этап подготовки отходов к переработке, так как степень измельчения определяет объемную плотность, сыпучесть и размеры частиц получаемого продукта. Регулирование степени измельчения позволяет механизировать процесс переработки, повысить качество материала за счет усреднения его технологических характеристик, сократить продолжительность других технологических операций, упростить конструкцию перерабатывающего оборудования.

Далее измельченные отходы подают на отмывку в моечную машину 3.

Отмывку ведут в несколько приемов специальными моющими смесями. Из смесителя при помощи нижнего насоса сырье с водой поступает в блок интенсивной мойки 4, где происходит его дальнейшая отмывка и частичное отделение влаги. Отмытое сырье поступает во флотационную ванну 5, где происходит разделение смешанных (бытовых) отходов термопластов по видам: полиэтилен (ПЭ), полипропилен (ПП), полистирол (ПС) и поливинилхлорид (ПВХ). Разделение пластмасс производится при добавлении в воду поверхностно-активных веществ, которые избирательно изменяют их гидрофильные свойства.

Отмытое и разделенное сырье поступает в центрифугу 6, где происходит активное отделение влаги от сырья за счет вращения лопаток ротора центрифуги вместе с сырьем. Отжатую в центрифуге 6 массу с влажностью 10–15 % подают на окончательное обезвоживание в сушильную установку 7, где при прохождении по секциям сушки в виде перфорированных бараба-

нов с крыльчатками, вращающимися с большой скоростью, происходит его окончательное отделение от влаги. Отмытый и сухой материал направляется в гранулятор 8.

Грануляция является заключительной стадией подготовки вторичного сырья для последующей переработки в изделия. В процессе гранулирования происходит уплотнение материала, разогрев и сплавление в общую массу, усредняются характеристики вторичного сырья, в результате чего получают материал, который можно перерабатывать на стандартном оборудовании.

Из гранулятора гранулы поступают в накопительный бункер 9, откуда по необходимости отправляются на реализацию.

Самым перспективным вариантом является добавление вторичного сырья к первичному в количестве 20–30 %. Введение в полимерную композицию пластификаторов, стабилизаторов, наполнителей позволяет увеличить эту цифру до 40–50 %. Это повышает физико-механические характеристики изделий, однако их долговечность (при эксплуатации в жестких климатических условиях) составляет всего 0,6–0,75 от долговечности изделий из первичного полимера. Из гранулята получают упаковки для товаров бытовой химии, вешалки, детали строительного назначения, сельскохозяйственные инструменты, поддоны для транспортировки грузов, вытяжные трубы, облицовку дренажных каналов, безнапорные трубы для мелиорации и другие изделия [13, 14].

5.3. Технологическое оборудование для переработки полипропилена

5.3.1. Дробилка роторно-ножевая серии HSS-A

Операция измельчения полимерных отходов осуществляется в ножевых дробилках. На рис. 5.2 представлена дробилка роторно-ножевая серии HSS-A.



Рис. 5.2. Дробилка роторно-ножевая серии HSS-A

Техническая характеристика

Габаритные размеры, мм	1080×760×1200
Производительность, кг/ч	100–200
Мощность, кВт	4
Размеры приемной горловины, мм	230×160
Кол-во ротационных ножей	6
Кол-во стационарных ножей	2
Размеры ячейки штатной сетки-экрана, мм	6
Размеры ячейки сетки-экрана под заказ, мм	5–9
Вес, кг	305

Дробилки серии HSS-A являются универсальными и предназначены для дробления широкого спектра полимеров с небольшой толщиной стенки.

Дробилка HSS-230A содержит: ножи каскадной формы из нержавеющей стали твердостью после закалки HRC 58-62; регулируемый зазор между роторными и стационарными ножами для измельчения различных материалов; звукопоглощающий кожух дробилки; быстроразборный корпус и съемный бункер, облегчающие очистку и обслуживание; систему защиты двигателя от перегрузки; обладает возможностью быстрой замены сит.

5.3.2. Оборудование моечное ОМ200 ПО

Оборудование моечное предназначено для мойки измельченных полимерных отходов. Измельченное сырье через загрузочную воронку поступает в ванну моечной машины, заполненную водой с моющим раствором. В процессе прохождения сырья через моечные камеры частицы грязи с поверхности сырья переходят в моющий раствор в виде взвеси. Затем сырье, пройдя все моечные камеры, подается в машину разделения.

В машине разделения происходит отделение сырья от моющего раствора и частиц грязи. Моющий раствор возвращается в моечную машину. Сырье подается в машину споласкивания, где орошается оборотной водой из бака. Загрязненная вода очищается от грязи и возвращается в бак. Оборудование снабжено ванной флотации.

Оборудование моечное ОМ200 ПО представлено на рис. 5.3.



Рис. 5.3. Оборудование моечное ОМ200 ПО

Техническая характеристика

Производительность, кг/ч	150–200
Расход воды, м ³ /ч	1,5
Установленная мощность, кВт	10,8
Напряжение питающей сети, В	380

Габаритные размеры, мм:

длина	5143
ширина	3950
высота	2000

Основное отмывание сырья происходит в моечном резервуаре. Оседающая грязь отводится из резервуара наружу винтовым загрузчиком. Моечный резервуар выполнен из нержавеющей стали.

5.3.3. Центрифуга С-ЦР-30

Внутренняя емкость горизонтальной центрифуги выполнена из нержавеющей стали, корпус выполнен из стали 10 мм. Принцип действия центрифуги: внутри цилиндрической сетки с ячейей диаметром 2,5–3 мм вращаются лопасти. При больших оборотах поступающее сырье разбивается вращающимися лопастями о стенки сетки, и вся влага выступает за пределы сетки. На концах лопастей имеются лопатки, лопатками сырье продвигается к выходу. На выходе сырье подается воздушным транспортом в змеевик для осушения.

Центрифуга предназначена для сушки (отделения влаги) предварительно измельченного и очищенного сырья. Общий вид центрифуги, применяемой в составе моечной линии, представлен на рис. 5.4

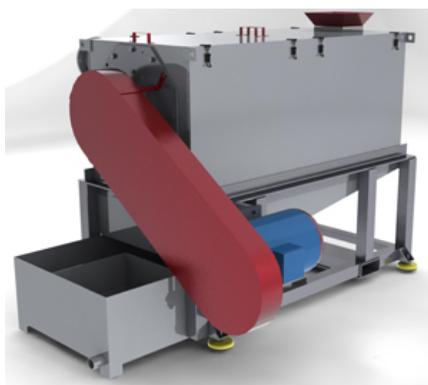


Рис. 5.4. Центрифуга С-ЦР-30

Техническая характеристика

Габариты, мм	1740×936×1350
Объем корпуса, м ³	1
Производительность, кг/ч	200
Рабочая мощность, кВт	1,1
Частота вращения ротора, об./мин	950
Масса, кг	220

Преимущества центрифуги данного типа:

- минимальное потребление электроэнергии всего 15 кВт/ч при номинальной мощности 22 кВт/ч и высокой производительности;
- производительность центрифуги ограничена лишь производительностью дробилки на входе;
- универсальна: пригодна для сушки всех видов полимерных материалов.

5.3.4. Ванна флотационная GSF1240

Ванна флотационной мойки GSF1240 представлена на рис. 5.5). Полимерный материал вводится в ванну посредством специализированного загрузочного шнека. В конце шнека находится устройство, которое разгоняет поступающие хлопья и с большой скоростью распыляет их под поверхностью воды [15]. Тяжелые фракции опускаются на дно и транспортируются горизонтальным шнеком к концу ванны. Там их подхватывает другой шнековый конвейер, далее тяжелые фракции изымаются вытяжным шнеком и попадают в отдельный бак, специально отведенный для этой цели. Фракции с удельной плотностью меньше единицы всплывают, после чего направляются с помощью вращающихся барабанов с лопатками к концу ванны, где уносятся потоком воды в специальную осушающую секцию. Потом они транспортируются шнековым конвейером в моечную машину. Флотационная ванна также оборудована двумя насосами и дополнительной буферной емкостью для поддержания постоянного уровня и обеспечения циркуляции воды. Ванна также имеет двойной пол с перфорированным ситом для удаления

мелких загрязнений, таких как песок, что существенно облегчает техническое обслуживание.



Рис. 5.5. Ванна флотационной мойки GSF1240

Техническая характеристика

Мощность, кВт	4,5
Степень высушивания, %	90
Диаметр гранул, мм	3–5
Производительность, кг/ч	150
Вес, кг	20000

5.3.5. Сушильное устройство Moretto

В сушильном устройстве происходит окончательное обезвоживание. Наибольшая продуктивность сушки полимеров достигается за счет использования генераторов сухого воздуха модульного типа, позволяющих вырабатывать сухой воздух с неизменяемой точкой росы в 65 °С (указывает степень сухости воздуха при температуре 65 °С). Модульная конструкция позволяет работать в непрерывном режиме: даже если один из генераторов вышел из строя, остальные продолжают функциониро-

вать. В процессе сушки необходимые объемы подачи сухого воздуха постепенно сокращаются.

Сушильное устройство Moretto представлено на рис. 5.6.

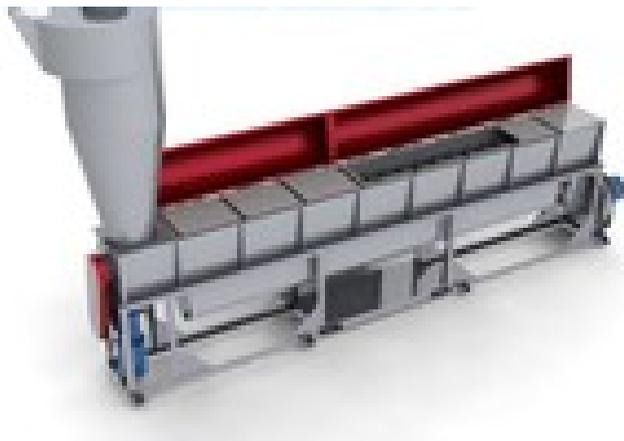


Рис. 5.6. Сушильное устройство Moretto

Техническая характеристика

Габариты, мм	1800×660×1200
Производительность, кг/ч	200
Рабочая мощность, кВт	1,1
Масса, кг	360

Сушка материала подразумевает удаление молекул воды из молекулярной решетки полимера тепловым способом, что повышает стабильность процесса. В процессе сушки влага, изначально распределенная в грануле равномерно, удаляется с поверхности, затем вытягивается из верхних и внутренних слоев, оставаясь лишь в центральном слое, который сложно просушить. Данный уровень остаточной влажности снижается за счет установленного генератора сухого воздуха и теплоизолированного бункера.

5.3.6. Экструзионный гранулятор серии АГМ

Экструзионный гранулятор серии АГМ, представленный на рис. 5.7, предназначен для переработки дробленых изделий из полимеров и последующего их использования в виде гранулированного вторичного полимерного сырья.



Рис. 5.7. Экструзионный гранулятор

Техническая характеристика

Габариты, мм	6760×960×2000
Производительность, кг/ч	150
Расход воды, м ³ /ч	1,9
Расход воздуха, м ³ /ч	3,5
Мощность привода, кВт	60
Масса, кг	6413

Принцип действия экструзионного гранулятора основывается на сжатии и расплавлении сырья. Под воздействием вращающегося шнека, выполненного в виде винта с винтовой нарезкой, в экструдер подается предварительно измельченное сырье. Экструдер имеет несколько зон разогрева. На выходе расплавленное сырье проходит через стренговую головку (молдинг). Молдинг – это устройство для образования стренгов (пластиковых прутков) однородной массы. При непрерывном

вращении шнека происходит постоянный выход переплавленно-го сырья. Скорость вращения главного двигателя регулируется. Стренги горячего полимера проходят водяную ванну для охлаждения и попадают в резак, где измельчаются на гранулы.

5.4. Расчетно-практическая часть

5.4.1. Расчет производительности и энергозатрат гранулятора

Производительность гранулятора рассчитывают по режущей способности измельчающего механизма, Π , кг/с, по формуле 5.1:

$$\Pi = \alpha \cdot F / F_{y\partial}, \quad (5.1)$$

где α – коэффициент использования режущей способности измельчающего механизма ($\alpha = 0,7 \dots 0,8$); F – режущая способность измельчающего механизма, $\text{м}^2/\text{с}$, рассчитывается по формуле 5.2:

$$F = \frac{\delta \cdot D}{4} \cdot n \cdot (y_1 \cdot r_1 + y_2 \cdot r_2 \dots y_i \cdot r_i), \quad (5.2)$$

где n – частота вращения ножей, с^{-1} ; $r_1 \dots r_i$ – число лезвий на каждом ноже; $y_1 \dots y_i$ – коэффициенты, учитывающие использование площади решеток под отверстия для прохождения стренг, определяемые по формуле 5.3:

$$y = z \cdot d^2 / D^2, \quad (5.3)$$

где z – количество отверстий в решетке; d – диаметр отверстий в решетке, м; D – диаметр решетки, м.

Удельная поверхность гранул после измельчения $F_{y\partial}$ ($\text{м}^2/\text{кг}$) определяется по рекомендациям: если $d = 2 \dots 3$ мм, то $F_{y\partial} = 0,8 \dots 1,2$ $\text{м}^2/\text{кг}$. Мощность привода волчка гранулятора N (кВт) рассчитывается по формуле 5.4:

$$N = g_c \cdot \Pi / 1000 \cdot \eta, \quad (5.4)$$

где g_c – удельный расход электроэнергии при установившейся работе волчка, кВт·ч/т. При $d = 2 \dots 3$ мм – $g_c = 3,5 \dots 4,5$ кВт·ч/т; Π – производительность гранулятора, кг/ч; η – КПД приводного механизма волчка ($\eta = 0,85 \dots 0,9$).

5.4.2. Задание для самостоятельной работы

Задача. Рассчитать производительность гранулятора и потребляемую мощность электродвигателя его измельчающего механизма. Исходные данные приведены в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Исходные данные для расчета производительности гранулятора и потребляемой мощности электродвигателя его измельчающего механизма

Показатель	Вариант				
	1	2	3	4	5
Частота вращения ножей, с^{-1}	2	3	4	5	2
Число лезвий на каждом ноже r , шт.	2	4	2	4	2
Количество отверстий в решетке z , шт.	86	122	86	122	86
Диаметр отверстий в решетке d , мм	2	3	2	3	2
Производительность гранулятора Π , кг/ч	80	160	80	160	80

Контрольные вопросы

1. Назовите основные стадии переработки полимерных материалов.

2. Перечислите основные единицы оборудования для переработки полимеров.
3. Охарактеризуйте стадии очистки пластика при переработке.
4. На каких единицах оборудования происходит очистка пластика от примесей?
5. Опишите стадию грануляции и используемое при этом оборудование.
6. Какие имеются варианты использования вторичного полимерного сырья?

Тема № 6. СОСТАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ И ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ОТХОДОВ

Цель работы: ознакомление с технологической схемой, оборудованием и технологическими расчетами.

6.1. Технологическая схемы переработки металлических отходов

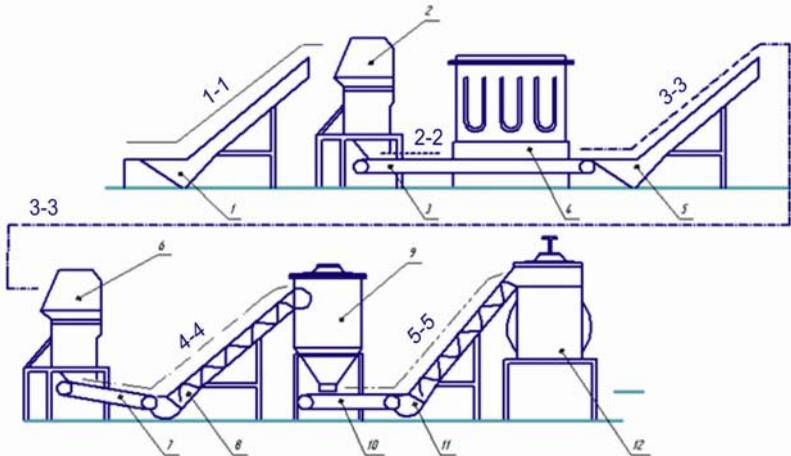
Извлечение металлов из отходов – процесс, при котором металлы получают из скрапа. Восстановленные металлы не отличаются от произведенных при первичной переработке руды, однако технологический процесс иной и также иным может быть его воздействие [16].

Представленный на рис. 6.1 способ переработки алюминиевых банок – наиболее перспективный метод переработки, при котором в полной мере решается задача ресурсосбережения.

Исходный материал загружают с помощью ленточного транспортера 1 в измельчитель 2, измельчают его до размера частиц не более 30 мм и подают транспортером 3 в магнитный сепаратор 4, где удаляются из материала железные включения. Затем материал поступает в измельчитель 6, где его измельчают до размера частиц не более 8 мм. Из измельчителя 6 материал транспортером 8 подают в циклон-газодувку 9, откуда фракция более 8 мм поступает в измельчитель 6, а фракция менее 0,2 мм выводится из процесса.

Материал, поступивший в циклон-газодувку 9, проходит очистку от органических включений потоком сжатого воздуха. Дополнительная очистка осуществляется в процессе измельчения материала в измельчителях 2, 6. Через измельчители пропускают газ, который удаляет из них частицы менее 0,2 мм. Эти частицы содержат органические примеси и их выводят из процесса, очищая тем самым оставшийся материал. Пылегазовая смесь из измельчителей 2, 6 и циклона-газодувки поступает в циклон 9, где она очищается от твердых частиц, и газ выбрасывается в атмосферу.

В качестве газа можно использовать воздух при поддержании концентрации пыли в нем ниже допустимого концентрационного предела распространения пламени либо защитный газ, например, азот с содержанием кислорода не более 12 %.



1-1 – металлические банки;

2-2 – алюминиевые частицы не более 30 мм;

3-3 – алюминиевые частицы не более 8 мм;

4-4 – очищенные алюминиевые частицы;

5-5 – брикеты на переплавку

1 – ленточный транспортер, 2 – измельчитель для банок роторного типа, 3 – транспортер, 4 – магнитный сепаратор,

5 – ленточный транспортер, 6 – измельчитель банок роторного типа,

7 – транспортер, 8 – шнековый транспортер,

9 – циклон-газодувка, 10 – транспортер, 11 – шнековый транспортер, 12 – пресс

Рис. 6.1. Технологическая схема по переработке алюминиевых банок

Из циклона-газодувки очищенный измельченный материал поступает в пресс 12. Прессование осуществляется с помощью пресса ТМ-12ТК, имеющего удельное давление около 7 кг/см.

После прессования брикеты отправляются на металлургический завод для переплавки. Брикеты могут быть переплавлены отдельно или добавлены в алюминий, полученный первичным способом из бокситов, в результате чего получается материал, обладающий такими же свойствами, что и алюминий, полученный первичным способом.

Утилизация упаковочных отходов является не только экономически целесообразным, но и экологически предпочтительным решением проблемы использования отходов. Использование металлических отходов позволяет существенно экономить первичное сырье и электроэнергию [8].

6.2. Оборудование для переработки

6.2.1. Измельчитель RS-45

Роторный измельчитель производит измельчение, разделение и подготовку к переработке. Измельчающий инструмент за счет ударно-отражательных, ударных и перерезывающих усилий оказывает очень интенсивное воздействие на загружаемый материал.

Измельчитель RS-45 перерабатывает такие материалы, как изделия из алюминия, металлические бочки, листовой металл, фильтры, отходы жизнедеятельности, бамперы, рулоны ковролина и линолеума, пластмассовые трубы, приборные панели, монтажные платы, радиоэлектронный лом, ТБО, контейнеры для мусора, садово-парковые отходы, отходы РТИ, кожу, матрацы, легковые покрывки и т.п. Измельчитель RS-45 представлен на рис. 6.2.

Материал, подлежащий измельчению, засыпается в загрузочный бункер. Режущие диски, оснащенные специализированными ножами-крюками, производят встречное вращение, захватывают поступающий материал и двигают его вниз между валами. Как только загружаемый материал достигнет заданного размера измельчения, он покидает установку самостоятельно через соответствующим образом сконструированные сегментные решетки.



Рис. 6.2. Измельчитель RS-45

Техническая характеристика

Размеры режущего механизма:

длина, мм	750
ширина, мм	700
Привод, кВт	30
Производительность, т/ч	до 2400

6.2.2. Пресс брикетирования ПБО-1

Пресс брикетирования ПБО-1 представлен на рис. 6.3.

Техническая характеристика

Производительность пресса, т/ч	0,6 ± 25%
Главный привод:	
мощность, кВт	5,5–10
Нагревательный элемент обжига:	
кольцевой электронагреватель, мощность, кВт	2,0
Количество нагревательных элементов, шт.	1
Температура нагрева, °С	100–300
Получаемые брикеты:	
форма брикета – правильный шестигранник, круглая труба	

ширина грани брикета, мм	35
диаметр отверстия брикета, мм	10–25
удельная плотность брикета, т/м ³ , не менее	1,1–1,3
Габаритные размеры, мм	2320×1420×1700
Масса прессы, кг	200

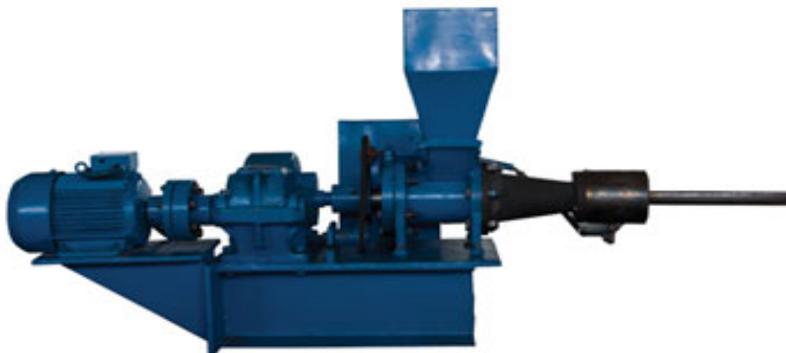


Рис. 6.3. Пресс брикетирования алюминиевых частиц

6.2.3. Электродпечь САТ-0,25

Электродпечь САТ-0,25 (рис. 6.4) предназначена для переплава и перегрева алюминия и его сплавов, поддержания температуры расплавленного металла перед разливкой в формы [17].

Электродпечь представляет собой теплоизолированную шахтную камеру, выполненную из листового проката, внутри которой установлен графитовый тигель на подставке из огнеупорной нержавеющей стали. Футеровка многослойная: первый слой – огнеупорный кирпич, второй – теплоизоляционный волокнистый материал. Три зигзагообразных нагревателя соединены в звезду и закреплены на огнеупорной кладке с помощью жаропрочных штырей. Снизу камеры предусмотрено отверстие для аварийного слива расплава. Сверху проем электродпечи перекрывается двумя теплоизолированными крышками. Для регулирования температуры в шахте печи и расплава в тигле установлены две термопары. Управление тепловым режимом электродпечи осуществляется шкафом управления, в котором уста-

новлен тиристорный регулятор мощности и двухканальный прибор регулирования температуры в шахте и расплаве.

При закрытых крышках производится разогрев до температуры в тигле 750 °С, после чего производится загрузка металла при одной или двух снятых крышках. Поддерживание и контроль температуры в шахте печи и температуры расплавленного металла осуществляется системой автоматического регулирования, включающей два преобразователя – ВК1 и ВК2 – и регулятор «Термодат». При достижении требуемой температуры металла оператор открывает одну из крышек и производит ручную вычерпывание металла из тигля при отключенной электропечи.



Рис. 6.4. Электропечь САТ-0,25

Техническая характеристика

Размеры тигля (наружные), мм:	
диаметр	520
глубина	685
Температура перегрева металла, °С	750
Скорость плавки при плавлении и перегреве, т/ч	0,125
Масса электропечи, кг	1100

6.2.4. Конвейер СМ-46В

Данный тип конвейеров разработан специально для перемещения, сортировки и переработки мусора и твердых бытовых отходов. Для предотвращения падения мусора конвейер оснащается защитными бортами. Конвейер СМ-46В представлен на рис. 6.5.

Лента конвейера – резинотканевая, так как она должна иметь поверхность, устойчивую к налипанию мусора и легко очищающуюся при необходимости. Резинотканевая лента состоит из двух слоев – резинового и тканевого. Обеспечивает большой коэффициент трения, устойчива к истиранию и к абразивному воздействию. Резинотканевые ленты бывают морозостойкие, теплостойкие, маслобензостойкие и предназначенные для пищевой продукции.



Рис. 6.5. Конвейер СМ-46В

Техническая характеристика

Габариты:

ширина, мм	от 200 до 1200
длина, мм	до 30 000
высота, мм	от 300 до 1500
Максимальная нагрузка, кг/п. м	350
Скорость, м/с	от 0,1 до 0,6
Максимальный угол наклона, град.	до 30

6.3. Расчетно-практическая часть

6.3.1. Расчет ленточного конвейера

Производительность конвейера при перемещении алюминиевых отходов Π , кг/с, рассчитывается по формуле 6.1:

$$\Pi = bhv\rho\varphi, \quad (6.1)$$

где Π – производительность горизонтального конвейера, кг/с; v – скорость движения ленты, м/с; ρ – насыпная плотность груза, кг/м³ (см. приложение 1); φ – коэффициент заполнения ленты ($\varphi = 0,6 \dots 0,9$); b – ширина ленты ($b = 0,3; 0,4; 0,5; 0,65; 0,8; 1$ м); (β – угол наклона конвейера к горизонту, $\beta = 30^\circ$); h – высота слоя груза на ленте.

Мощность привода ленточного конвейера P , кВт, рассчитывается по формуле 6.2:

$$P = \Pi(L + H)K / 102\eta, \quad (6.2)$$

где Π – производительность конвейера, кг/с; L – длина конвейера, м; H – высота подъема груза, м; K – коэффициент запаса мощности привода, $K = 3 \dots 5$ (большие значения принимаются для конвейеров малой длины или малой производительности); η – КПД привода.

Мощность привода для горизонтальных конвейеров P , кВт, рассчитывается по формуле 6.3:

$$P = [(0,03 \dots 0,05)\Pi L] / \eta. \quad (6.3)$$

Диаметр барабана d_6 , м, рассчитывается по формуле 6.4:

$$d_6 = (0,1 \dots 0,15)z, \quad (6.4)$$

где z – число прокладок в ленте (обычно принимают $z = 3 \dots 5$).

При использовании стальной ленты диаметр барабана d_6 , м, рассчитывается по формуле 6.5:

$$d_6 = (800 \dots 1200)\delta, \quad (6.5)$$

где δ – толщина стальной ленты, м.

Полученное расчетное значение диаметра барабана округляют до ближайшего стандартного из ряда: 0,16; 0,2; 0,25; 0,315; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1,0; 1,25 м.

Длина обечайки барабана l_{δ} , м рассчитывается по формулам 6.6, 6.7:

для лент шириной 0,3...0,65 м

$$l_{\delta} = b + 0,1; \quad (6.6)$$

для лент шириной 0,8 и 1 м:

$$l_{\delta} = b + 0,15. \quad (6.7)$$

Скорость движения ленты v , м/с рассчитывается по формуле 6.8:

$$v = \pi d_{\delta} n / 60, \quad (6.8)$$

где n – частота вращения барабана, мин⁻¹.

Рекомендуется принимать стандартное значение скорости из ряда: 0,25; 0,315; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0 м/с. Допускается применять скорости менее 0,25 м/с. Отклонение расчетной величины скорости от стандартного значения не должно превышать 10 %. Скорость движения лент инспекционных конвейеров должна быть не более 0,2 м/с, укладочных – 0,16 м/с.

Число роlikоопор под верхней (рабочей) ветвью ленты при перемещении алюминиевых отходов рассчитывается по формуле 6.9:

$$X_p = (L/l_p) - 1. \quad (6.9)$$

Число роlikоопор под нижней (холостой) ветвью ленты рассчитывается по формуле 6.10:

$$X_x = (L/l_x) - 1, \quad (6.10)$$

здесь l_p и l_x – соответственно расстояние между верхними и

нижними роликоопорами, м;

$$l_p = 1,0 \dots 1,5 \text{ м};$$

$$l_x = (2 \dots 2,5) l_p,$$

но не более 3,5 м.

Число прокладок в ленте рассчитывается по формуле 6.11:

$$z = F / (b\sigma), \quad (6.11)$$

где F – действующая нагрузка, Н; σ – допускаемое напряжение, Н/м (для бельтинга $\sigma = 11770$ Н/м).

6.3.2. Задание для самостоятельной работы

Задача. Ленточным конвейером в линии по переработке вторсырья перемещаются сыпучие грузы, имеющие насыпную плотность ρ , кг/м³. Лента используется шириной b , м, движется она со скоростью v , м/с. Найти производительность Π , кг/с, и потребную мощность привода P , кВт, привода. Первые два варианта имеют плоскую ленту, а последующие – желобчатую.

Данные к расчету приведены в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Данные для расчета ленточного конвейера

Показатель	Обозначение	Размерность	Варианты				
			1	2	3	4	5
Насыпная плотность сырья	ρ	кг/м ³	200	220	250	270	300
Ширина ленты	b	мм	800	400	600	800	300
Скорость ленты	v	м/с	0,25	0,315	0,25	0,4	0,5
Длина конвейера	L	м	12	15	20	25	10

Контрольные вопросы

1. Назовите основные стадии переработки отходов алюминия.
2. Перечислите основные единицы оборудования для переработки алюминиевых отходов.
3. Охарактеризуйте стадию очистки алюминиевых отходов при переработке.
4. На каких единицах оборудования происходит очистка от металлических и органических примесей?
5. Опишите стадию измельчения отходов алюминия.
6. Дайте характеристику оборудования для переплавки алюминия.

Тема № 7. СОСТАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ И ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ СТЕКЛОБОЯ

Цель работы: ознакомление с технологической схемой переработки стеклобоя, оборудованием и технологическими расчетами.

7.1. Назначение технологической схемы

Стекло – полностью рециркулируемый материал. Процесс переработки стекла – абсолютно замкнутый цикл, не создающий никаких дополнительных отходов или побочных продуктов. Его можно практически бесконечно повторно использовать в производстве без ущерба для качества новых изделий.

Утилизация вышедшей из употребления стеклянной тары может проводиться по трем направлениям:

- использование в качестве вторичного сырья при получении новой стеклянной тары;
- применение в качестве основного сырьевого компонента в производстве различных стройматериалов;
- вывоз в составе твердых бытовых отходов (ТБО) на полигоны.

При производстве новой тары с применением стеклобоя предъявляются жесткие требования к качеству будущей тары (банок, бутылок) и требуется качественная очистка «вторичного стекла», что приводит к большим затратам, а иногда является просто невозможным.

Вывоз на полигоны также не является эффективным способом утилизации стеклобоя. Отходы из стекла разлагаются сотни лет, а также необходимы большие площади полигонов для захоронения стеклянных отходов.

Применение стеклобоя для производства строительных материалов является наиболее выгодной по сравнению с производством новой тары или вывозом на полигоны.

Одно из направлений использования стеклобоя в качестве основного сырья при производстве стройматериалов – пеностек-

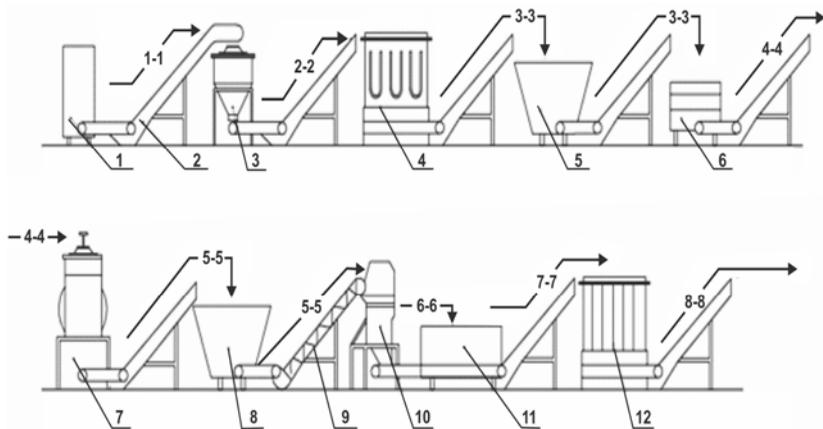
ло. Гранулированное пеностекло – пористые шарики, полученные вспениванием при высокой температуре из переработанного боя тарного и строительного стекла, применяемые в качестве эффективного теплоизолирующего материала в различных строительных конструкциях для утепления, например, стен, полов, кровель промышленных и гражданских зданий [19].

7.2. Технологическая схема переработки стеклобоя

Способ изготовления гранулированного пеностекла из стеклобоя реализуют на комплексно механизированной непрерывно действующей технологической линии, где все машины, оборудование и агрегаты установлены последовательно и связаны в единую технологическую линию, представленную на рис. 7.1.

На складе накапливают сырье – стеклобой, который фронтальным погрузчиком 1 периодически загружают в приемный бункер, откуда он поступает на измельчитель 3 для разрушения крупных кусков стекла до примерно одинаковых по размеру частиц.

После этого масса стеклобоя через ящичный питатель-дозатор по ленточному конвейеру 2 поступает в моечно-сушильный барабан 4, при этом оператор, обслуживающий технологическую линию, вручную удаляет с ленточного конвейера попавшие в массу стеклобоя посторонние предметы, например, куски камней, дерева, пластмассы и т.п., чтобы при дальнейшей переработке масса стеклобоя не содержала посторонних примесей. В первом отсеке моечно-сушильного барабана массу стеклобоя тщательно промывают струями воды, а затем во втором отсеке высушивают ее горячими газами при температуре 115 °С, поступающими по воздуховоду из ленточно-сетчатой сушилки, где они уже отработали при сушке гранул. В моечно-сушильном барабане шлам и грязная вода тщательно отделяются от промытого стеклобоя, который по ленточному конвейеру поступает в бункер запаса чистого стеклобоя 5, при этом магнитный сепаратор, установленный над ленточным конвейером, удаляет все металлические примеси.



1-1 – исходное сырье; 2-2 – грубо измельченный стеклобой;
 3-3 – чистый стеклобой; 4-4 – дозированный стеклобой; 5-5 – шихта;
 6-6 – сырьевые гранулы; 7-7 – высушенные сырьевые гранулы;
 8-8 – вспененные гранулы

1 – погрузчик фронтальный; 2 – конвейер ленточный;
 3 – измельчитель; 4 – барабан моечно-сушильный; 5 – бункер запаса
 чистого стекла; 6 – весовой дозатор; 7 – мельница; 8 – бункер запаса
 шихты; 9 – конвейер шнековый; 10 – гранулятор тарельчатый;
 11 – сушилка ленточно-сеточная; 12 – печь вспенивания и отжига

Рис. 7.1. Технологическая схема
 процесса вторичной переработки стеклобоя

Из бункера чистый стеклобой с помощью конвейера поступает на весовой дозатор 6. Отмеренную порцию стеклобоя и отмеренную на другом весовом дозаторе порцию порообразователя ленточным конвейером через поворотную воронку с желобом одновременно загружают в мельницы 7. В мельницах масса стеклобоя вместе с порообразователем тщательно измельчается и перемешивается. Получается тонкомолотая шихта с удельной поверхностью $4000 \text{ см}^2/\text{г}$. Из мельниц шихту скребковым конвейером и ковшовым элеватором перемещают в бункер запаса тонкомолотой шихты 8, из которого ковшовым элеватором шихту загружают в раздаточный бункер, связанный шнековым

конвейером 9 с основным формирующим агрегатом – тарельчатым гранулятором 10, на который непрерывно подается шихта, при этом ее через форсунки орошают водным раствором связующей добавки – растворимого стекла, улучшающего формование гранул.

Тарельчатый гранулятор формирует сырцовые гранулы, передаваемые затем ленточным конвейером 2 на ленточно-сетчатую сушилку 11. Перпендикулярно направлению движения гранул в сушилку из теплогенератора непрерывно нагнетают горячие газы с температурой 400 °С. На выходе из сушилки гранулы достигают минимальной влажности – около 2 %. Сушилка 11 ленточным конвейером 2 связана с бункером запаса сухих сырцовых гранул, под которым расположено вибросито, предназначенное для отсева образовавшейся мелочи. Осколки и очень мелкие гранулы отправляют обратно на гранулятор для повторного использования. Гранулы, по размеру соответствующие техническим условиям, по ленточному конвейеру и ковшовому элеватору направляются во вращающуюся печь вспенивания и отжига 12. Одновременно по этому конвейеру в печь вспенивания загружают в заданной пропорции, например 1:1, разделяющую среду – немолотый речной кварцевый песок. Во вращающейся печи смесь нагревается горячим газом, поступающим ей навстречу из горелки, до 800 °С. По мере нагревания гранул до температуры пиропластического размягчения стекла и выделения из порообразователя газа CO₂ происходит вспенивание гранул, которые в результате значительно увеличиваются в объеме. Кварцевый песок предохраняет гранулы от слипания друг с другом и с футеровкой печи. Вспененные гранулы вместе с разделяющей средой постепенно по течке (лотку) пересыпаются из вращающейся части печи для вспенивания во вращающуюся часть печи для отжига гранул, в которой они остывают до 30 °С в течение заданного времени – 2 часа – без растрескивания. Далее гранулы разделяются на два потока: один из них отводит гранулы на склад готовой продукции, другой – в передвижной бункер для возврата на ленточный конвейер, питающий печь вспенивания.

7.3. Оборудование для переработки стеклобоя

7.3.1. Измельчитель ДМ-25

Измельчитель ДМ-25, входящий в линию, предназначен для измельчения отходов стекла и стеклобоя (рис. 7.2).

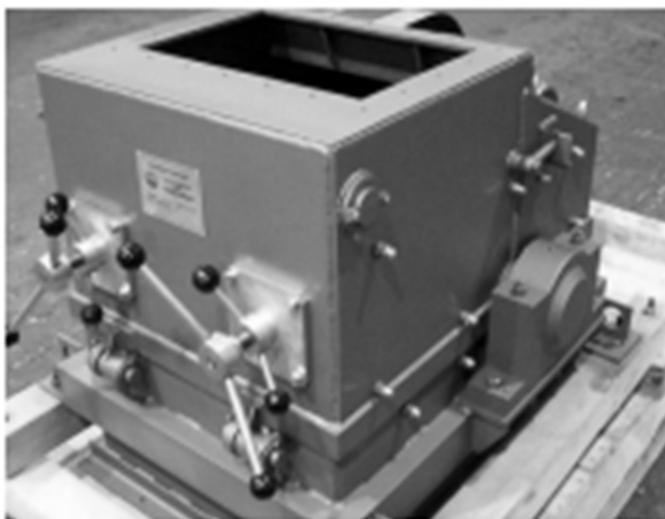


Рис. 7.2. Измельчитель ДМ-25

Измельчение происходит в результате ударно-отражательного действия и сдвига материала. Ротор захватывает материал и измельчает его на зубчатой поверхности футеровки, после достижения необходимой крупности материал через сито попадает в приемную емкость. Достижимая крупность определяется диаметрами отверстий сита и типом материала. Мельница ножевая может применяться для измельчения различных веществ: фармацевтических препаратов, нерудных ископаемых, плодов, овощей, зерна, косточек, пряностей, смол, стекла, солей, шлаков, кожи, отходов пластмасс, жмыха, шрота, торфа и т.п. в пищевой, кондитерской, химической и других отраслях промышленности [20].

Техническая характеристика

Производительность максимальная, т/ч	25
Частота вращения ротора, об/мин	1240
Количество молотков.....	24
Зазор между вращающимися молотками и отбойной плитой, мм	30
Установленная мощность токоприемников, кВт	11,0
Расход электроэнергии, кВт/ч, не более	8,3
Габаритные размеры, мм:	
длина	1860
ширина	1034
высота	865
Масса, кг.....	1128

7.3.2. Мельница ножевая МН-0,25

Мельница ножевая МН-0,25, представленная на рис. 7.3, предназначена для измельчения отходов стекла и стеклобоя.



Рис. 7.3. Мельница ножевая МН-0,25

Техническая характеристика

Производительность по исходному продукту, м ³ /ч	0,3
Диаметр рабочей камеры, м	0,25

Частота вращения ножей, об/мин	3000
Диаметр отверстий сита, мм	1–10
Мощность привода, кВт	5,5
Расход электроэнергии, кВт/ч, не более	8,3
Габаритные размеры, мм:	
длина	1860
ширина	1034
высота	865
Масса, кг	1128

7.3.3. Плита магнитная ПМр

Плита магнитная серии ПМр предназначена для извлечения ферромагнитных включений средней и мелкой крупности из потока сепарируемого материала различных фракций в ручном либо механическом режиме очистки.

Плита магнитная серии ПМр устанавливается над ленточным конвейером или желобом. При прохождении продукта сепарации под железоотделителем ферромагнитные предметы, попадая в зону действия магнитного поля, улавливаются и удерживаются на поверхности плиты. Очистка плиты от ферромагнитных примесей, уловленных магнитным полем, производится вручную или с помощью съемного лотка.

Достоинства конструкции:

- уникальная магнитная система, позволяющая увеличить дальность действия плиты по сравнению с аналогами;
- простота установки в линию, как в подвешенном, так и в опорном состоянии;
- отсутствие затрат электроэнергии на возбуждение магнитного поля (8–9 кВт/ч у электромагнитных железоотделителей);
- высокая эксплуатационная надежность;
- малая металлоемкость;
- удобство в эксплуатации.

Плита магнитная ПМр показана на рис. 7.4.



Рис. 7.4. Плита магнитная ПМр

7.3.4. Щековая дробилка СЈ412

Щековая дробилка является универсальным устройством. Входная крупность достигает 20 мм. Крупность готового продукта для небольших дробилок составляет до 15 мм.

Щековая дробилка с усиленной станиной применяется для материалов с пределом прочности на сжатие до 500 МПа. Дробление происходит посредством сжатия между щеками. Универсальная мобильная щековая машина предназначена для дробления различных материалов на первой стадии дробления.

Преимущества:

- объединены высокая производительность и экономичность, простота в управлении, высокая степень автоматизации;
- высокая скорость дробления и большое приемное отверстие гарантируют большую производительность, обеспечивая очень высокую степень измельчения;
- гидравлические опоры повышают устойчивость дробилки и облегчают техобслуживание;
- экономное потребление топлива и низкие эксплуатационные затраты.

Принцип работы щековой дробилки основан на сжатии рабочими поверхностями (щеками) стеклобоя, что приводит к

возникновению больших напряжений сжатия и сдвига, разрушающих стеклобой. Одна из щек дробилки делается неподвижной. Вторая щека крепится на шатуне, обеспечивающем перемещение верхнего края щеки так, что щека совершает качающееся движение. Вал шатуна приводится во вращение через клиноремennую передачу от двигателя (электрический, дизельный). На этом же валу крепится второй шкив, играющий роль маховика и противовеса для основного шкива. Нижний край подвижной щеки имеет возможность регулировки положения в горизонтальном направлении (механический или гидравлический привод), что влияет на ширину минимальной щели, определяющую максимальную крупность материала на выходе из дробилки. Щеки образуют клинообразную форму камеры дробления, в которой материал после разрушения под действием силы тяжести продвигается от верхней части, в которую загружаются крупные куски, до выходной (разгрузочной) щели. Боковые стенки в процессе дробления не участвуют.

Щековая дробилка представлена на рис. 7.5.



Рис. 7.5. Щековая дробилка CJ412

Техническая характеристика

Производительность, т/ч	40–80
Скорость основной оси, об./мин	180
Мощность двигателя, кВт	200

Масса, т	78,6
Габаритные размеры, мм:	
длина	4200
ширина	3300
высота	2100

7.3.5. Молотковая дробилка МД 160.200

Молотковая дробилка представлена на рис. 7.6.



Рис. 7.6. Молотковая дробилка МД 160.200

Дробилка предназначена для дробления как стекла, так и камней, мрамора, углей, окаменевших сыпучих материалов, кирпичей и т.д. на фракции от 15 до 10 мм из фракций до 100 мм. Входное отверстие имеет габарит 120×200 мм, что обеспечивает равномерную подачу помольного продукта.

Стекломасса размерами до 100 мм засыпается в бункер дробилки и после обработки молотками высыпается вниз. Размеры дробленной фракции легко регулируются. Съемное выгрузное решето легко настраивается под любую фракцию.

Техническая характеристика

Производительность, т/ч.....	80
------------------------------	----

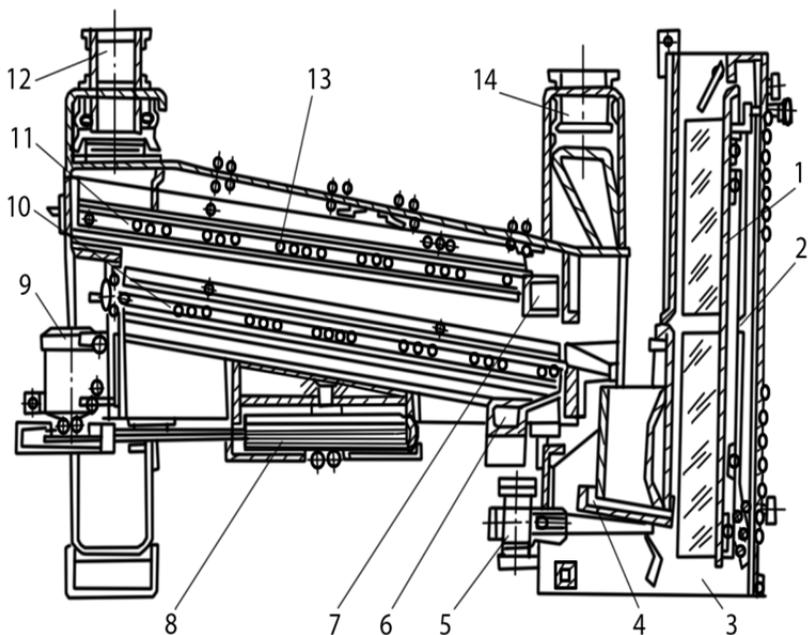
Входное отверстие, мм:	
длина	120
ширина	200
Мощность двигателя, кВт	380
Масса, кг	350
Габаритные размеры, мм:	
длина	1500
ширина	800
высота	1900

7.3.6. Сепаратор типа А1-БИС-12

Сепаратор типа А1-БИС-12 (рис. 7.7) может быть использован для сортировки сырцовых гранул. Осколки и очень мелкие гранулы отправляют обратно на гранулятор для повторного использования, а гранулы нормального размера – на вспенивание. Сепаратор состоит из двухсекционного ситового корпуса, подвешенного к станине на гибких подвесках, и вертикального пневмосепарирующего канала.

В корпусе сепаратора А1-БИС-12 установлены выдвигающиеся рамы с сортировочными *11* и подсевными *10* ситами, зафиксированные эксцентриковыми механизмами. Ситовые рамы продольными и поперечными брусками разделены на ячейки, в каждой из которых имеется по два резиновых шарика *13*, предназначенных для очистки сит. К нижней плоскости ситовой рамы прикреплены сетчатые поддоны.

На передней стенке ситового корпуса установлен электродвигатель *9*, который посредством клиноременной передачи приводит во вращение шкив *8* с дебалансным грузом, обеспечивающий круговое поступательное движение ситового корпуса. В верхней части станины установлен приемный патрубок *12* для поступления исходного зерна и патрубок *14* для подключения к аспирационной сети. Очищенное зерно выходит через выпускной канал *3*. Для вывода крупных примесей служит лоток *7*, для мелких – лоток *6*. Со стороны сходовой части корпуса установлен пневмосепарирующий канал *2* с вибролотком *4*, предназначенным для подачи зерна в канал.



- 1, 2 – пневмосепарирующие каналы; 3 – выпускной канал;
 4 – вибrolоток; 5 – патрубок вспомогательный;
 6 – лоток для мелких примесей; 7 – лоток для крупных примесей;
 8 – шкив; 9 – электродвигатель; 10 – подсевное сито;
 11 – сортировочное сито; 12 – патрубок приемный;
 13 – резиновые шары; 14 – патрубок аспирационный

Рис. 7.7. Сепаратор А1-БИС-12

Техническая характеристика

Установленная мощность, Вт	2
Напряжение питания, В	380
Производительность, т\ч	до 5

7.4. Расчетно-практическая часть

7.4.1. Расчет воздушно-ситового сепаратора

Фактическую производительность Q , т/ч воздушно-ситовых машин, в зависимости от влажности и содержания осколков в гранулах, определяют по формуле:

$$Q = Q_n \cdot K \cdot 0,6, \quad (7.1)$$

где Q_n – паспортная производительность машины, т/ч; K – поправочный коэффициент, зависящий от влажности и содержания гранул. При влажности до 3 % $K = 0,9 \dots 1$; при влажности более 3 % $K = 0,9 \dots 0,8$; 0,6 – отношение фактической производительности к паспортной при очистке гранул.

Ширина решетного стана B (м)

$$B = Q / q_b, \quad (7.2)$$

где Q – производительность сепаратора, кг/с; q_b – удельная производительность, отнесенная к единице ширины решета, кг/(с·м).

Значение оптимального ускорения j_o определяем по табл. 7.1.

Таблица 7.1

Оптимальные значения ускорения j_o

$\gamma = \alpha + \beta$	Оптимальные значения ускорения j_o , м/с ² , при q_b , кг/(с·м)				
	0,5555	1,1111	1,6666	2,2222	2,7777
10	19,0	26,0	–	–	–
15	15,0	22,0	27,0	–	–
20	13,5	19,0	23,0	27,0	–
25	12,0	17,0	21,0	24,0	27,0
30	11,0	16,0	19,0	22,0	24,0
35	10,0	14,5	17,5	20,0	22,0
40	9,5	13,5	16,5	19,0	21,0

Или рассчитываем по формуле:

$$j_0 = 4.2 \sqrt{\frac{360q_b}{\gamma}}, \quad (7.3)$$

где q_b – удельная производительность по ширине решета, кг/(с·м); γ – угол между направлением колебаний и плоскостью решета, град ($\gamma = \alpha + \beta$), принимаем для подсевных решет угол наклона к горизонту $\alpha = 5^\circ$, угол колебания $\beta = 15^\circ$.

Удельная производительность решета q_f , (кг/(с·м²)), отнесенная к единице его площади, вычисляется по формуле:

$$q_F = 0,0528 (0.95 - \varepsilon) (105 - \beta), \quad (7.4)$$

где ε – полнота разделения; β – угол колебания, град.

Частоту колебаний n , (кол./с) определяем по уравнению:

$$n = \frac{1}{20} \sqrt{\frac{10j_0}{A}}, \quad (7.5)$$

где A – амплитуда колебаний, м:

$$A = e \cdot k, \quad (7.6)$$

где e – эксцентриситет, м ($e = 0,005 \dots 0,010$ м); k – коэффициент, учитывающий колебания рамы машины, зависящий от величины оптимального ускорения j_o , м/с²:

j_o	1	20	25	30	> 30;
k	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4.

Длина решета l (м) в каждом стане будет равна:

$$L = Q / (B \cdot q_F) = q_b / q_F. \quad (7.7)$$

7.4.2. Задание для самостоятельной работы

Задача. Произвести расчет воздушно-ситового сепаратора при заданных параметрах: производительность Q_n , т/ч; ε – полнота разделения; q_b – удельная производительность по ширине решета, кг/(с·м) и влажность, %. Данные к заданию представлены в табл. 7.2.

Таблица 7.2

Исходные данные для расчета воздушно-ситового сепаратора

Показатель	Обозначение	Размерность	Варианты				
			1	2	3	4	5
Производительность	Q_n	кг/ч	250	300	350	400	200
Удельная производительность	q_b	кг/с·м	0,55	0,75	0,95	1,15	1,35
Полнота разделения	ε		0,73	0,74	0,75	0,76	0,77
Влажность	W	%	до 2	3	4	3	4

7.4.3. Расчет производительности шнекового дозатора

Шнековый дозатор представляет собой короткий шнек в кожухе, забирающий материал из бункера. Производительность дозатора может регулироваться частотой вращения шнека. Применяется только для хорошо сыпучих не уплотняющихся материалов. Производительность Π_m (м³/ч) определяется по формуле 7.7:

$$\Pi_m = 10 \cdot \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \cdot S \cdot n \cdot \varphi, \quad (7.7)$$

где D — диаметр шнека, м; d — диаметр вала шнека, м; S — шаг шнека, м; n — число оборотов шнека, мин⁻¹; φ — коэффициент заполнения.

7.4.4. Задание для самостоятельной работы

Задача. Рассчитать производительность шнекового дозатора.

Исходные данные приведены в табл. 7.3.

Таблица 7.3

Исходные данные для расчета производительности шнекового дозатора

Показатель	Вариант				
	1	2	3	4	5
Диаметр шнека D , м	0,18	0,22	0,2	0,25	0,2
диаметр вала шнека, d , мм	0,08	0,12	0,1	0,13	0,12
Шаг шнека S , м	0,12	0,15	0,14	1,12	0,1
Число оборотов шнека n , мин ⁻¹	350	300	400	450	300
Коэффициент заполнения φ	0,4	0,5	0,65	0,8	0,7

Контрольные вопросы

1. Назовите основные стадии переработки стеклобоя.
2. Укажите основные единицы оборудования для переработки стеклобоя.
3. Опишите стадию очистки стеклобоя.
4. На каких единицах оборудования происходит очистка стеклобоя?
5. Охарактеризуйте стадию получения сырцовых гранул.
6. На каких единицах оборудования происходит получение и вспенивание сырцовых гранул?

Тема № 8. СОСТАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ И ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ МАКУЛАТУРЫ

Цель работы: ознакомление с технологической схемой, оборудованием и технологическими расчетами.

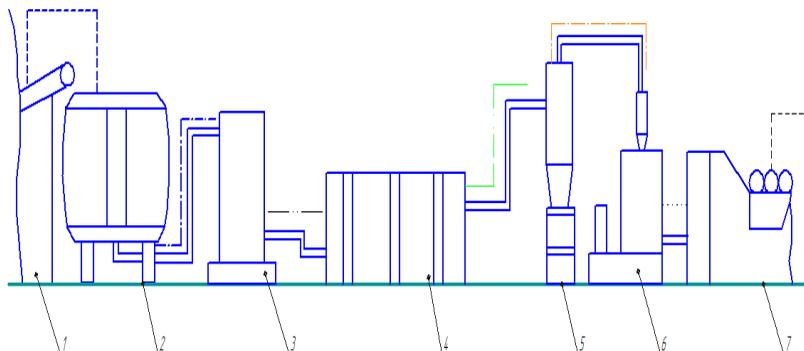
8.1. Технологическая схема переработки макулатуры

Широкое использование макулатуры в композиции бумаги и картона обусловлено следующими обстоятельствами: не требуется крупных капитальных вложений; сокращается расход древесного сырья, что приводит к сохранению запасов древесины; происходит значительная экономия электроэнергии, тепла и химических реагентов; решается ряд экологических проблем, позволяющих снизить потребление производственной воды, уменьшить ее загрязненность и расходы на очистку, так как при очистке сточных вод в процессе переработки макулатуры образуется значительно меньшее количество осадков, требующих дальнейшей утилизации, чем при использовании первичного сырья [22].

Технология переработки макулатуры значительно сложнее, чем первичной («свежей») массы, так как макулатура – это вторичное волокнистое сырье, представляющее собой смесь различных полуфабрикатов, видов бумаги и картона. Кроме того, она содержит определенное количество примесей и других нежелательных составляющих, в частности, различные субстанции, используемые в процессе производства бумаги (наполнители, красители, компоненты покрытий и другие функциональные и технологические добавки); вещества, используемые при переработке бумажной продукции (краски, покрытия, ламинаты и проклеивающие средства), а также материалы, попадающие в бумагу во время ее использования и в процессе сбора вторичного сырья, включая проволоку, веревки, песок, камни, скрепки, зажимы и т.д.

В ходе технологического процесса переработки макулатуры обязательны стадии роспуска, очистки-сортирования, размола. При этом должно происходить удаление нежелатель-

ных составляющих: загрязнений, наполнителей, печатной краски, горячих расплавов, компонентов полимерных покрытий, крахмалов, смол, битума, пигментов, парафинов, латексов, тяжелых металлов и т.д. Схема переработки макулатуры показана на рис. 8.1.



- 1 – ленточный конвейер; 2 – гидроразбиватель;
 3 – вибрирующий барабан; 4 – флотатор;
 5 – вихревой конический очиститель;
 6 – эншттиппер; 7 – машина для изготовления картона

Рис. 8.1. Схема переработки макулатуры

Макулатура со склада по ленточному конвейеру 1 подается в гидроразбиватель 2. Под действием вращающегося винта мешалки она измельчается, превращаясь в жидкую волокнистую массу с концентрацией 4–6 %. В гидроразбивателях происходит предварительное отделение грубых включений от макулатуры: тяжелые удаляются из специального грязесборника, а легкие – такие, как текстиль и полимерные пленки – удаляются постоянно в виде жгута. Готовая суспензия макулатурной массы проходит через отверстия сита (10–12 мм) и поступает на циркуляцию во вращающийся барабан 3, где происходит окончательная очистка от песка, частиц металла и других тяжелых примесей, которые опускаются на дно. Далее макулатурная масса поступает во флотатор 4, где в нее подается распыленный сжатый воздух. Пузырьки воздуха стабилизируются

на поверхности с помощью пенообразователя, прикрепляя к себе частицы типографской краски, красителей, покрытий и клейких веществ, обладающих гидрофобностью. Химические реагенты, добавляемые в пену, помогают собрать эти частицы, увеличивая степень их гидрофобных свойств. После этого пена вместе с загрязнителями снимается или откачивается. Дальнейшая очистка осуществляется на очистителе 5, который разделяет материал по плотности. Волокна, которые имеют меньшую плотность, чем большая часть оставшихся загрязнителей, откачиваются сверху. Очищенная макулатурная масса, содержащая как растительные волокна, так и пучки волокон и кусочки макулатуры, проходит стадию дороспуска на специальном оборудовании – энтштиппере 6. В большинстве случаев энтштиппер представляет из себя коническую или дисковую мельницу. Статор и ротор энтштиппера оснащены специальной размалывающей garniturой, зазор между частями которой составляет 0,5–2 мм. В результате турбулентных пульсаций и трения массы внутри потока происходит разделение кусочков макулатуры и пучков волокон на отдельные волокна. Готовая суспензия картонной массы поступает на машину для изготовления картона 7. Далее готовый картон отправляется на склад.

Многие виды картона и бумаги имеют сложный состав, включающий битум, воск, парафин, клей и другие вещества. Указанные вещества при переработке макулатуры загрязняют оборудование, забивают сетки и сукна бумагоделательных и картоноделательных машин, налипают на поверхность сушильных цилиндров и т.д. Такая макулатура подвергается термомеханической обработке, которая осуществляется после очистки макулатурной массы при концентрации 25–35 %. Целью термомеханической обработки является диспергирование примесей до размеров, при которых не сказывается их отрицательное действие на процесс дальнейшей переработки. Существует два способа термомеханической обработки – холодный и горячий. При холодном способе диспергирование проводится при атмосферном давлении и температуре до 95 °С, а при горячем – при повышенном давлении до 0,3–0,5 МПа и температуре 130–150 °С.

В целом «мокрая» технология переработки макулатуры характеризуется высокой энергоемкостью производства и высо-

ким удельным расходом воды (до нескольких десятков кубических метров на тонну продукции), а также большим объемом сточных вод. Мощность указанных предприятий составляет от нескольких десятков до двухсот тысяч тонн в год.

Сокращения объемов используемой воды можно достичь путем использования нового перспективного оборудования (сортирующие гидроразбиватели; оборудование для дороспуска, сортировки и фракционирования макулатурной массы; термодисперсионные установки и др.); технологий обесцвечивания и удаления типографской краски и других примесей из макулатуры; новых проклеивающих материалов; новых перспективных технологий получения бумаги и картона; новых видов бумаги и картона, а также за счет пересмотра требований к некоторым широко используемым видам бумаги и картона с целью увеличения использования в их композиции доли макулатуры; наращивания объемов использования макулатуры в композиции писче-печатных видов бумаги, в первую очередь в композиции газетной бумаги.

8.2. Оборудование для переработки макулатуры

8.2.1. Горизонтальный гидроразбиватель HV-45

Горизонтальные гидроразбиватели типа HV предназначены для непрерывного и периодического разволокнения сильно загрязненных волокнистых материалов, таких как макулатура, включая бумагу с повышенной влагонепроницаемостью [23]. Гидроразбиватели приспособлены для подключения дополнительного оборудования, которое позволяет производить сепарацию большей части примесей загрязнений в самом гидроразбивателе в процессе роспуска. Разволокнение макулатуры в гидроразбивателе происходит за счет гидродинамических усилий сдвига, возникающих при турбулентном движении массы, сил трения между волокнами, особенно в зазоре между вращающимися лопастями ротора и поверхностью сита.

Горизонтальный гидроразбиватель HV-45 представлен на рис. 8.2.



Рис. 8.2. Горизонтальный гидроразбиватель HV-45

Техническая характеристика

Габаритные размеры, мм	7150×6750×6500
Объем, м ³	45
Производительность, т/сут.	200–350
Вместимость ванны, м ³	16
Диаметр ротора, мм	2450
Мощность электродвигателя, кВт	300
Масса, включая привод, кг	23848

8.2.2. Гидроизбиватель ГРВ-У

Гидроизбиватель серии ГРВ-У, показанный на рис. 8.3, позволяет получить бумажную массу концентрацией от 3 до 9 %. Время роспуска несортированной макулатуры уменьшается в два раза по сравнению с серийным вариантом гидроизбивателя, уменьшаются также энергозатраты. Предлагаемый гидроизбиватель эффективно используется для роспуска целлюлозы.

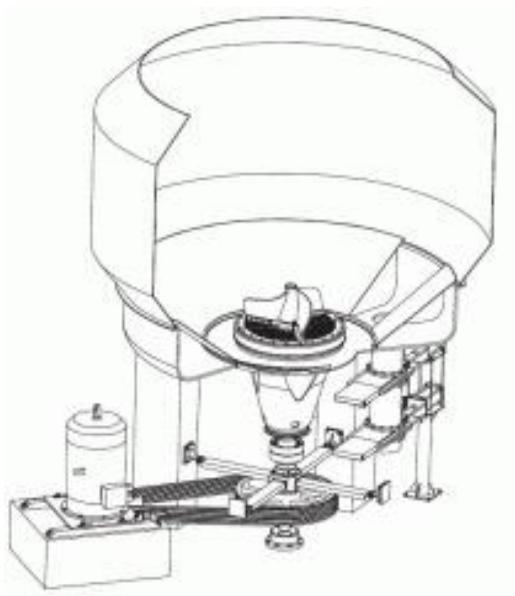


Рис. 8.3. Гидроизбиватель ГРВ-У

Техническая характеристика

Мощность, кВт	12
Производительность, т/сут.	18–65
Объем, м ³	12
Максимальная крупность материала, мм	до 50
Масса, кг	9720
Диаметр ротора, мм	1430

8.2.3. Флотатор Сейм-1/2.20М

Особенность конструкции флотационных установок – обеспечение всех функций от одного насоса и возможность 12-кратного рецикла воды, чем и достигается высокая степень очистки. Эффективность очистки установок напорной флотации оценивается по взвешенным веществам. Флотатор, показанный на рис. 8.4, прост по устройству и в обслуживании, малоэнерго-емок, обеспечивает обратное водоснабжение, не требует много места и больших капитальных вложений. Работает и как локальная установка, и в составе очистных сооружений.



Рис. 8.4. Флотатор Сейм-1/2.20М

Техническая характеристика

Мощность, кВт	10,5
Производительность, м ³ /ч	10
Число ступеней очистки	2
Масса, кг	3500
Габаритные размеры, мм:	
длина, мм	4780
ширина, мм	2777
высота, мм	2496

8.2.4. Энтштиппер

Многофункциональная пульсационная мельница (энтштиппер) изображена на рис. 8.5. В данной установке происходит разделение волокон (которые не распустились в гидро-разбивателе), а также производится отделение тяжелых включений. Мельница в особенности хорошо подходит для обработки различных видов бумажной массы, полученных в результате переработки макулатуры невысокого качества. Установка способна отделить от бумажной массы, полученной из рекуперированной макулатуры, песок, камешки, металлические опилки и тому подобные виды примесей.



Рис. 8.5. Энтштиппер

Техническая характеристика

Мощность, кВт	4
Производительность, т/день	1–3
Концентрация, %	2–5
Масса, кг	3500
Диаметр входного отверстия, мм	60
Диаметр выходного отверстия, мм	55

8.2.5. Формовочно-сушильная машина СФ-4АС-3

Формовочно-сушильная машина СФ-4АС-3 представлена на рис. 8.6. Предназначена для формования, сушки и горячей подпрессовки на формах изделий из бумажной макулатурной массы толщиной до 15 мм и размером 1100×450×150 мм. Имеет поворотный вал формирующих матриц, комплект горячих пуансонов для сушки изделий с тремя электрическими воздухоподогревателями, комплект подогреваемых матриц и пуансонов для горячей подпрессовки изделий, транспортную тележку для перемещения изделий на промежуточные матрицы подпрессовщика и транспортер досушивающей камеры.

Обладает возможностью одновременного размещения на поворотном валу до трех матриц для формования изделий стандартного размера 400×300 мм.



Рис. 8.6. Формовочно-сушильная машина СФ-4АС-3

Техническая характеристика

Производительность, шт./ч	не более 720
Габаритные размеры, мм:	
длина	1300
ширина	1020
высота	1600

8.3. Расчетно-практическая часть

8.3.1. Расчет потребной мощности электродвигателя для мешалки гидроразбивателя

Определим необходимую мощность для перемешивания жидкостей (в Вт):

$$N = K_N \rho n^3 d_m^5, \text{ Вт}, \quad (8.1)$$

где K_N – критерий мощности; ρ – плотность перемешиваемой жидкости, кг/м³; n – частота вращения мешалки, с⁻¹; d_m – диаметр мешалки, м.

Критерий мощности K_N рассчитывают в зависимости от центробежного критерия Рейнольдса Re_u по графикам или эмпирическим формулам для каждого типа мешалок:

$$Re_u = \frac{v \cdot d_m \cdot \rho}{\mu} = \frac{\alpha \cdot \pi \cdot n \cdot d_m^2 \cdot \rho}{\mu}, \quad (8.2)$$

где v – окружная скорость вращения лопасти, м/с; μ – динамическая вязкость перемешиваемого продукта, Па·с.

В критерии Re_u постоянный множитель можно исключить, тогда

$$Re_u = \frac{n \cdot d_m^2 \cdot \rho}{\mu}. \quad (8.3)$$

Вязкость массы можно определить, как вязкость суспензии, состоящей из макулатуры и воды (в Па·с):

$$\mu = \mu_{ж} \cdot \left(1 + 2,5 \frac{V_{макс}}{V} \right), \quad (8.4)$$

где $V_{\text{мак}} / V = 0,1$ – отношение объема твердых частиц макулатуры в массе к общему ее объему; $\mu_{\text{жс}}$ – вязкость воды, Па·с (при 20 °С $\mu_{\text{жс}} = 1,005 \cdot 10^{-3}$ Па·с).

Для модельной мешалки пропеллерного типа установлены определенные зависимости между критериями мощности K_N и Рейнольдса.

При $Re_{\text{ц}} > 50$ (турбулентный режим перемешивания)

$$K_N = 0,845 Re_{\text{ц}}^{0,05}. \quad (8.5)$$

Соотношения размеров мешалок следующие:

$$D_M / d_M \approx H_M / d_M \approx 3. \quad (8.6)$$

Вводим поправочные коэффициенты:

$$f_D = \left(\frac{D}{\alpha \cdot d_M} \right)^{1,1}, \quad (8.7)$$

где α – отношение $D_M / d_M \approx 3$ (для модельной мешалки).

$$f_H = \left(\frac{H}{D} \right)^{0,6}, \quad (8.8)$$

$$f_b = \left(\frac{b}{\beta \cdot d_M} \right)^{0,3}, \quad (8.9)$$

где β – отношение ширины к длине модельной мешалки ($b_M / d_M = 0,25$).

Критерий мощности для рассчитываемой мешалки:

$$K_N^\circ = K_N \cdot f_D \cdot f_H \cdot f_b. \quad (8.10)$$

Принимая КПД передачи равным 0,97, найдем мощность электродвигателя (Вт):

$$N_{\text{э}} = N / \eta. \quad (8.11)$$

По каталогу подбираем ближайший по мощности электродвигатель.

8.3.2. Задание для самостоятельной работы

Задача. Рассчитать потребную мощность электродвигателя мешалки гидроразбивателя.

Исходные данные приведены в табл. 8.1.

Таблица 8.1

Исходные данные для расчта мощности электродвигателя мешалки гидроразбивателя

Показатель	Варианты				
	1	2	3	4	5
Диаметр гидроразбивателя, D , м	2,5	2	3	4	2,5
Высота жидкости в емкости, H , м	2,2	2	2,4	3	2,3
Диаметр мешалки d , м	1,75	1,4	2,1	2,8	2,45
Частота вращения мешалки n , мин ⁻¹	40	43	41	40	41
Ширина лопасти мешалки b , м	0,08	0,09	0,1	0,11	0,09
Плотность макулатурной массы с водой, кг/м ³	1047	1049	1052	1055	1060

Контрольные вопросы

1. Назовите основные стадии переработки макулатуры.
2. Укажите основные единицы оборудования для переработки макулатуры.
3. Дайте характеристику стадий роспуска макулатуры.
4. На каких единицах оборудования происходит первичный и окончательный роспуск макулатуры?
5. Опишите стадии очистки макулатуры от посторонних включений.
6. На каких единицах оборудования происходит очистка макулатуры от посторонних включений?

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. <http://ztbo.ru/o-tbo/lit/texnologii-otxodov/ruchnayasortirovka-musora-i-otxodov-tbo>.
2. [2.http://www.metalspace.ru/education-career/osnovy-metallurgii/tbo/925-zakhronenie-tbo.html](http://www.metalspace.ru/education-career/osnovy-metallurgii/tbo/925-zakhronenie-tbo.html).
3. <http://www.waste.ru/modules/section/item.php?itemid=97>.
4. <http://ztbo.ru/o-tbo/lit>.
5. http://ekolog.org/books/23/3_5_2.htm.
6. http://www.ecobridge.de/?page_id=489.
7. Гринин, А.С. Промышленные и бытовые отходы: хранение, утилизация, переработка / А.С. Гринин. – М.: Гранд, 2002. – С. 42–50, 240–250.
8. Пинаев, В.Е. Эколого-экономическая эффективность использования промышленных твердых отходов: дис. ... канд. экон. наук / В.Е. Пинаев. – Москва, 2004.
9. <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/80855>.
10. <http://msd.com.ua/mashinostroenie/elektrofiltry/>.
11. Кусраева, О.С. Формирование механизма управления рециклингом отходов промышленных предприятий: дис. ... канд. экон. наук / О.С. Кусраева. – СПб., 2012.
12. Дарулис, П.В. Отходы областного города. Сбор и утилизация / П.В. Дарулис. – Смоленск, 2000.
13. Бобович, Б.Б. Переработка отходов полимерных материалов // Переработка отходов производства и потребления / Б.Б. Бобович, В.В. Девяткин. М.: Интернет Инжиниринг, 2000. – С. 321–372.
14. Горбань, Т.В. Утилизация и вторичная переработка отходов полиуретанов / Т.В. Горбань, В.А. Журавлев, Л.Э. Онорина и др. // Пластические массы. 2001. № 4. С. 39–41.
15. <http://www.stankopolimer.ru/s-vf-p.html>.
16. Клинков, А.С. Рециклинг и утилизация тары и упаковки: учеб. пособие / А.С. Клинков, П.С. Беляев, В.К. Скуратов, М.В. Соколов. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2010. – 112 с.
17. Сметанин, В.И. Защита окружающей среды от отходов производства и потребления / В.И. Сметанин. – М.: КолосС, 2003. С. 19–23.

18. <http://www.induktor.ru/catalog>.
19. Сборник нормативно-методических документов по обращению с отходами производства и потребления / Н.И. Игнатович, Н.Г. Рыбальский. – М.: Логос, 1996.
20. <http://net-othodov.com/stati/utilizacija-stekla-davaite-zabotitsja-o-.html>.
21. <http://www.waste.ru/modules/equipment>.
22. Что нужно знать о твердых бытовых отходах // Экологический вестник России: Информационно-справочный бюллетень. – № 1. С. 53–60, 199; № 2, С. 48–60; № 3, С. 8–60.
23. <http://nature-time.ru/2014/04/pererabotka-makulaturyi/>.
24. <http://www.papcel.ru/produkty/otdel-massopodgotovki/24>. <http://catalog.viniti.ru/>.
25. www.pachring.ru.
26. <http://recyclers.ru>.
27. <http://www.cleandex.ru>.
28. <http://portaleco.ru>.
29. <http://www.mboutil.com/>.
30. <http://statico.ru>.
31. <http://magpack.ru/>.
32. <http://www.taraiupakovka.ru/>.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Тема № 1. Способы сортировки отходов тароупаковочного производства	5
1.1. Ручная сортировка	5
1.2. Механизированная (автоматическая) сортировка	7
Контрольные вопросы	10
Тема № 2. Составление схемы полигона для захоронения ТБО и подбор оборудования	11
2.1. Принципиальная схема полигона	12
2.2. Технологическое оборудование	16
Контрольные вопросы	19
Тема № 3. Составление технологической схемы и подбор оборудования для компостирования	20
3.1. Принципиальные схемы компостирования	20
3.2. Оборудование для компостирования	24
Контрольные вопросы	27
Тема № 4. Составление технологической схемы и подбор оборудования для сжигания ТБО	28
4.1. Назначение технологической схемы	28
4.2. Технологическая схема термической переработки	29
4.3. Оборудование для сжигания и пиролиза	33
Контрольные вопросы	37
Тема № 5. Составление технологической схемы и подбор оборудования для переработки полимеров	38
5.1. Назначение технологической схемы	38
5.2. Устройство и принцип работы технологической линии по переработке полиамидных пленок во вторичное сырье	38
5.3. Технологическое оборудование для переработки полипропилена	41
Контрольные вопросы	50
Тема № 6. Составление технологической схемы и подбор оборудования для переработки металлических отходов	52
6.1. Технологическая схема переработки металлических отходов	52

6.2. Оборудование для переработки	54
6.3. Расчетно-практическая часть	59
Контрольные вопросы.....	62
Тема № 7. Составление технологической схемы и подбор оборудования для переработки стеклобоя.....	63
7.1. Назначение технологической схемы	63
7.2. Технологическая схема переработки стеклобоя.....	64
7.3. Оборудование для переработки стеклобоя	67
7.4. Расчетно-практическая часть	75
Контрольные вопросы.....	78
Тема № 8. Составление технологической схемы и подбор оборудования для переработки макулатуры	79
8.1. Технологическая схема переработки макулатуры	79
8.2. Оборудование для переработки макулатуры.....	82
8.3. Расчетно-практическая часть	88
Контрольные вопросы	90
Список использованной литературы	91

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

Миленький Алексей Владимирович

УТИЛИЗАЦИЯ УПАКОВКИ

Практикум
по дисциплине «Утилизация упаковки»
для студентов направления подготовки 29.03.03
«Технология полиграфического и упаковочного производства»
всех форм обучения

Редактор *Е.Н. Шуранова*
Технический редактор *О.П. Долгополова*
Художественный редактор *О.П. Долгополова*

ЛР № 020524 от 02.06.97
Подписано в печать 28.09.2016. Формат 60x84^{1/16}
Бумага типографская. Гарнитура Times New Roman
Уч.-изд.л. 6,0. Тираж 100 экз.
Заказ № 48.

Оригинал-макет изготовлен в лаборатории множительной техники
Кемеровского технологического института пищевой промышленности (университета)
650002, г. Кемерово, ул. Институтская, 7

ПЛД № 44-09 от 10.10.99
Отпечатано в лаборатории множительной техники
Кемеровского технологического института пищевой промышленности (университета)
650002, г. Кемерово, ул. Институтская, 7