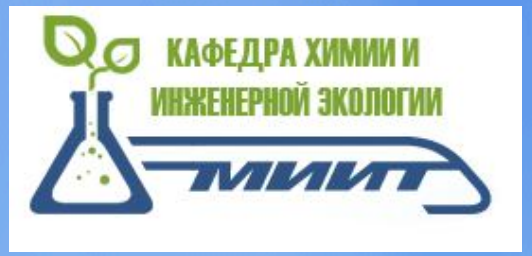


Московский государственный университет путей сообщения

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ

Сухов Ф.И.

Доцент кафедры «Химия и инженерная экология»

Москва - 2014

ЛЕКЦИЯ 1
ЛЕКЦИЯ 2
ЛЕКЦИЯ 3
ЛЕКЦИЯ 4
ЛЕКЦИЯ 5
ЛЕКЦИЯ 6
ЛЕКЦИЯ 7
ЛЕКЦИЯ 8
ЛЕКЦИЯ 9

ЛЕКЦИЯ 1

«Введение»

Отходы производства и потребления - остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, иных изделий или продуктов, которые образовались в процессе производства или потребления, а также товары (продукция), утратившие свои потребительские свойства. (ФЗ N 89-ФЗ "Об отходах производства и потребления" (24 июня 1998 г.) (ред. от 25.11.2013))

Научно-технический прогресс привел к созданию мощного промышленного и сельскохозяйственного потенциала, интенсивному развитию всех видов транспорта, строительству крупнейших гидротехнических сооружений. К сожалению, развитие цивилизации сопровождается нарушением экологического равновесия в результате воздействия человека на природные объекты. Одним из факторов этого воздействия является загрязнение окружающей природной среды твердыми, жидкими и газообразными отходами, которое во многих регионах достигает угрожающих размеров.

Рост численности населения на земном шаре, увеличение его плотности привели к невиданному ранее росту объемов образования сельскохозяйственных и бытовых отходов.

На производство промышленной продукции расходуется всего 1/3 потребляемых сырьевых ресурсов, а 2/3 утрачивается в виде побочных продуктов и отходов.

Воздействие человека на биосферу определяется следующими факторами:

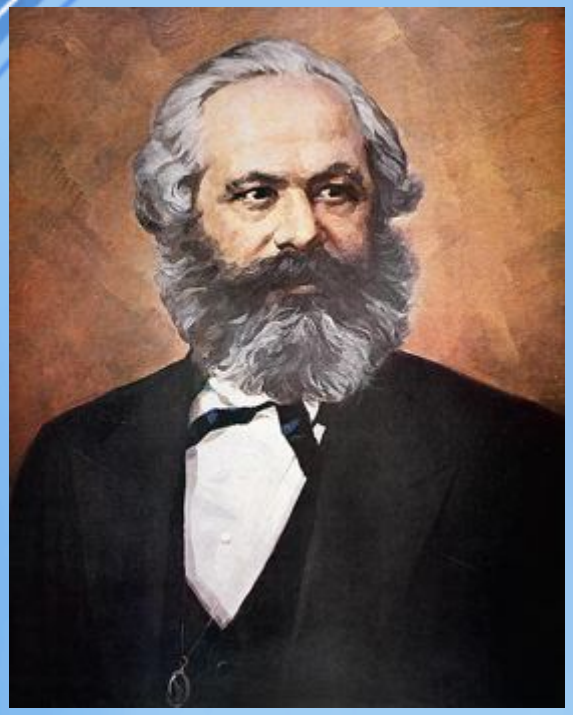
1. Синтезом множества (более 10 млн.) веществ, отсутствующих в природе и обладающих качествами, не свойственными природным соединениям.
2. Строительством широкой сети газо- и нефтепроводов, других транспортных артерий и массовым транспортированием разнообразного сырья из районов добычи в районы переработки, сопровождающимся его рассеиванием и расширением регионов загрязнения.
3. Развитием энергетики, использующей для выработки энергии углеводородное сырье, при сжигании которого выделяются в большом количестве загрязняющие биосферу вещества.

4. Освоением методов проведения управляемых ядерных реакций, приведшим к широкому использованию радиоактивных материалов и загрязнению ими биосферы.
5. Развитием транспорта, при эксплуатации которого выделяется большое количество токсичных отходов.
6. Интенсификацией сельскохозяйственного производства, сопровождающейся использованием на полях удобрений, гербицидов и пестицидов.
7. Расширением металлургической, целлюлозно-бумажной, нефтеперерабатывающей и других отраслей промышленности, производящих в массовом количестве химически активные отходы производства.

Антропогенное воздействие на природу приводит к возникновению следующих проблем, связанных с загрязнением окружающей среды:

1. Изменение климата вследствие поступления в атмосферу техногенного тепла, диоксида углерода и аэрозолей.
2. Биологические последствия загрязнения биосферы радиоактивными веществами, тяжелыми металлами, новыми химическими продуктами и другими вредными веществами.
3. Биологические последствия, связанные с загрязнением мирового океана речными стоками, морским транспортом и продуктами техногенного происхождения.

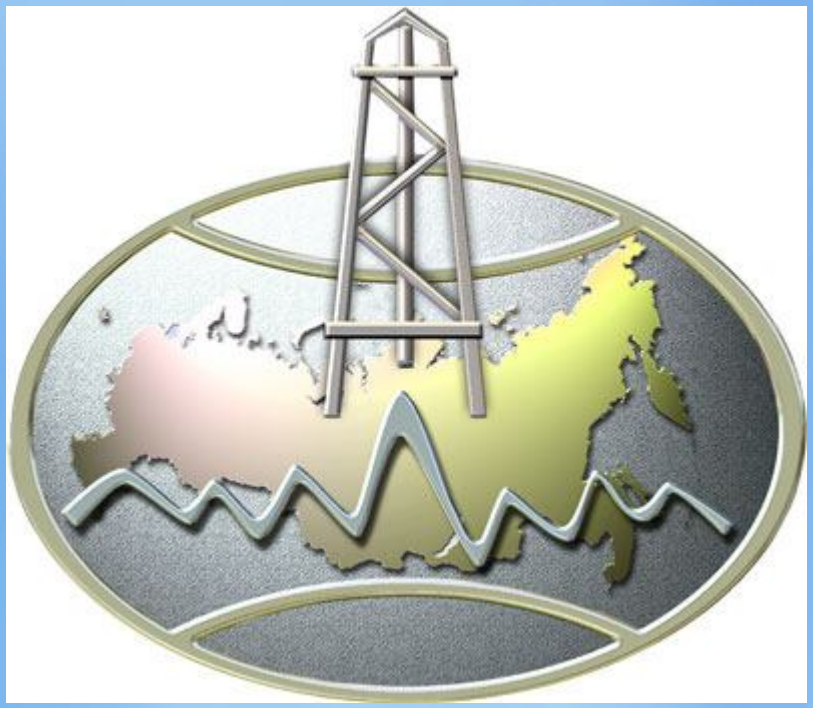
Отходы производства, являются фактором, воздействующим на окружающую природную среду и в конечном итоге отрицательно влияющим на качество жизни человека. Однако отходы, загрязняющие окружающую среду, не только могут быть использованы, но их применение в ряде случаев выгодно с экономической точки зрения.



Карл Маркс в третьем томе "Капитала" писал, что при крупномасштабном производстве "отходы получаются в столь значительных массах, что они сами становятся предметами торговли, а следовательно, новыми элементами производства". Он рассматривал отходы в качестве нового сырья той же самой или другой отрасли промышленности. Их применение уменьшает затраты на сырье и экономит общественно полезный труд.

Использование отходов в качестве вторичных материальных ресурсов решает ряд важных хозяйственных задач, таких как экономия основного сырья, предотвращение загрязнения водоемов, почвы и воздушного бассейна, увеличение объемов производства деталей и изделий, производство новых для предприятия товаров.

Несмотря на это, вследствие различных, как правило, организационных и экономических причин в промышленности происходит накопление значительных масс отходов, прежде всего твердых, поскольку газообразные и жидкие выбрасываются в окружающую среду и распыляются в ней.



Уровень затрат важнейших видов сырья, материалов и топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) в экономике России значительно превосходит аналогичные показатели в развитых зарубежных странах.

Из-за преобладания материалоемких производств и несовершенства технологической базы значительная часть перерабатываемого сырья переходит в категорию отходов. Наибольшими удельными показателями образования отходов характеризуются те виды производства, которые связаны с добычей сырья и его первичной переработкой. Удельные показатели образования отходов в этих видах производства можно оценить в пределах от 30 до 95% от добытого сырья (в отдельных случаях и более).

Суммарные объемы образования отходов в России за 1998 г. составили около 2,5 млрд. т. Большой процент от этого объема составляют отходы добычи и обогащения полезных ископаемых. Среди других видов крупномасштабных отходов следует выделить:

- Золашлаковые отходы ТЭС;
- Отходы древообработки;
- Лом и отходы черных металлов;
- Металлургические шлаки;
- Галитовые отходы;
- Фосфогипс;
- Изношенные шины;
- Макулатура;
- Отработанные нефтепродукты и т.д.

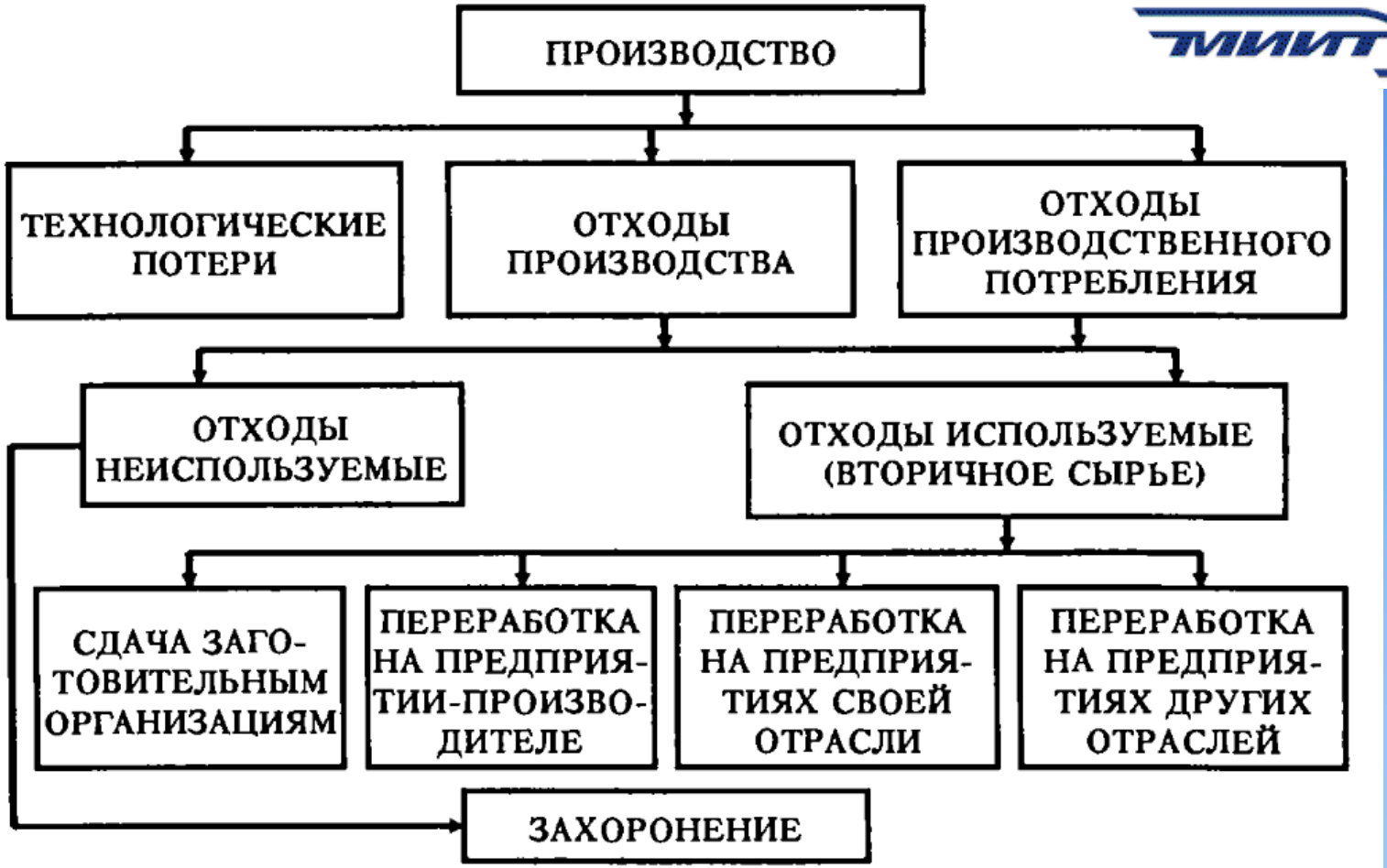


Рис. 2.1. Принципиальная схема образования и утилизации отходов

Образование отходов происходит на всех стадиях движения сырья: от момента его добычи, когда оно еще является природным ресурсом, до завершения эксплуатации изготовленного из него изделия.

Существующие классификации твердых отходов весьма многообразны и односторонни.

Различные подходы к классификации отходов базируются на следующих классификационных признаках:

- место образования отходов (отрасль промышленности);
- стадия производственного цикла;
- вид отхода;
- степень ущерба окружающей среде и здоровью человека;
- направление использования;
- эффективность использования;
- величина запаса и объёмы образования;
- степень изученности и разработанности технологий утилизации.

Прежде всего различают отходы производства и потребления.

Отходы производства - это остатки сырья, материалов и полуфабрикатов, образующиеся в процессе производства продукции, которые частично или полностью утратили свои качества и не соответствуют стандартам. Эти остатки после предварительной обработки, а иногда и без нее, могут быть использованы в сфере производства или потребления, в частности для производства побочных продуктов.

Побочные продукты образуются наряду с основными продуктами производства, но не являются целью производственного процесса.

Отходы потребления - различные бывшие в употреблении изделия и вещества, восстановление которых экономически нецелесообразно. Например, изношенные или морально устаревшие машины, изделия производственного назначения (отходы производственного потребления), а также пришедшие в негодность или устаревшие изделия домашнего обихода и личного потребления (отходы бытового потребления).

Совокупность отходов производства и потребления, которые могут быть использованы в качестве сырья для выпуска полезной продукции, называются **вторичными материальными ресурсами**.

Вторичные ресурсы - материальные накопления сырья, веществ, материалов и продукции, образованные во всех видах производства и потребления, которые не могут быть использованы по прямому назначению, но потенциально пригодные для повторного использования в народном хозяйстве для получения сырья, изделий и (или) энергии. (ГОСТ Р 51750-2001)

Исходя из возможностей использования ВМР их можно подразделить на реальные и потенциальные ресурсы. К **реальным** следует отнести ВМР, для использования которых созданы эффективные методы и мощности для переработки, а также обеспечен рынок сбыта; к потенциальным - все виды ВМР, не входящие в группу реальных. К **потенциальным** ВМР относятся также побочные продукты, которые в настоящее время используются недостаточно полно и представляют собой резерв материальных ресурсов для промышленности.

Ресурсы вторичного сырья - количественное выражение объемов конкретных видов вторичного сырья. В эти объемы не входят те отходы производства, которые используют без доработки в источниках их образования и включают во внутрипроизводственный баланс сырья.

Заготовкой вторичного сырья, т.е. его сбором, закупкой, предварительной обработкой и концентрацией, занимаются специализированные заготовительные организации.

По способу использования отходов в качестве вторичного сырья отходы можно разделить на четыре группы:

1. Отходы как вторичное сырье, используемое в качестве добавки или полностью взамен первичного сырья и материалов (отдельные виды отходов пластмасс и металлов, макулатуры, строительных материалов и др.);

2. Отходы как исходный продукт для производства вторичного сырья, предназначенного для использования частично или полностью взамен первичного сырья (например, производство регенерата из изношенных шин с целью его использования в качестве сырьевой добавки в шинном производстве взамен каучука; гранулята из отходов отработанных изделий из термапластов взамен первичного полимерного сырья; макулатурной массы из отходов бумаги и картона для использования вместо целлюлозы в производстве бумаги и картона);

3. Отходы как сырье или материалы, которые могут быть использованы в другом технологическом цикле (например, активные угли, отработавшие свой ресурс в качестве адсорбентов в производстве винилхлорида могут быть использованы для очистки газов от ртути);

4. Отходы как сырье или материалы, характеризующиеся принципиально новыми свойствами, отсутствующими у первичного сырья (например, зола тепловых электростанций может быть использована в ряде случаев в производстве строительных материалов в качестве вяжущего вместо цемента).

Все промышленные отходы можно разделить на два вида: **нетоксичные и токсичные**. В своей основной массе твердые отходы нетоксичны. Примерами токсичных отходов могут служить шламы гальванических цехов и травильных ванн.

Отходы можно также классифицировать на **металлические и неметаллические, а также комбинированные**.

Неметаллические отходы подразделяются на химически инертные (отвалы породы, зола и т.д.) и химически активные (резина, пластмассы и т.д.). К числу комбинированных отходов относится всевозможный промышленный и строительный мусор.

Отходы можно разбить на две группы - **основные и побочные**.

Основными являются отходы материалов, использованных непосредственно для изготовления товарной продукции. Это металлические, металлсодержащие (окалина, шламы, шлаки и пр.) и неметаллические (древесина, пластмассы, резина, клеи, текстиль, стекло и др.) отходы.

К **побочным** относятся отходы технологических материалов и веществ, использованных или образующихся при проведении технологических процессов.

Побочные отходы могут быть твердыми (зола, абразивы, огнеупоры), жидкими (смазочно-охлаждающие жидкости, минеральные масла и другие нефтепродукты, отходы гальванопроизводства) и газообразными (отходящие газы).

«Иерархия отходов»
Варианты способов обращения с отходами по мере снижения их предпочтительности

Рис. 2. Международная «Иерархия отходов»

№ п/п	Степень вредного воздействия опасных отходов на окружающую природную среду	Критерии отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды	Класс опасности отходов для окружающей природной среды
1	ОЧЕНЬ ВЫСОКАЯ	Экологическая система необратимо нарушена. Период восстановления отсутствует	I КЛАСС ЧРЕЗВЫЧАЙНО ОПАСНЫЕ
2	ВЫСОКАЯ	Экологическая система сильно нарушена. Период восстановления не менее 30 лет после полного устранения источника вредного воздействия	II КЛАСС ВЫСОКООПАСНЫЕ
3	СРЕДНЯЯ	Экологическая система нарушена. Период восстановления не менее 10 лет после снижения вредного воздействия от существующего источника	III КЛАСС УМЕРЕННО ОПАСНЫЕ
4	НИЗКАЯ	Экологическая система нарушена. Период самовосстановления не менее 3 лет	IV КЛАСС МАЛООПАСНЫЕ
5	ОЧЕНЬ НИЗКАЯ	Экологическая система практически не нарушена	V КЛАСС ПРАКТИЧЕСКИ НЕОПАСНЫЕ

Рис. 2.2. Классификация промышленных отходов по видам

ЛЕКЦИЯ 2

«ТРАНСНОРТНРОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ»

Промышленная переработка отходов предполагает наличие регламентированной системы сбора и доставки отходов к месту переработки, которая включает следующие технологические операции:

- накопление отходов в контейнерах (цистернах);
- транспортирование контейнеров с отходами;
- разгрузку контейнеров;
- очистку контейнеров;
- доставку чистых контейнеров

к месту образования отходов.

Для транспортирования промышленных отходов используют:

- Трубопроводный;
- Конвейерный;
- Канатно-подвесной;
- Автомобильный;
- Электрический;
- Железнодорожный;
- Водный транспорт.

Расходы на транспортирование отходов составляют значительную часть их стоимости, поэтому важнейшим фактором, определяющим выбор типа транспорта для перемещения отходов, является экономический.

На выбор типа и грузоподъемности транспортных средств для перевозки отходов влияет маршрут транспортировки и удаленность пункта сбора от места образования отходов.

Зачастую отходы транспортируются к месту их переработки не сразу, а через промежуточные станции, где происходят их накопление и первичная обработка.

Цель промежуточных станций - снизить транспортные расходы на перевозку отходов, так как на них осуществляются сортировка, уплотнение и брикетирование отходов.

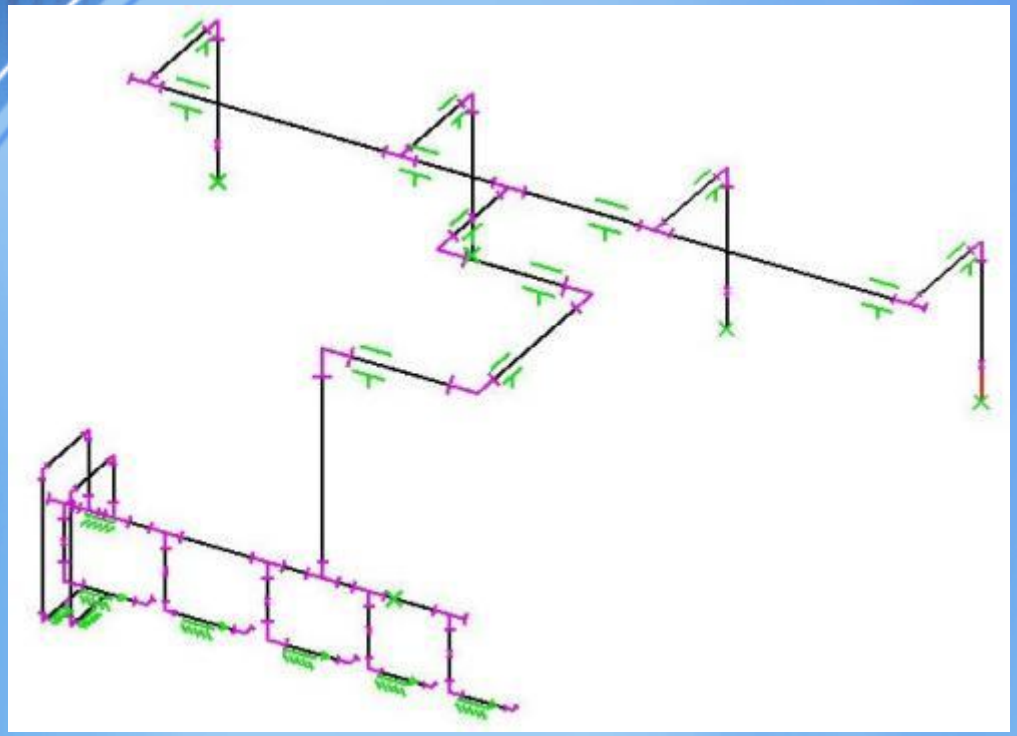
Трубопроводный транспорт для перемещения отходов

На крупных промышленных предприятиях довольно часто отходы перемещаются с помощью трубопроводного транспорта.

Транспортирование жидких, газообразных или твердых материалов по трубопроводам отличается следующими преимуществами:

- отсутствием потерь при транспортировке отходов;
- отсутствием выделения токсичных веществ;
- низкими капитальными затратами;
- низкими эксплуатационными затратами;
- возможностью пространственного размещения транспортных сетей;
- возможностью автоматизации процесса транспортировки отходов.

Трубопроводный транспорт для перемещения отходов



Перемещение различных сыпучих материалов и твердых тел по трубопроводам осуществляется потоками жидкости или газа за счет передачи им энергии несущей среды. В качестве жидкой несущей среды, как правило, используют воду, а в качестве газообразной - воздух. Более 30% общего количества перемещаемых на предприятиях сыпучих материалов транспортируется таким способом; при этом обеспечивается непрерывная подача материалов на значительные расстояния по сложной пространственной схеме.

Трубопроводный транспорт для перемещения отходов

Установки гидратранспорта состоят из следующих систем:

- Устройства для ввода в транспортирующий поток сыпучих материалов или твердых тел;
- трубопровода с арматурой или желоба;
- устройства для отделения твердых частиц от несущей среды.

Основные элементы этих систем:

- Асбестоцементные;
- Бетонные;
- Железобетонные;
- Пластмассовые;
- Чугунные;
- Стальные;
- Стеклянные или керамические трубы и каналы.

Трубопроводный транспорт для перемещения отходов

При выборе элементов трубопроводного транспорта особое внимание уделяют гидравлическому сопротивлению трубопровода при заданной пропускной способности. Выбор толщины стенки канализационных труб определяется прочностью конструкционных материалов.

Формы сечений труб и каналов (особенно для сетей наружной канализации сточных вод и транспортирования газов) весьма разнообразны, что обусловлено содержанием взвешенных веществ в газовом или жидкостном потоке, а также видом конструкционного материала, способами термоизоляции и защиты от коррозии.

Трубопроводный транспорт для перемещения отходов

На установках гидратранспорта материалы перемещаются по

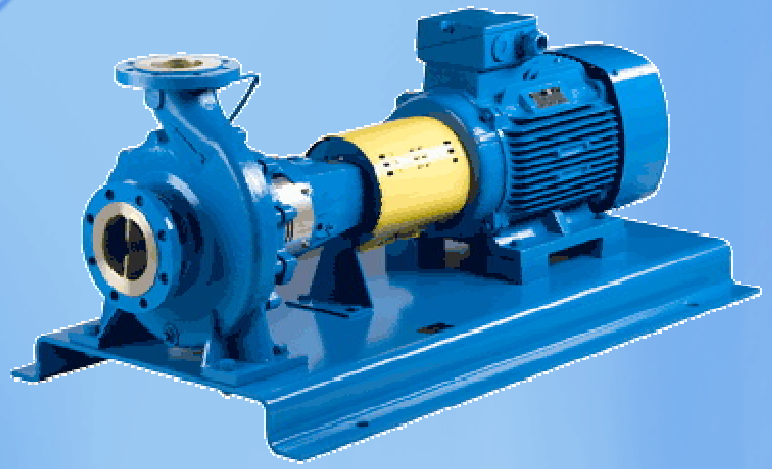
желобам или трубам.

По желобам движение пульпы (смеси дисперсных материалов с водой) происходит самотеком по наклонному желобу;

В трубах движение пульпы также может происходить самотеком или под напором, создаваемым насосом.

Основным механическим оборудованием гидратранспортных установок являются загрузочные устройства и насосы. Для загрузки отходов в транспортирующий водный поток используются камерные и бескамерные питатели.

Трубопроводный транспорт для перемещения отходов



Для перемещения пульпы используют главным образом центробежные насосы; неабразивные мелкодисперсные грузы можно транспортировать с помощью поршневых насосов, способных создавать более высокие давления пульпы. Однако повышенный износ и пульсирующее давление, которое они создают, делают их использование неэффективным. Важными особенностями насосов для гидротранспорта пульпы являются их способность перемещать крупные куски материалов (до 100 мм) и большая износостойкость деталей.

Для транспортирования сточных вод к очистным сооружениям, если они не поступают самотеком, так же используют центробежные насосы.

Трубопроводный транспорт для перемещения отходов

Наибольший расход и давление пульпы обеспечивают грунтовые насосы: расход может достигать 7000 м3 /ч, а давление 0,71 МПа. Для создания более высокого давления с помощью центробежных насосов используют двухступенчатые установки.

По назначению различают мобильные и стационарные установки.

Длина стационарных установок с магистральным трубопроводом иногда достигает нескольких десятков километров (обычно же не более 2 - 2,5 км).

Трубопроводный транспорт для перемещения отходов

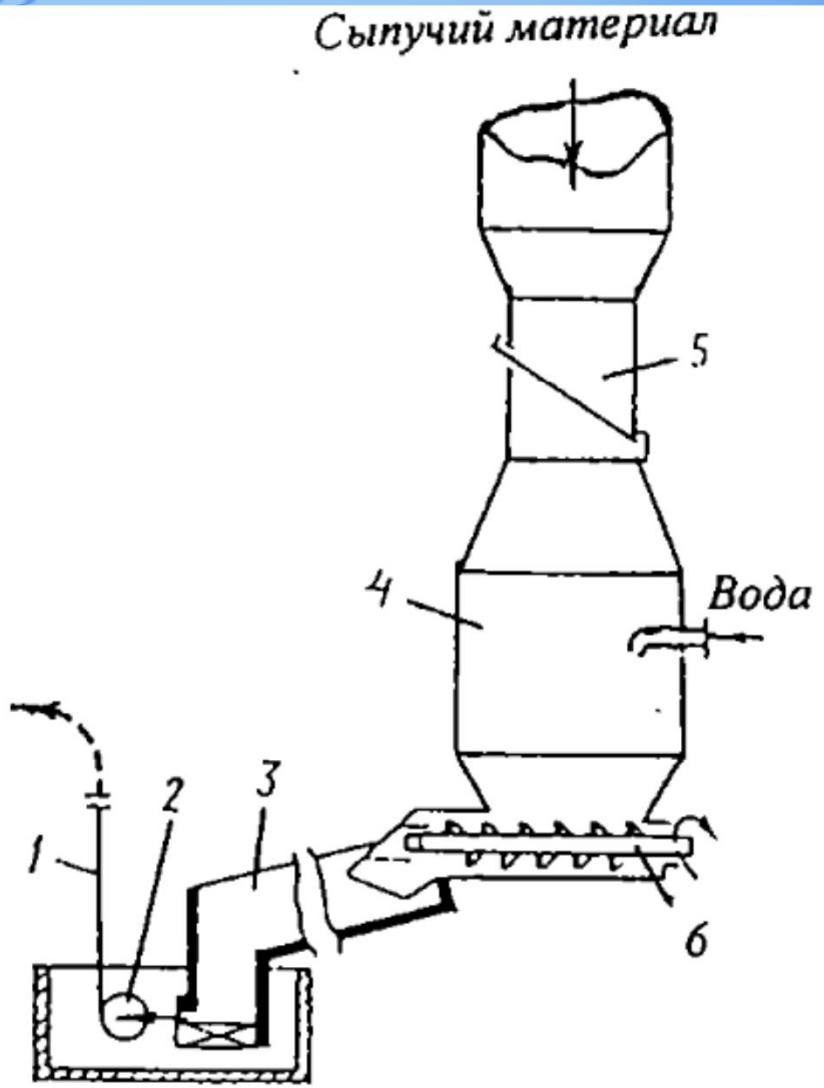


Схема гидравлического удаления сыпучих твердых отходов:

1 – магистральный трубопровод для транспортирования; *2* – центробежный насос; *3* – открытый желоб; *4* – камерное загрузочное устройство; *5* – листовая задвижка; *6* – шнек-питатель

Трубопроводный транспорт для перемещения отходов

Пневмотранспорт грузов по трубопроводу осуществляется за счет разности давлений, создаваемой нагнетательными или вакуумными насосами. В установках всасывающего грузы перемещаются в среде разреженного воздуха, а разрежение создается вакуум-насосом и вентилятором.

Трубопроводный транспорт для перемещения отходов

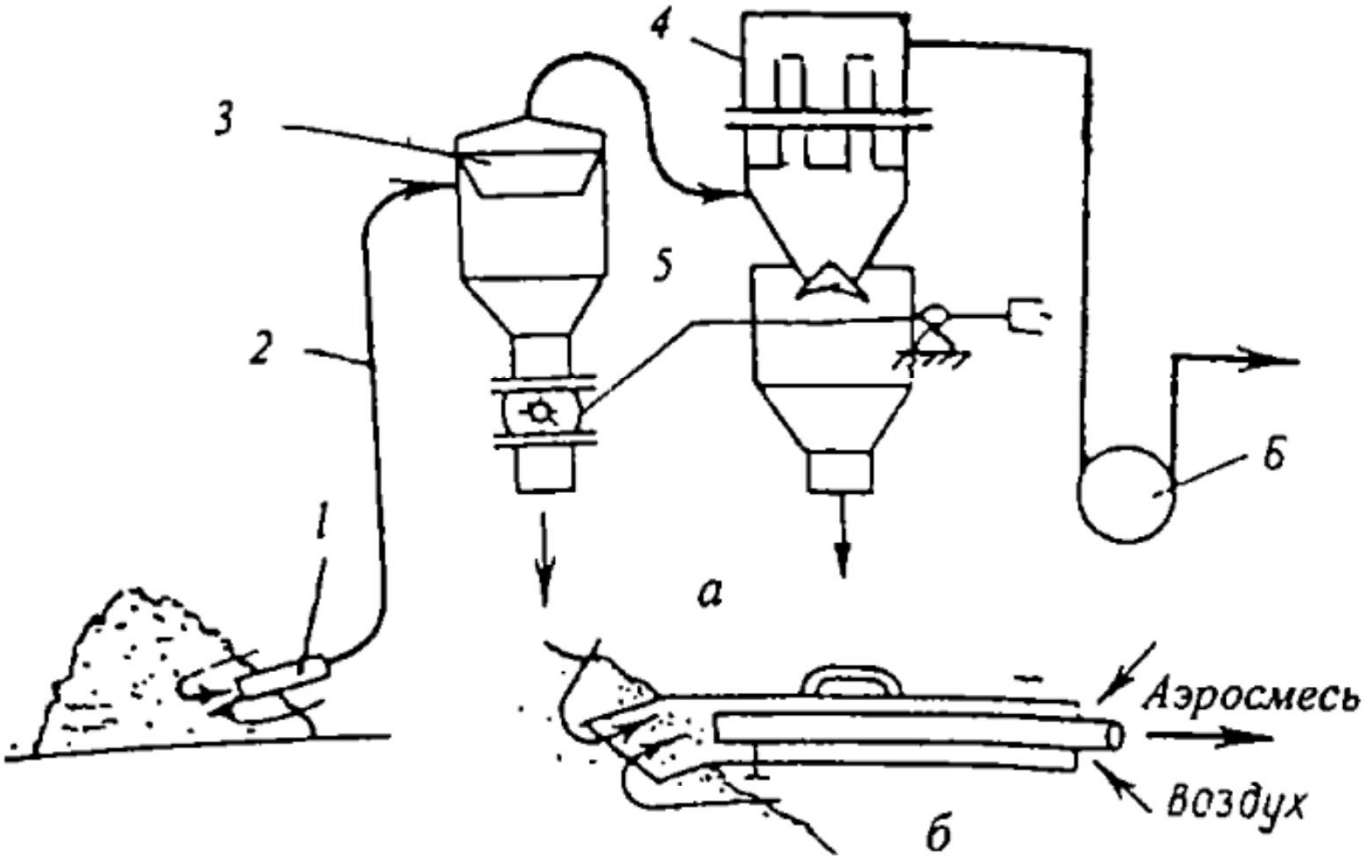
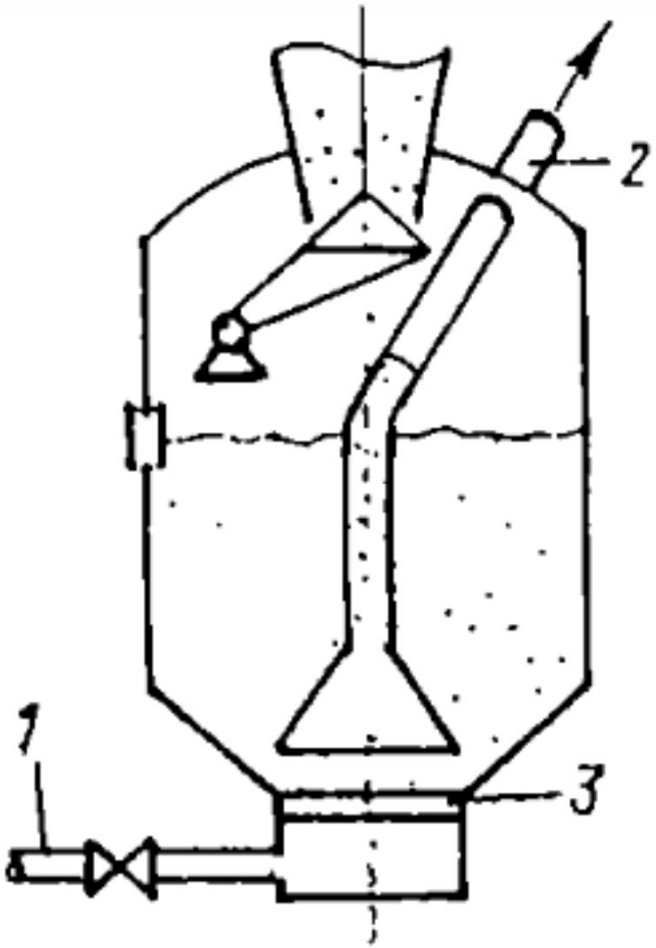


Схема всасывающей пневматической установки (*а*) и устройство всасывающего переносного сопла (*б*):

1 – сопло; *2* – трубопровод аэросмеси; *3* – загрузочный бункер; *4* – воздухоочистительное устройство; *5* – затворы; *6* – вакуум-насос

Трубопроводный транспорт для перемещения отходов

В нагнетательных системах перемещение груза происходит в среде сжатого воздуха; для создания перепада давления в них используют компрессоры, воздуходувки, вентиляторы.



Питатель с аэрированием сыпучего материала для нагнетательной установки пневмотранспорта:

1 – линия подачи сжатого воздуха; *2* – транспортный трубопровод аэросмеси в систему разгружения и очистки воздуха; *3* – пористая перегородка

Трубопроводный транспорт для перемещения отходов

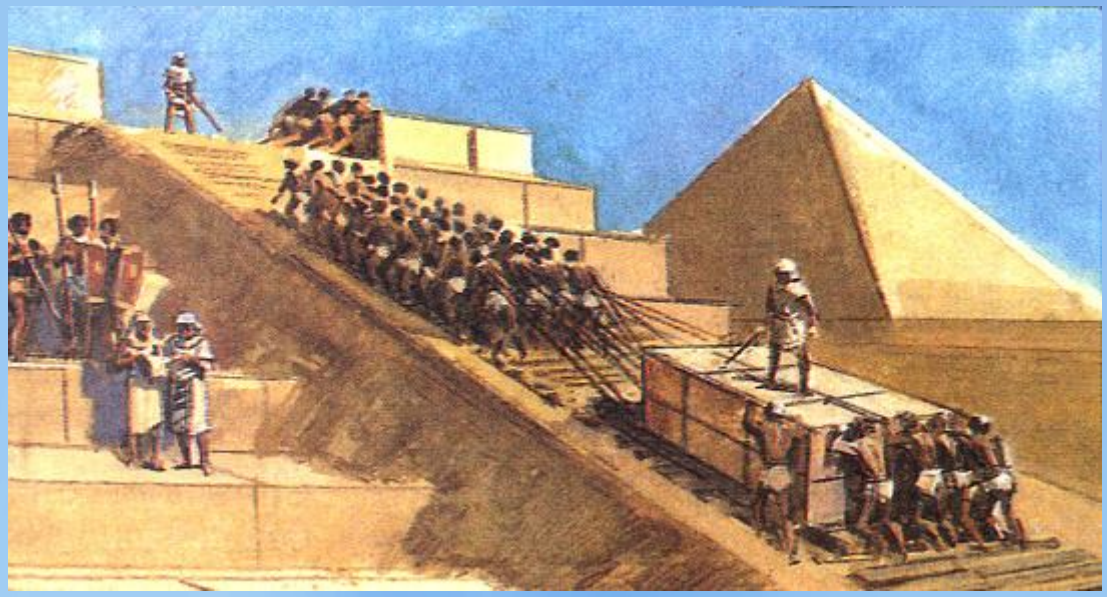
Для перемещения крупных кусков грузов на большие расстояния используются нагнетательные установки, а всасывающие системы предназначены для транспортировки мелкодисперсных легкосыпучих грузов. Производительность пневмотранспорта может достигать 100 т/ч и более, а расстояние, на которое перемещается груз с помощью пневмотранспорта, 2 км и более.

Трубопроводный транспорт для перемещения отходов

Недостатки гидра- и пневмотранспорта:

- значительный расход энергии, а также воды, воздуха;
- появление в ряде случаев вредных примесей в сточной воде и воздухе, выбрасываемом в атмосферу;
- абразивный и коррозионный износ труб, насосов, вентиляторов, гидраэлеваторов при транспортировке грузов.

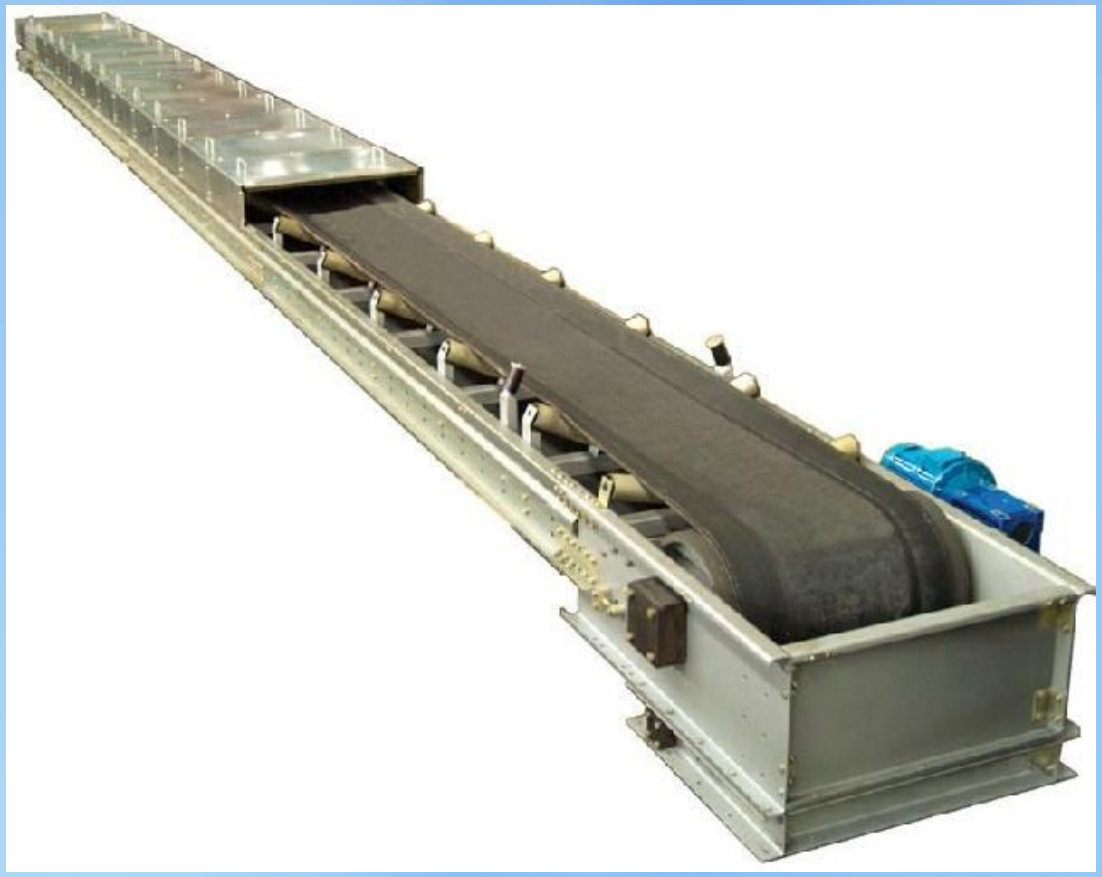
Подъемно-транспортное оборудование для перемещения твердых промышленных отходов



Подъемно-транспортные машины объединяют две большие группы машин периодического и непрерывного действия. В периодическом режиме работают некоторые грузоподъемные машины, напольный внутрицеховой транспорт и др.

Подъемно-транспортное оборудование для перемещения твердых промышленных отходов

В **непрерывном** цикле работают различные конвейеры, основным звеном которых являются грузонесущие элементы разной конструкции.



Подъемно-транспортное оборудование для перемещения твердых промышленных отходов

К грузоподъемным машинам, работающим в **периодическом** режиме, относятся мостовые, подвесные, козловые краны, перегрузочные мосты, кабель-краны, мобильные краны на гусеничном, колесном, железнодорожном ходу.

Подъемно-транспортное оборудование для перемещения твердых промышленных отходов

Производительность грузоподъемной машины (т/ч) -это количество груза, которое может быть переработано за единицу времени при непрерывной работе и наиболее эффективном ее использовании. Для машин периодического действия (кранов, автопогрузчиков, вагоноопрокидывателей) ее определяют по формуле:

$$Q = 3600 * q_ц / t_ц$$

где $q_ц$ - средняя масса груза, перемещаемого за 1 цикл, т; $t_ц$ - продолжительность одного цикла работы, с.

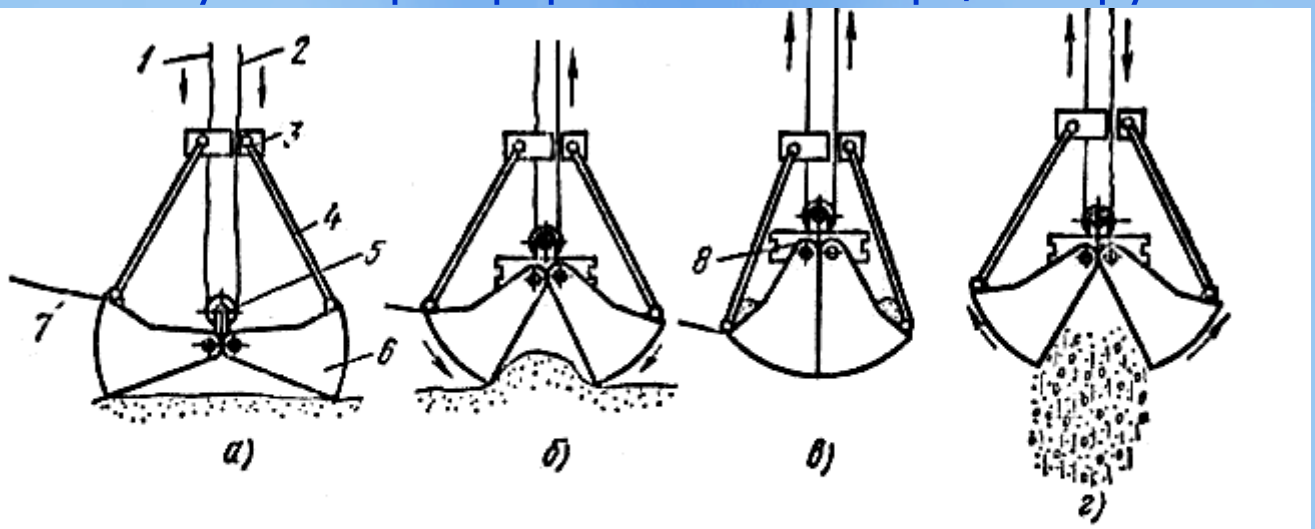
Подъемно-транспортное оборудование для перемещения твердых промышленных отходов

Важнейшим элементом грузоподъемных машин периодического действия является грейферный механизм, играющий роль грузозахватного устройства, позволяющего механизировать операции погрузки-разгрузки материалов. Такие захватные устройства широко используются при переработке отходов, в частности при загрузке отходов в печь, погрузке шлаков, шламов и других сыпучих, кусковых, пастообразных отходов.

Подъемно-транспортное оборудование для перемещения твердых промышленных отходов

Работа грейферного механизма может быть условно разделена на четыре стадии:

1. Зачерпывание груза;
2. Подъем грейфера с грузом;
3. Раскрытие челюстей и разгрузка грейфера;
4. Опускание пустого грейфера за новой порцией груза.



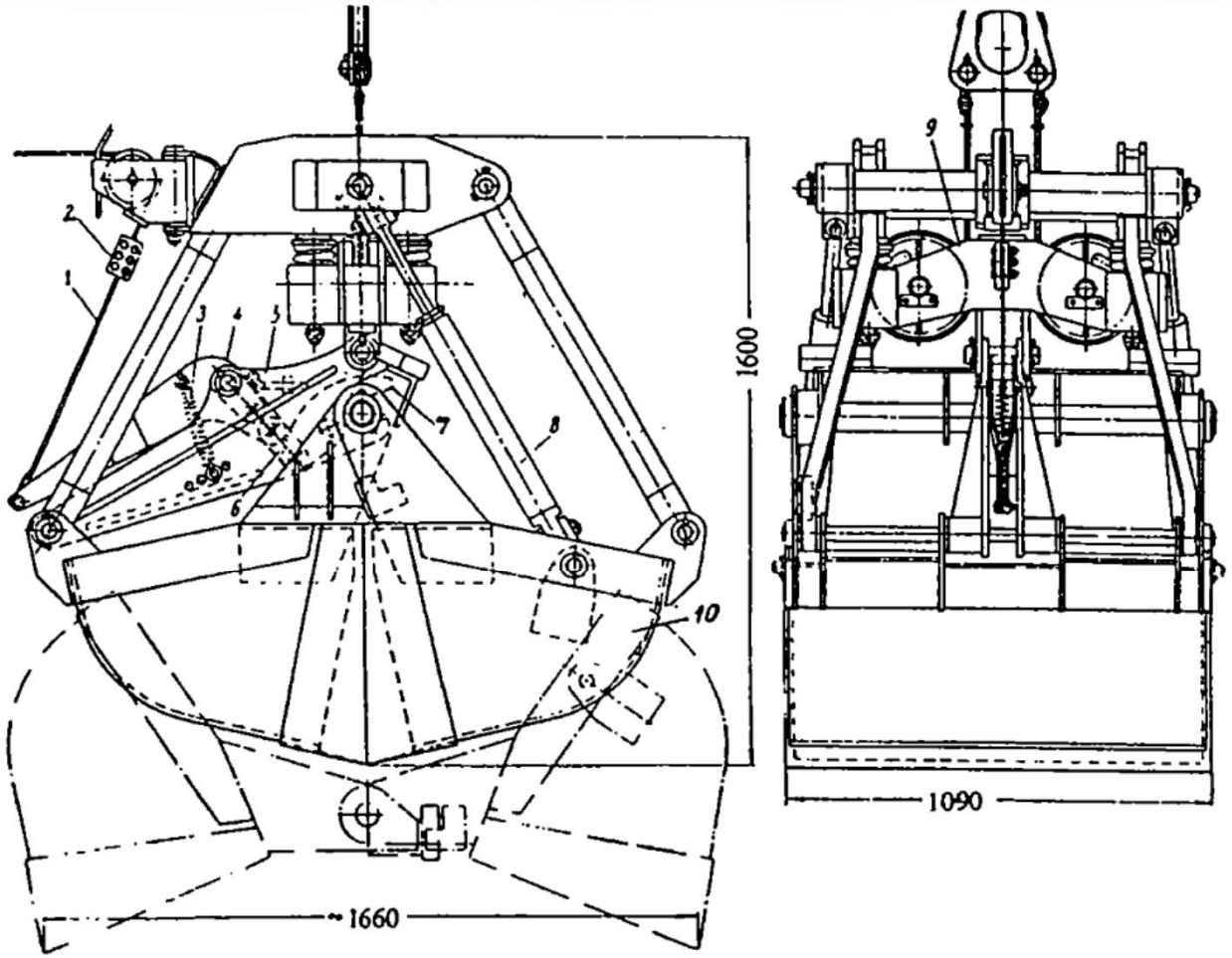
Двухканатный грейфер:

а — грейфер опущен на перегружаемый материал, *б* — зачерпывание материала, *в* — подъем заполненного грейфера, *г* — разгрузка грейфера; *1*, *2* — поддерживающий и замыкающий канаты, *3*, *8* — верхняя и нижняя головки, *4* — тяга, *5* — блок, *6* — челюсть, *7* — оттяжной канат-успокоитель

Подъемно-транспортное оборудование для перемещения твердых промышленных отходов

Существует большая номенклатура грейферных механизмов, которые · подразделяются на канатные и приводные. Канатные грейферы могут быть одно-, двух- и четырехканатными. У приводных грейферов ведущие звенья механизма расположены на самом грейфере, они могут приводиться в действие с помощью электромотора, гидро-, пневмо- и электропривода. Работа некоторых видов грейферов интенсифицируется с помощью вибраторов.

Подъемно-транспортное оборудование для перемещения твердых промышленных отходов



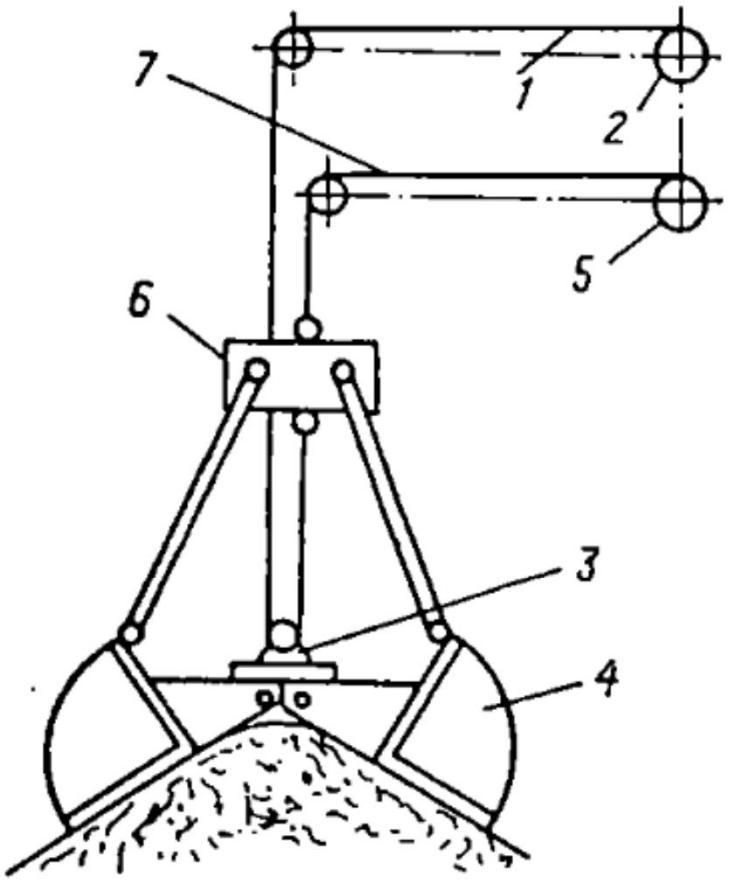
Одноканатный грейфер с гидравлическим демпфером:

1 – трос; *2* - ограничитель; *3* – пружина; *4* – выключающий рычаг; *5* – рычаг; *6* – "ломающийся" рычаг; *7* – собачка; *8* – гидравлический демпфер; *9* – подпружиненная подвеска; *10* – челюсть

Подъемно-транспортное оборудование для перемещения твердых промышленных отходов

Двух- и четырехканатные грейферы имеют два механизма:

- один управляет замыкающим канатом;
- другой – подъемным канатом.



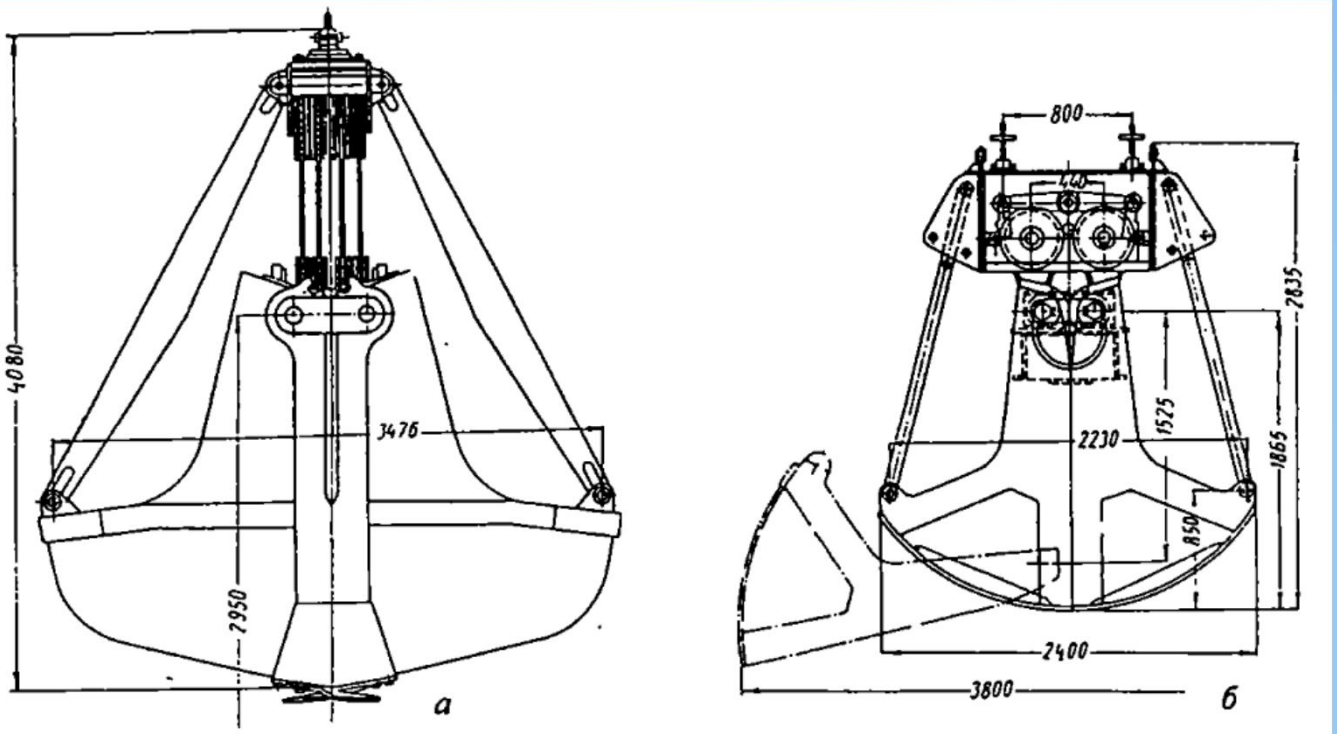
Двухканатный двухчелюстной грейфер:

1, *7* – канаты; *2*, *5* – барабаны; *3*, *6* – траверсы; *4* – челюсти

Подъемно-транспортное оборудование для перемещения твердых промышленных отходов

Для погрузки сыпучих грузов разработаны якорные грейферы.

Конструкция якорного грейфера существенно снижает сопротивление при внедрении челюстей в загружаемый материал во время заполнения грейфера.



Двух- и четырехканатный грейфер с поперечным (*а*) и продольным (*б*) расположением полиспаста

Подъемно-транспортное оборудование для перемещения твердых промышленных отходов

Наряду с грузоподъемными машинами периодического действия при переработке отходов применяют и непрерывно действующие подъемно-транспортные машины. К ним относятся конвейеры:

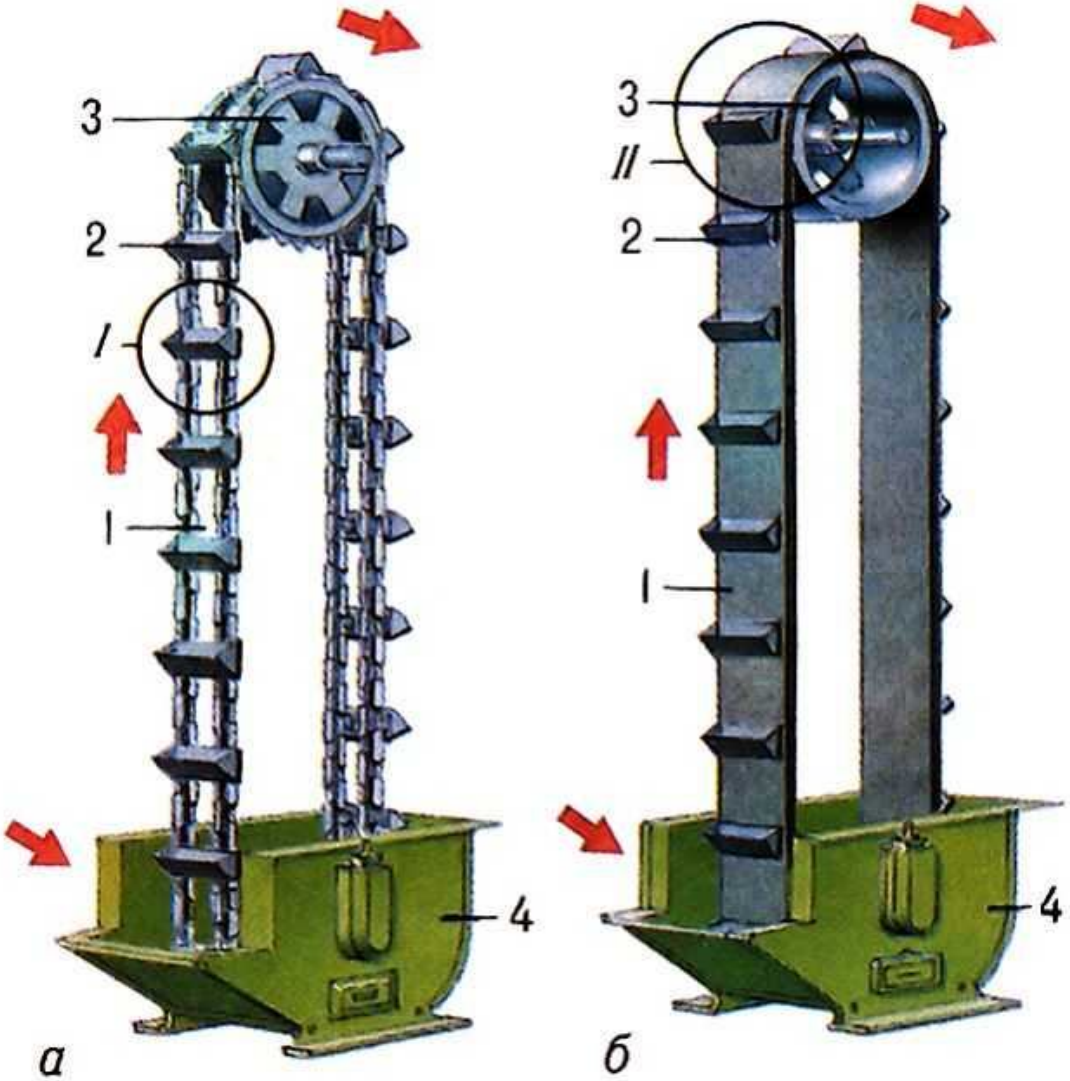
- Способные к перемещению грузов в вертикальной и наклонной плоскостях;
- Скребково-ковшовые;
- Ковшовые;
- Люлечные;
- Вертикальные;
- Винтовые.

Подъемно-транспортное оборудование для перемещения твердых промышленных отходов

Скребково-ковшовые и ковшовые конвейеры предназначены для транспортировки насыпных грузов, а люлечные - кусковых и штучных. Они могут перемещать отходы по сложной траектории, включая вертикальные и горизонтальные участки.

Элеваторы предназначены для подъема грузов в вертикальной или близкой к ней наклонной плоскости (угол наклона к горизонтали может составлять 60- 82 град). Ковшовые элеваторы предназначены для перемещения насыпных и кусковых грузов, а люлечные и полочные - штучных.

Подъемно-транспортное оборудование для перемещения твердых промышленных отходов



Подъемно-транспортное оборудование для перемещения твердых промышленных отходов

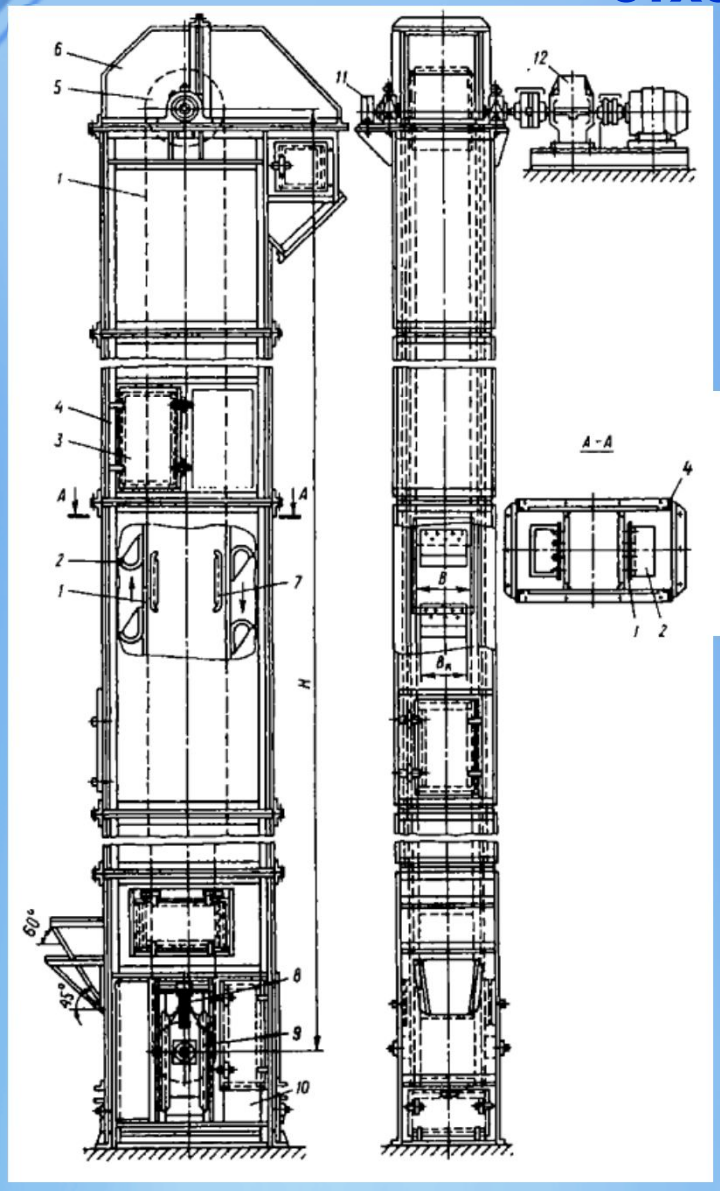
Производительность элеватора $Q_э$ (т/ч) определяют, используя выражение:

$$Q_э = 3,6 * G * w / t,$$

где G - масса материала в одном ковше, кг; w - скорость перемещения ковша, м/с; t- расстояние между ковшами, м.

При расчете массы материала в одном ковше следует учитывать коэффициент заполнения, который обычно составляет 0,6 - 0,9. Расстояние между ковшами составляет 2- 3 его высоты, которая в зависимости от типоразмера элеватора равна 0,16- 0,63 м.

Подъемно-транспортное оборудование для перемещения твердых промышленных отходов



Вертикальный ковшовый элеватор:

1 – тяговый орган; *2* – ковш; *3* – смотровой люк; *4*, *6*, *10* – секции кожуха; *5* – приводной барабан; *7* – направляющее устройство; *8* – натяжное устройство; *9* – натяжной барабан; *11* – останов привода; *12* – привод

Подъемно-транспортное оборудование для перемещения твердых промышленных отходов

Для транспортирования отходов непрерывным потоком без остановок для загрузки и разгрузки используют транспортирующие машины (конвейеры). Транспортирующие машины могут быть с тяговым органом (лента, цель, канат) и без него.

Подъемно-транспортное оборудование для перемещения твердых промышленных отходов

Производительность транспортирующей машины определяют количеством груза, перемещаемого ею в единицу времени. Количество груза может измеряться в единицах объема и массы, а также в штуках (для штучных грузов). Производительность машины зависит от характера перемещения грузов, который может быть:

- Непрерывным;
- Порционным;
- Штучным.

Подъемно-транспортное оборудование для перемещения твердых промышленных отходов

Часовая производительность конвейера определяется по формулам:

$$Q_{об} = 3600 * q_{об} * v ;$$

$$Q_м = 3600 * q_{об} * v * \rho,$$

где $Q_{об}$ и $Q_м$ - часовая производительность, объемная ($м^3$/1 ч) массовая, (т/ч); $q_{об}$ - объем груза на единице длины конвейера, $м^3$/м; v- скорость движения конвейера (м/с); ρ – насыпная плотность груза, т/$м^3$.

Подъемно-транспортное оборудование для перемещения твердых промышленных отходов

Одной из самых распространенных транспортирующих машин является ленточный конвейер.

Ленточные конвейеры имеют тяговый орган в виде бесконечной ленты (текстильной, прорезинеиной из хлопчатобумажной или синтетической ткани, из стали, проволоки и др.), являющейся одновременно и грузанесущим элементом.

Подъемно-транспортное оборудование для перемещения твердых промышленных отходов

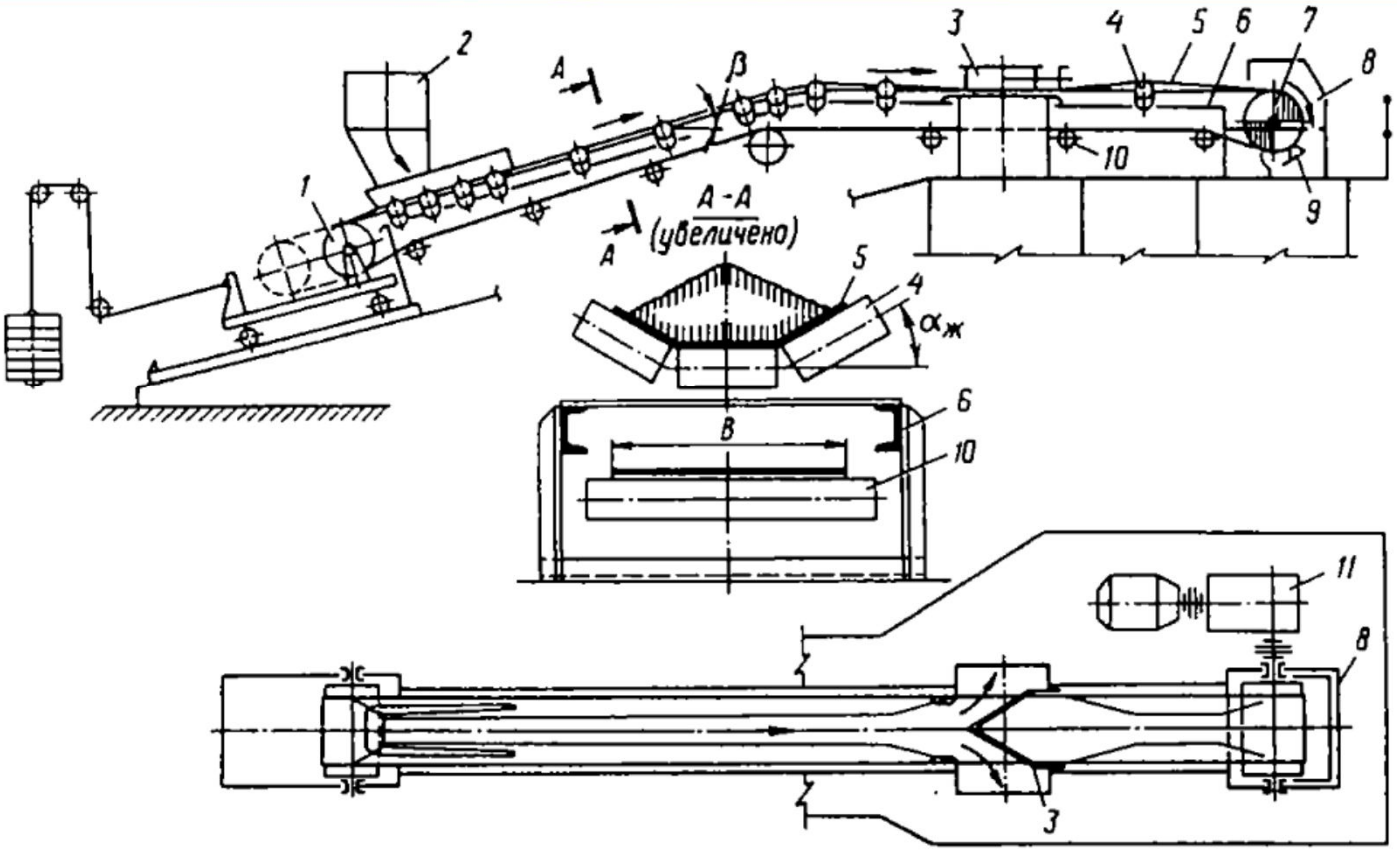


Схема ленточного конвейера:

1 – задний натяжной барабан; 2 – загрузочная воронка; *3* – плужковый сбрасыватель груза; *4* – верхняя роликоопора; *5* – транспортерная лента; *6* – станина; *7* – приводной барабан; *8* – разгрузочная воронка; *9* – устройство для очистки ленты; *10* – нижняя роликоопора; *11* – привод; $\alpha_ж$ – угол наклона бортов ленты; β – угол наклона конвейера; *B* – ширина конвейера

Подъемно-транспортное оборудование для перемещения твердых промышленных отходов

Общую мощность привода конвейера N (кВт) можно определить из выражения:

$$N = N_{под} + N_{гор} + Q_к * (H + L*C_0) /367,$$

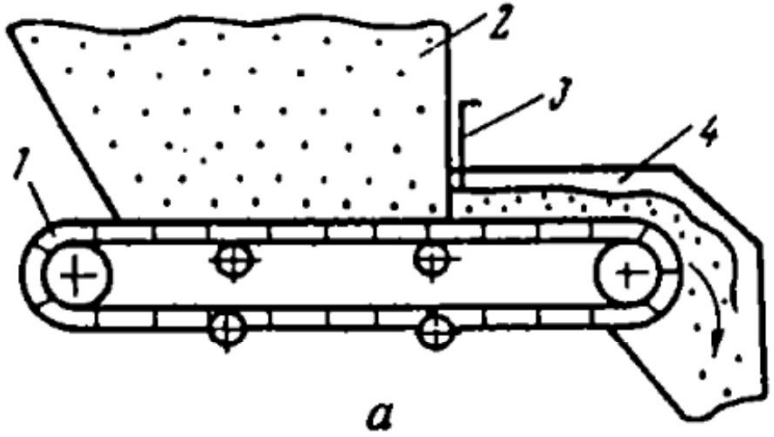
где $N_{под}$ - мощность, необходимая для подъема груза, кВт; $N_{гор}$ - мощность, необходимая для горизонтального перемещения груза, кВт; $Q_к$ - производительность конвейера, т/ч; H и L – соответственно высота и длина конвейера, м; C_0 - удельный приведенный коэффициент сопротивления (Со = 1,2 - 1 ,25).

Подъемно-транспортное оборудование для перемещения твердых промышленных отходов

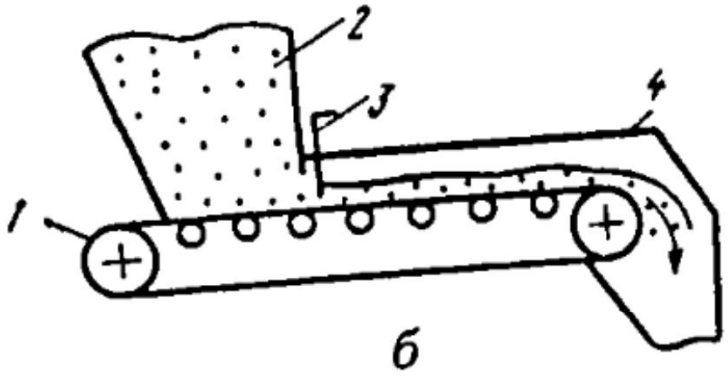
Существует большое разнообразие конструктивных решений загрузочных и разгрузочных устройств, выбор которых зависит от многих факторов, в том числе от конструкции конвейера, типа отходов, их физического состояния, крупности, способа формирования потока материала и других.

Как правило, конструкция загрузочного устройства включает в себя желоб (течку или воронку), направляющие борта и питатель, роль которого состоит в подаче отходов на конвейерную ленту из накопительного бункера, стоящего за дробилкой, грохотом или другим оборудованием, или со склада.

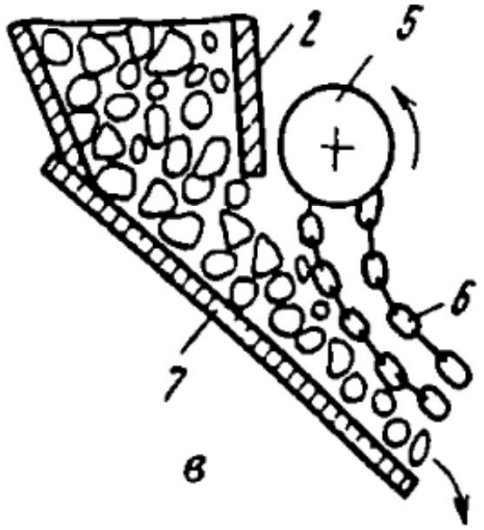
Подъемно-транспортное оборудование для перемещения твердых промышленных отходов



а



б



в

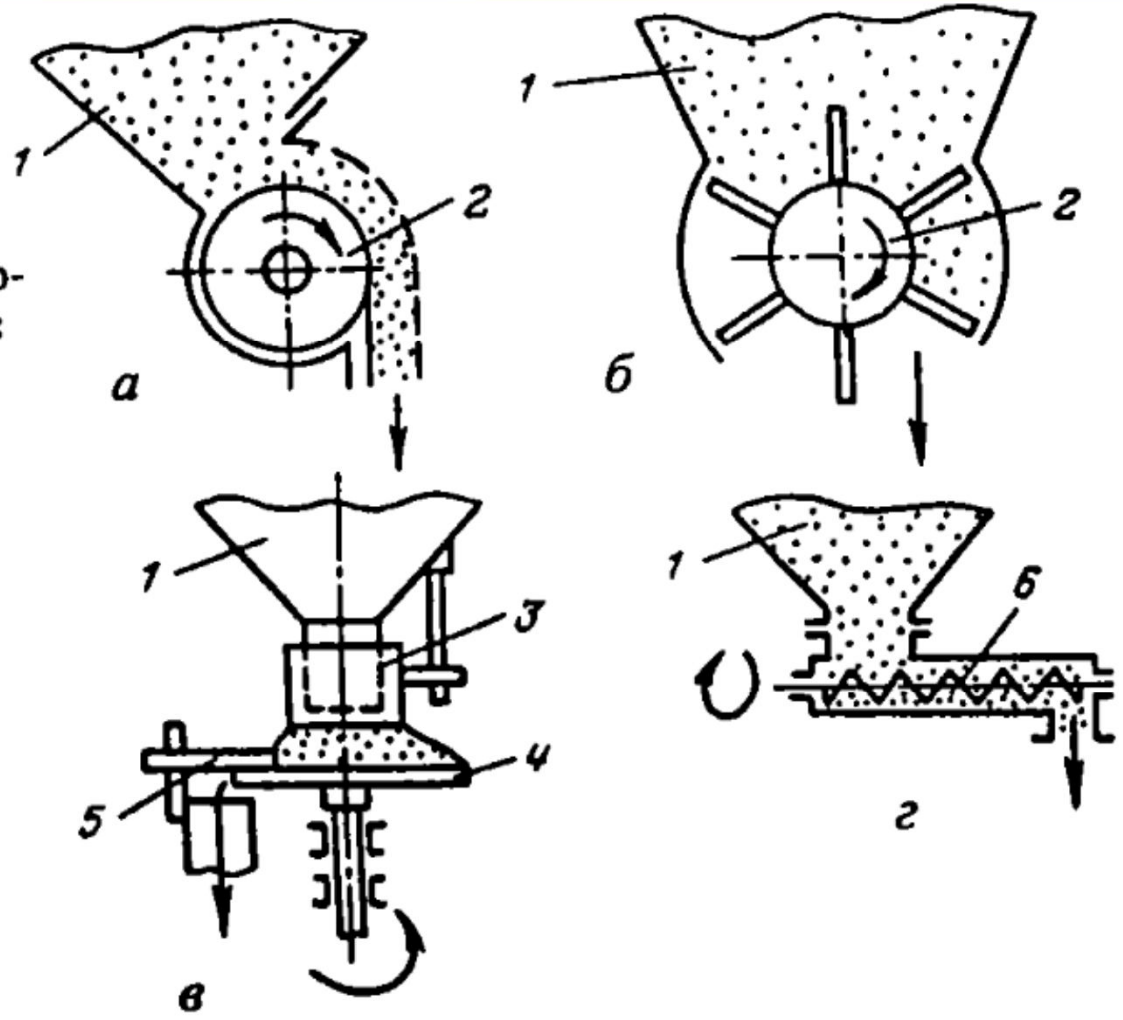
Питатели с бесконечно замкнутым тяговым органом:

а – пластинчатый; *б* – ленточный; *в* – цепной; *1* – пластинчатая (*а*) или конвейерная (*б*) лента; *2* – бункер; *3* – регулировочная шиберная заслонка; *4* – направляющие борта; *5* – приводной блок; *6* – цепь; *7* – лоток

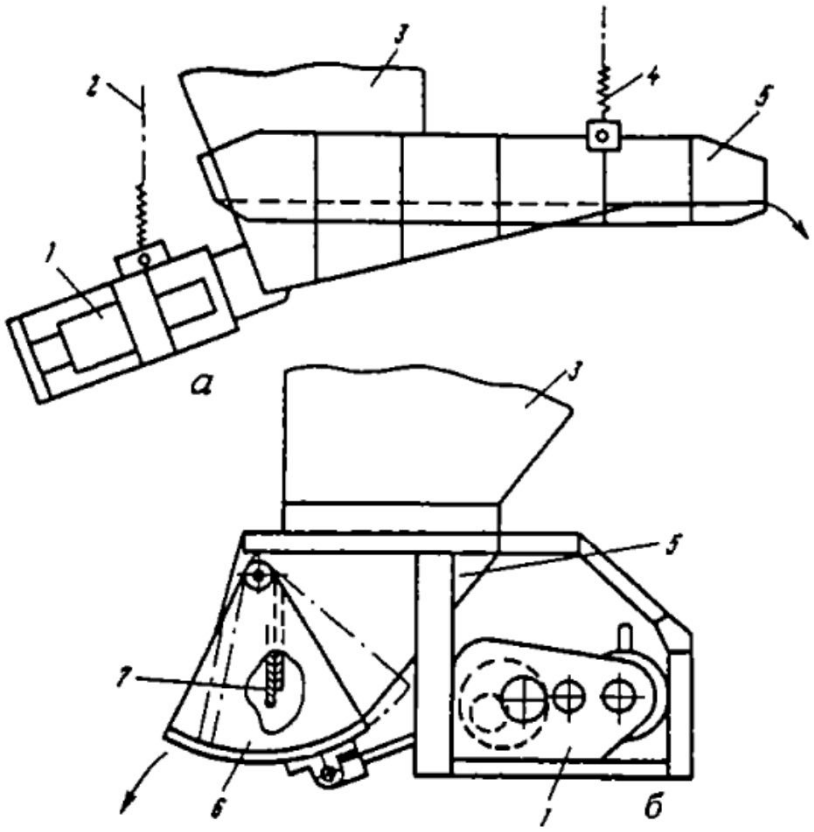
Подъемно-транспортное оборудование для перемещения твердых промышленных отходов

Питатели с вращающимися рабочими органами:

а – барабанный; *б* – секторный; *в* – тарельчатый; *г* – винтовой; *1* – бункер; *2* – барабан гладкий (*а*) и секторный (*б*); *3* – регулировочная манжета; *4* – вращающийся стол; *5* – сбрасывающий плужок; *6* – винт



Подъемно-транспортное оборудование для перемещения твердых промышленных отходов



Питатели с возвратно-поступательным движением рабочего органа:

а – вибрационный; *б* – маятниковый; *1* – привод; *2*, *4* – пружинные подвески; *3* – бункер; *5* – желоб; *6* – качающийся сектор; *7* – шиберная заслонка

Подъемно-транспортное оборудование для перемещения твердых промышленных отходов

При выборе питателя учитывают вид, свойства, крупность отходов, производительность конвейера, характер подачи отходов на конвейер и другие факторы.

Крупнокусковые отходы целесообразнее подавать на конвейер с помощью пластинчатых, цепных и вибрационных питателей. Последние используют при необходимости плавного регулирования производительности оборудования, стоящего за питателем. Мелкокусковые отходы лучше подавать с помощью лотковых, ленточных, тарельчатых и маятниковых питателей.

Подъемно-транспортное оборудование для перемещения твердых промышленных отходов

Для регулируемой подачи мелкодисперсных отходов целесообразно использовать объемные питатели. Промышленностью выпускается большая номенклатура типоразмеров питателей разной производительности, предназначенных для различных условий работы. Помимо питателей для регулирования подачи материалов на конвейерную ленту применяют затворы (секторные, челюстные, лотковые) и весовые дозаторы (ленточные и барабанные).

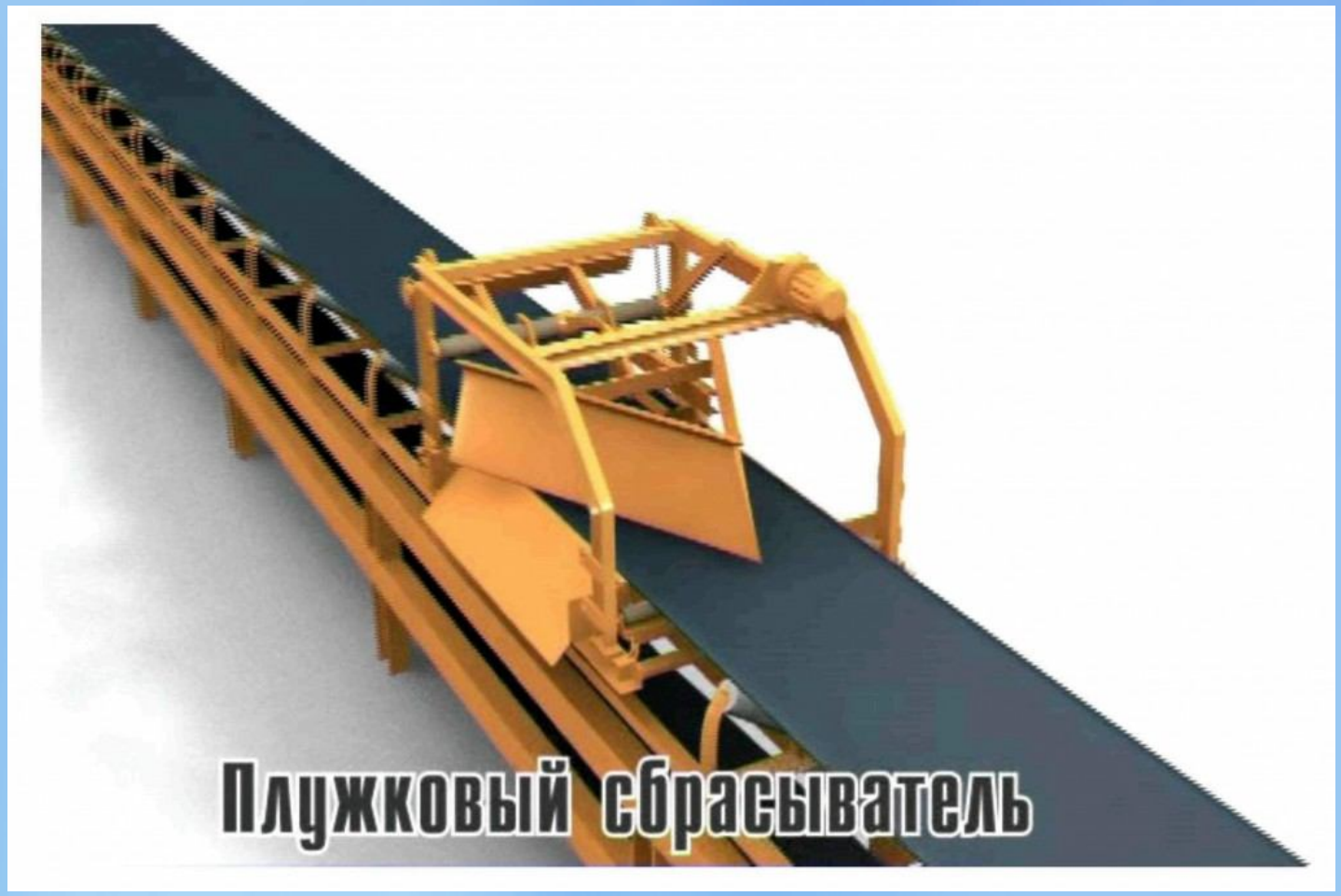
Подъемно-транспортное оборудование для перемещения твердых промышленных отходов

Конструкция разгрузочного устройства зависит от схемы выгрузки материалов с конвейерной ленты, которая может осуществляться через головной барабан или в средней части конвейера. Наиболее распространена разгрузка конвейерной ленты через головной барабан конвейера.

Наряду с разгрузкой конвейера через головной барабан используется и разгрузка конвейера из средней его части, для чего применяют плужковые сбрасыватели, вибрационные разгружали, передвижные разгрузочные барабаны, барабанно-винтовые и другие устройства.

Кроме названных устройств при разгрузке конвейеров используют цепные разгружалители, роликовые и вибрационные сбрасыватели, поворотные и вращающиеся желоба и другие механизмы.

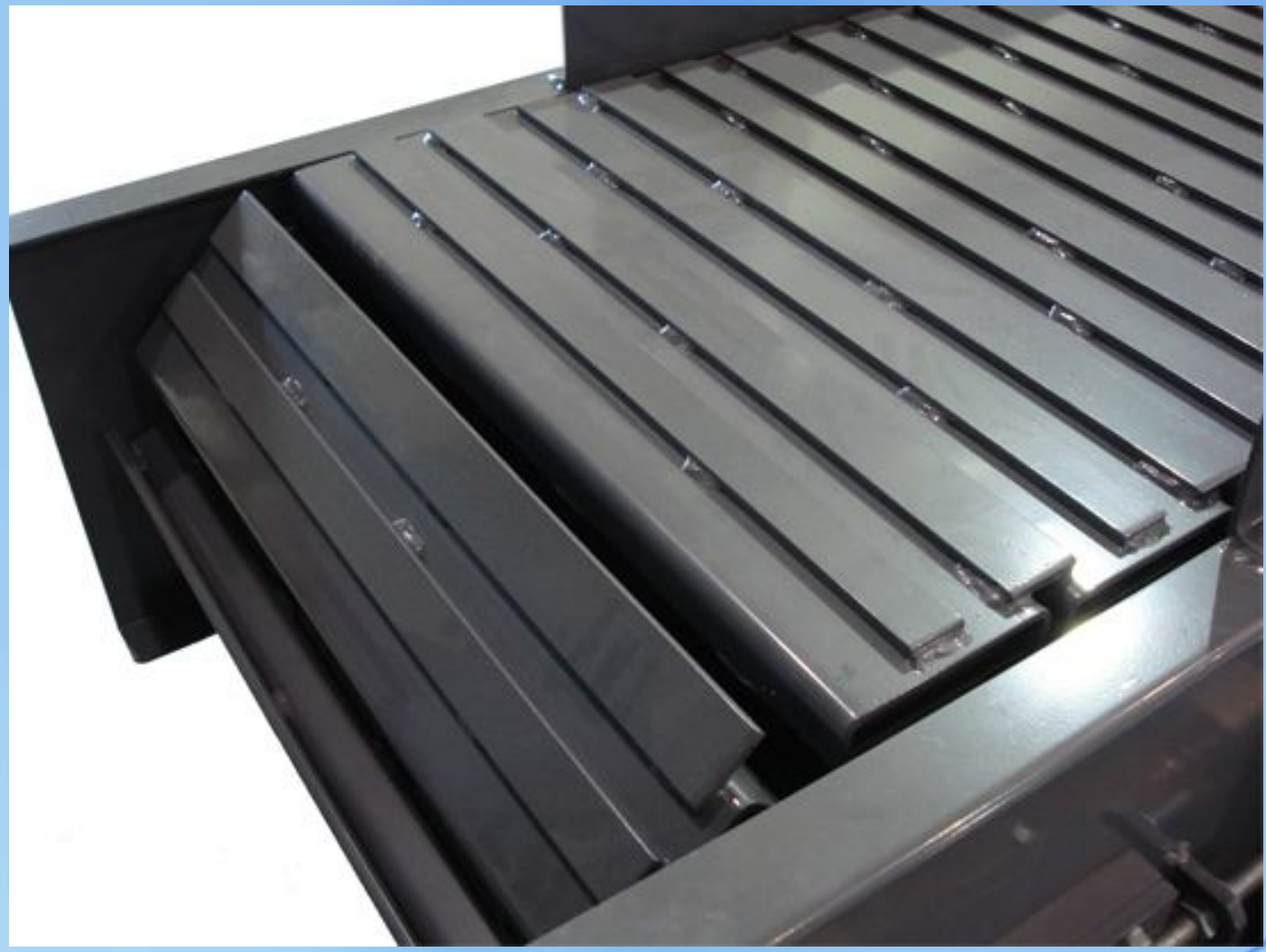
Подъемно-транспортное оборудование для перемещения твердых промышленных отходов



Подъемно-транспортное оборудование для перемещения твердых промышленных отходов

Для непрерывного транспортирования крупнокусковых, тяжелых и абразивных отходов целесообразно применять пластинчатые конвейеры, грузонесущим элементом которых являются стальные пластины. Такие конвейеры обладают высокой долговечностью, эксплуатационной надежностью, низким энергопотреблением, простотой обслуживания и другими достоинствами. Пластинчатые конвейеры надежно работают при перемещении затвердевших шлаков из мусоросжигательных печей, строительного мусора, образующегося при сносе зданий, массивных кусков металлолома, металлической стружки, агломерата, окатышей и других абразивных, горячих насыпных грузов.

Подъемно-транспортное оборудование для перемещения твердых промышленных отходов

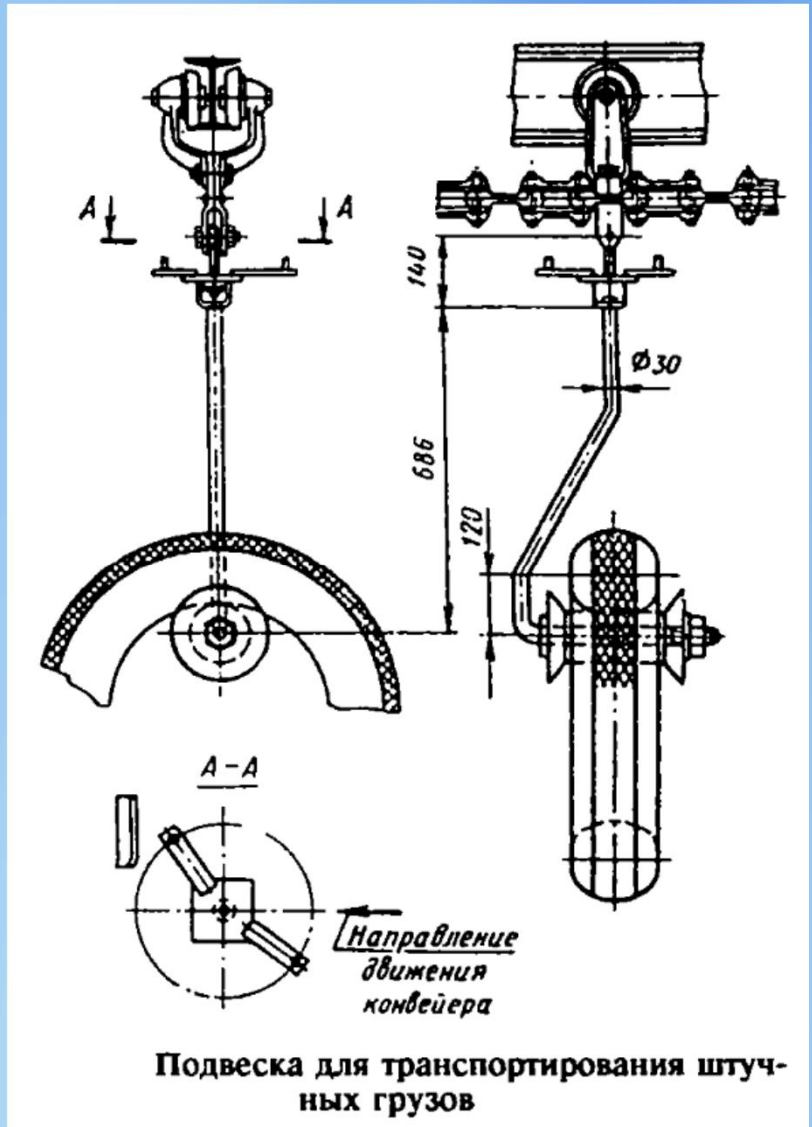


Подъемно-транспортное оборудование для перемещения твердых промышленных отходов

В отдельных технологических процессах переработки промышленных отходов (например, при разборке амортизованных автомобилей перед дроблением кузова) возможно использование подвесных конвейеров, которые предназначены для перемещения дискретных грузов по замкнутому пути сложной геометрии. В таком конвейере груз, как правило, шарнирно крепится к конвейеру и находится ниже точки его опоры.

Важным элементом подвесного конвейера является подвеска, выполняющая грузонесущие функции. Ее конструкции многообразны и определяются видом груза, его формой, массой и способом загрузки-разгрузки конвейера.

Подъемно-транспортное оборудование для перемещения твердых промышленных отходов



Подвеска для транспортирования штучных грузов

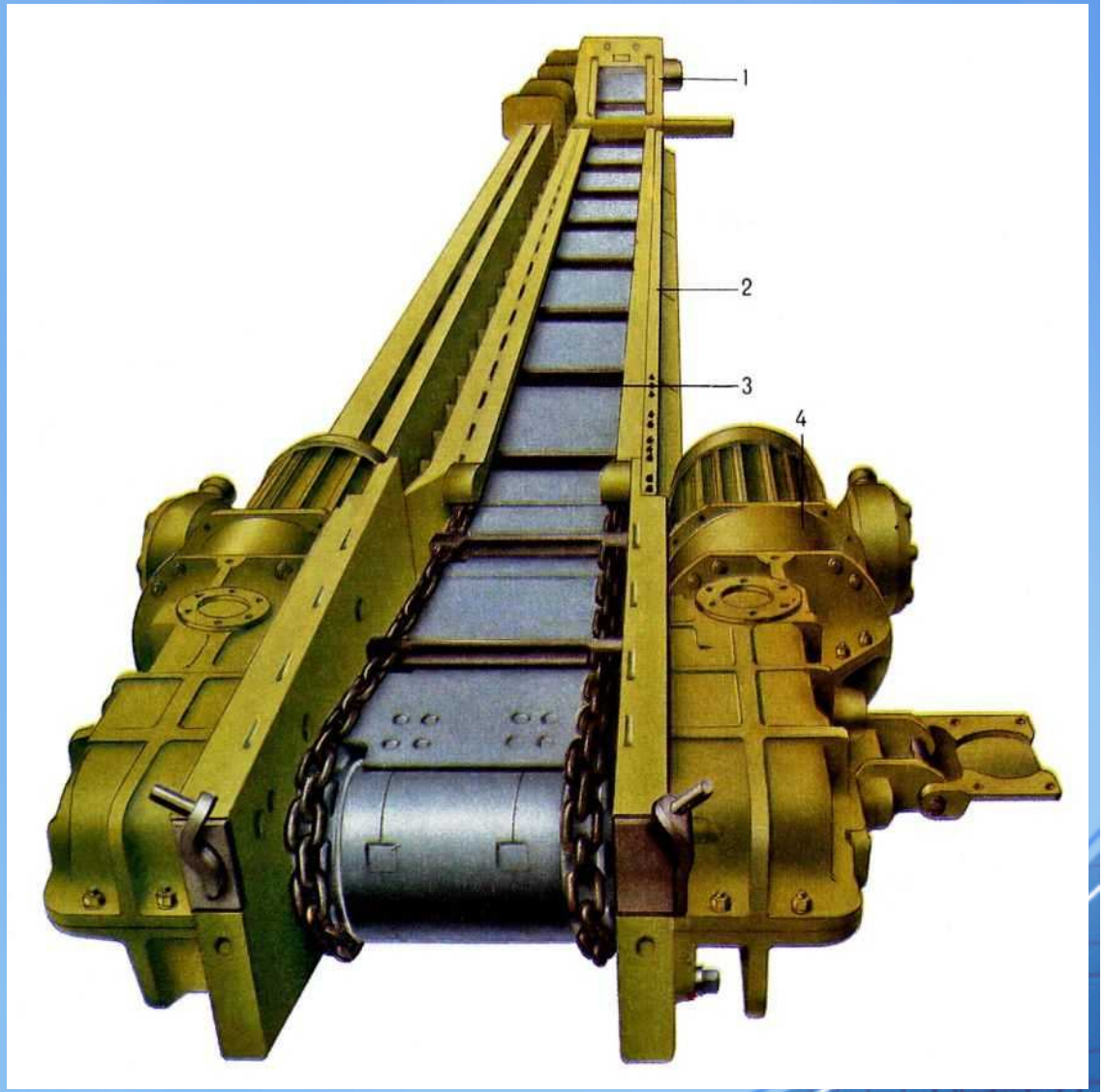
Подъемно-транспортное оборудование для перемещения твердых промышленных отходов

Для транспортирования пылевидных кусковых отходов используют скребковые конвейеры, в которых материал перемещается по неподвижному желобу скребками, соединенными движущейся цепью. Скребковые конвейеры используются для перемещения золы, шлаков, древесной щепы и других отходов и продуктов их переработки. Они просты в изготовлении и обслуживании, не требуют сложных устройств для загрузки и выгрузки транспортируемых материалов, позволяют герметизировать материалопровод.

Подъемно-транспортное оборудование для перемещения твердых промышленных отходов

Тем не менее скребковые конвейеры обладают и рядом недостатков, ограничивающих их использование:

- большой энергоемкостью;
- низкими скоростью транспортирования материалов (0,16- 0,4 м/с);
- Производительностью (не более 350 т/ч);
- повышенным износом трущихся частей.



Подъемно-транспортное оборудование для перемещения твердых промышленных отходов

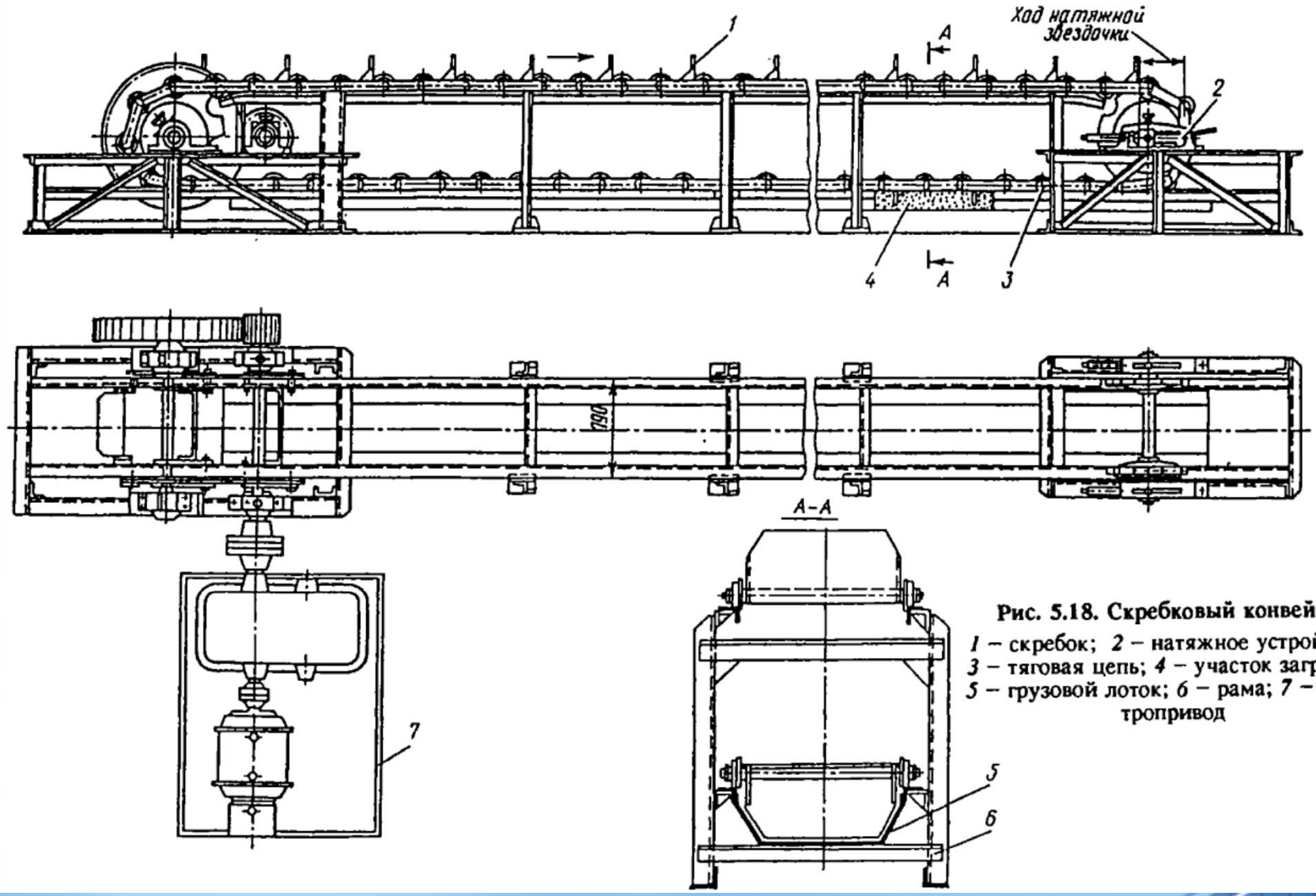


Рис. 5.18. Скребковый конвейер:

1 – скребок; *2* – натяжное устройство; *3* – тяговая цепь; *4* – участок загрузки; *5* – грузовой лоток; *6* – рама; *7* – электропривод

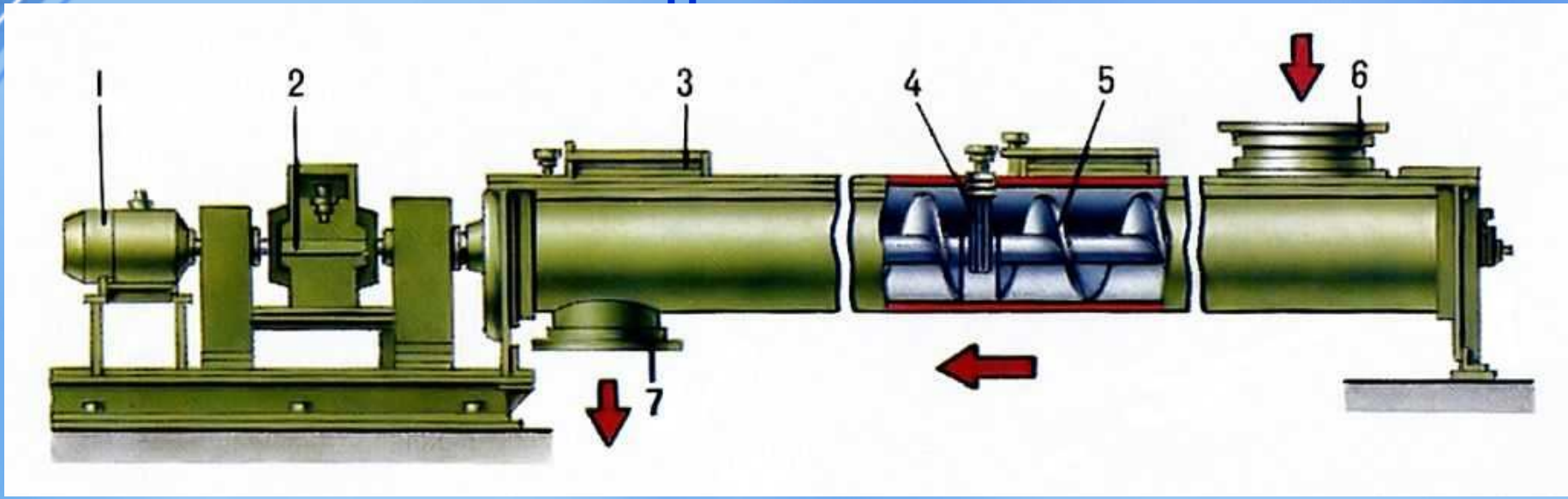
Подъемно-транспортное оборудование для перемещения твердых промышленных отходов

Производительность скребкового конвейера Qк (т/ч) определяется по формуле:

$$Q_к = 3600 * B * h * \psi * w * y$$

где B, h- ширина и высота желоба конвейера, м; ψ - усредненный эмпирический коэффициент заполнения желоба отходами; ψ = 0,5-0,6; w – скорость движения ленты, м/с; y – насыпная плотность материала, т/м^3 .

Подъемно-транспортное оборудование для перемещения твердых промышленных отходов



Винтовой (шнековый) конвейер представляет собой трубу (или желоб), по которой материал перемещается с помощью вращающегося винта. Шнековые конвейеры легко поддаются герметизации, что позволяет использовать их для транспортирования пылящих и горячих грузов, выделяющих вредные испарения.

Подъемно-транспортное оборудование для перемещения твердых промышленных отходов

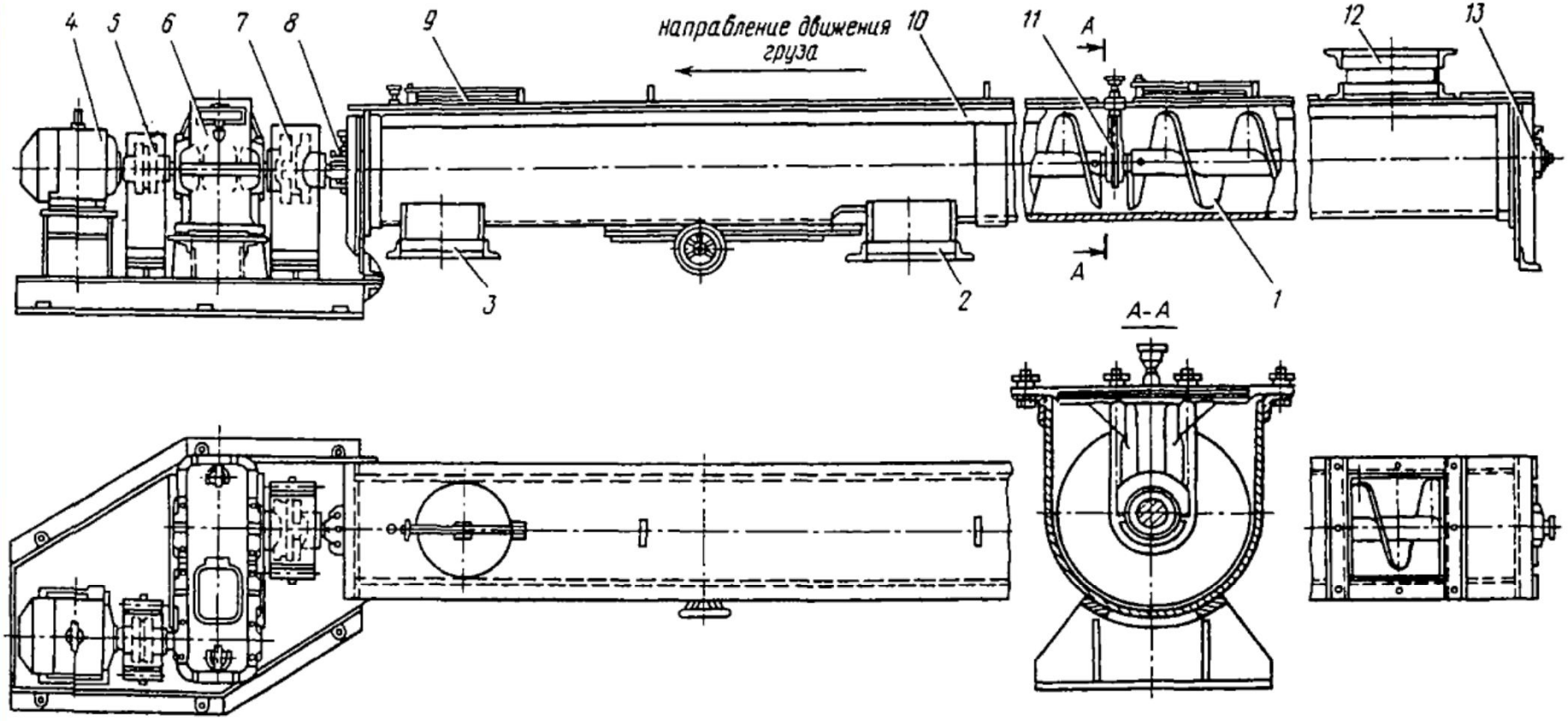


Рис. 5.19. Винтовой конвейер:

1 – винт; *2*, *3* – разгрузочные патрубки; *4* – электродвигатель; *5*, *7* – муфты; *6* – редукторы; *8*, *1*, *13* – опорные подшипники винта; *9* – люк; *10* – желоб; *12* – загрузочный патрубок

Подъемно-транспортное оборудование для перемещения твердых промышленных отходов

Производительность винтового конвейера Q (т/ч) рассчитывается по формуле:

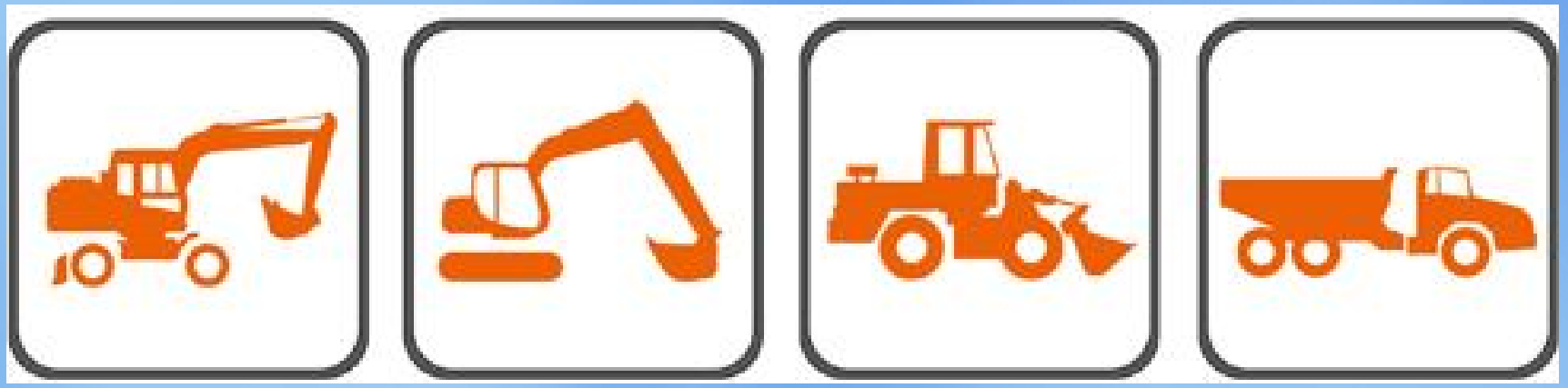
$$Q = 47\ D^3 * n * \psi * y * c,$$

где D- диаметр винта, м; n- частота вращения винта, мин$^{-1}$; y - насыпная плотность материала, т/м^3 ; c - поправочный коэффициент, зависящий от угла наклона конвейера (c= 0,6 - 1,0); ψ - поправочный коэффициент, зависящий от вида материала (ψ = 0,125 - 0,4).

Подъемно-транспортное оборудование для перемещения твердых промышленных отходов

В некоторых случаях, например при ремонтно-строительных работах, применяют гравитационные (без тяговых органов) устройства - желоба, трубы, винтовые спуски, рольганги (для штучных грузов), по которым материал перемещается сверху вниз под действием силы тяжести.

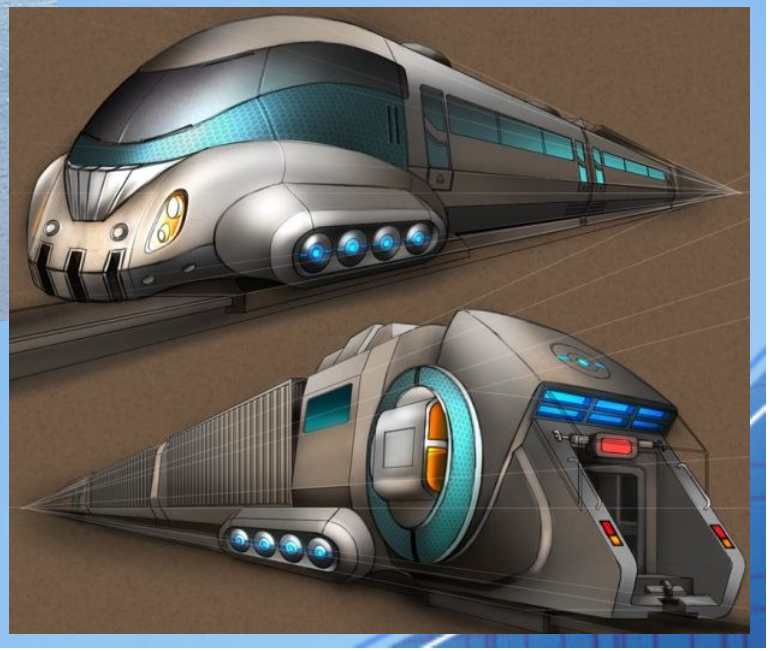
Подъемно-транспортное оборудование для перемещения твердых промышленных отходов



Землеройные машины представляют особую группу транспортных устройств для разработки грунтов, залежей полезных ископаемых, отвалов, для формирования полигонов и шламонакопителей твердых отходов. Сюда входят и землеройно-транспортные машины: скреперы, экскаваторы, бульдозеры, катки. При формировании полигонов твердых отходов такие машины являются основным технологическим оборудованием.

ЛЕКЦИЯ 3

«Использование автомобильного, железнодорожного и водного транспорта для транспортировки отходов»



Автомобильный транспорт

Для перевозок отходов автотранспортом предприятиями используется грузовой подвижной состав: грузовые автомобили и автомобильные прицепы различной грузоподъемности (бортовые, самосвалы, фургоны, в том числе изотермические, цистерны и другие), автомобили повышенной проходимости, автомобили-тягачи с полуприцепами.

Автомобильный транспорт

Классификация грузовых транспортных средств по различным основаниям выглядит следующим образом:

По типу кузова

- закрытый тип
- контейнер
- тентованный
- рефрижератор

(изотермический кузов)

- изотермический фургон
- микроавтобус
- открытый тип
- бортовой
- самосвал
- конт. площадка
- кран
- автотранспортер
- цистерна
- лесовоз
- седельный тягач

Автомобильный транспорт

По группам:

I группа
бортовые автомобили
(автомобили-фургоны
общего назначения)

II группа
специализированные
(самосвалы, фургоны, рефрижераторы, контейнеровозы, седельные тягачи с полуприцепами, балластные тягачи с прицепами)

III группа автомобили-цистерны

Автомобильный транспорт

По количеству осей:

- двухосные
- трехосные
- четырехосные
- пятиосные и более

Автомобильный транспорт

По осевым нагрузкам (на наиболее загруженную ось):

- до 6 т включительно
- свыше 6 т до 10 т включительно

По колесной формуле:

- 4x2
- 4x4
- 6x4
- 6x6

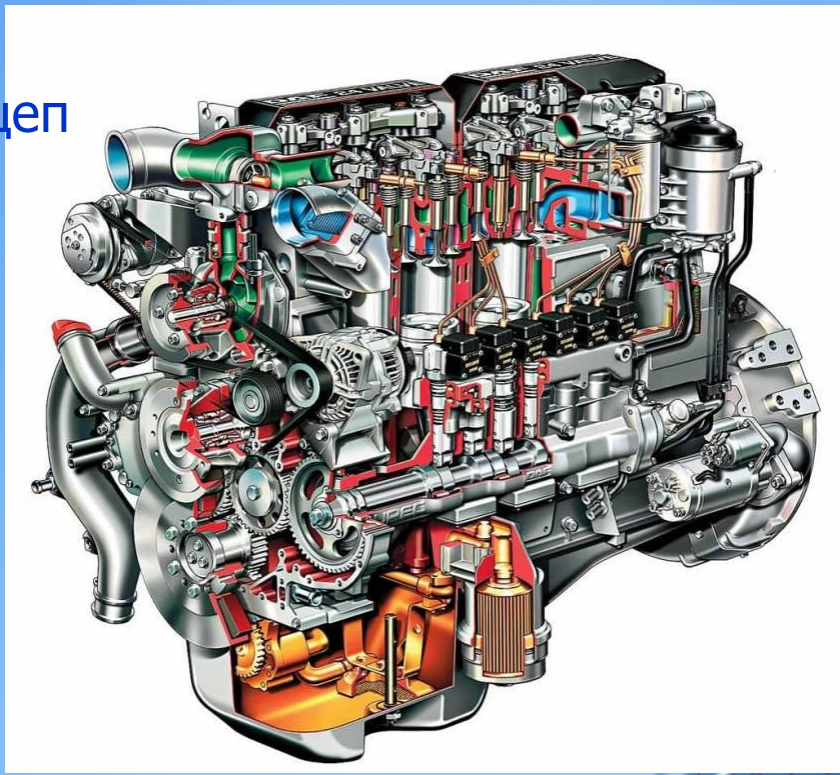
Автомобильный транспорт

По составу:

- одиночное транспортное средство
- автопоезд в составе:
  - автомобиль-прицеп
  - автомобиль-полуприцеп

По типу двигателя:

- бензиновые
- дизельные



Автомобильный транспорт

По грузоподъемности

- Особо малой грузоподъёмности — до 1 тонны
- Малой грузоподъёмности — 1—2 тонны
- Средней грузоподъёмности — 2—5 тонны
- Большой грузоподъёмности — свыше 5 тонн
- Особо большой грузоподъёмности — свыше предела, установленного дорожными габаритами и весовыми ограничениями

Автомобильный транспорт

В настоящее время все большее распространение получают обозначения, принятые в международных требованиях по безопасности (Правилах ЕЭК ООН), разрабатываемых Комитетом по внутреннему транспорту Европейской экономической комиссии ООН. В соответствии с вышеуказанными Правилами принята следующая международная классификация грузовых АТС.

Рыночная конкуренция создает условия для эффективного распределения ресурсов, что в нашем случае рассматривается как фактор повышения общественного благосостояния. Следующие условия необходимы для создания совершенной конкуренции:

- Наличие многих покупателей и продавцов на рынке

Не должно быть единственного субъекта экономической деятельности, доминирующего на рынке. Так, при наличии одного продавца (производителя) на рынке возникает монополистический эффект, при котором устанавливаемая цена на произведенный товар выше, чем оптимальная (цена, максимизирующая совокупный доход продавца и потребителя). Продажа товара по монопольной цене увеличивает доход производителя за счет потребителя. В то же время уже функционируют "рынки" вредных выбросов производственных предприятий.

Автомобильный транспорт

Категория АТС	Тип АТС	Полная масса, т	Примечания
1	2	3	4
N1	АТС с двигателем, предназначенные для перевозки грузов	До 3,5	Грузовые автомобили, специальные автомобили
N2		Свыше 3,5 до 12,0	Грузовые автомобили, автомобили-тягачи, специальные автомобили
N3	-»-	Свыше 12,0	-»-
01	АТС без водителя	До 0,75	Прицепы и полуприцепы
02	-»-	Свыше 0,75 до 3,5	-»-
03	-»-	Свыше 3,5 до 10,0	-»-
04	-»-	Свыше 10,0	-»-

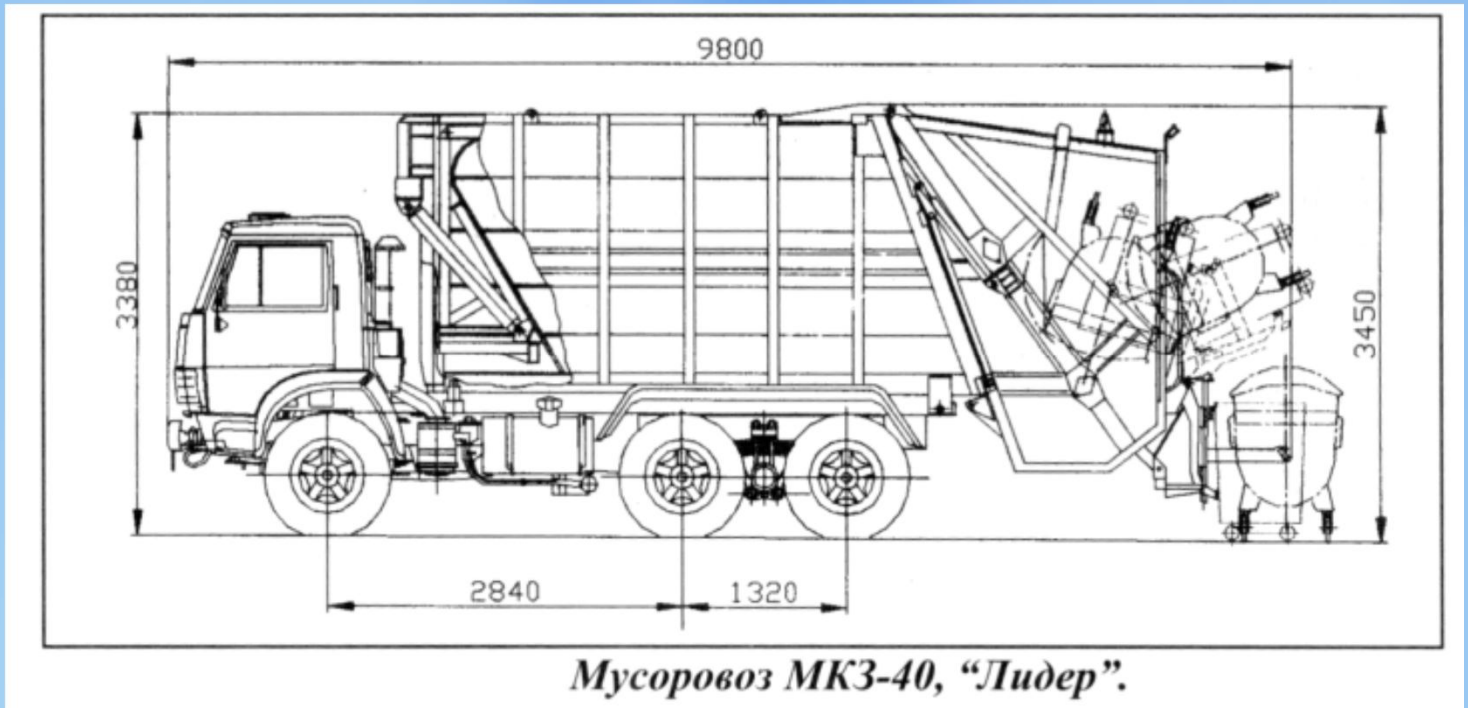
Автомобильный транспорт

Машины для вывоза ТБО различаются:

- назначением (машины для вывоза отходов из жилых, торговых и общественных зданий; машины для вывоза специальных отходов; машины для вывоза крупногабаритных отходов и т. д.);
- вместимостью кузова (мини-мусоровозы, вместимостью 5-10 $м^3$; средние, вместимостью 16-26 $м^3$; большегрузные транспортные мусоровозы, вместимостью до 100 $м^3$);
- механизмами загрузки отходов, в зависимости от типа и вместимости мусоросборника (стационарные стандартные контейнеры вместимостью 0,75 $м^3$, передвижные - вместимостью 0,3; 0,6; 0,8; 1,1 $м^3$);
- спецоборудованием для прессования отходов и характером процесса уплотнения отходов (непрерывный, циклический);
- системой выгрузки отходов из кузова - самосвальной или принудительной с помощью выталкивающей плиты.

Автомобильный транспорт

Мусоровозы с задней загрузкой. Мусоровоз МКЗ-40 "Лидер" (на шасси КамАЗ-53213, КамАЗ-53229) с системой уплотнения отходов снабжен универсальным захватом для передвижных контейнеров вместимостью 0,8 и 1,1 м^3 с поворотной крышкой. Угол поворота контейнера при разгрузке отходов - 60°.



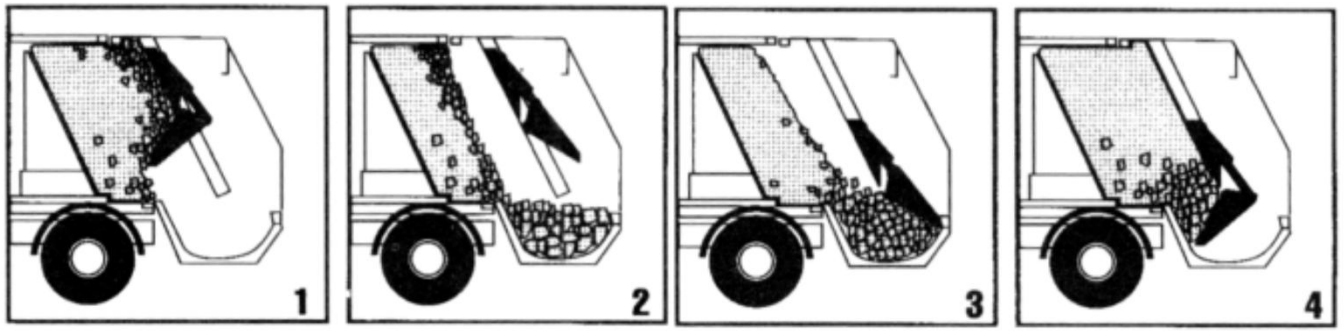
Мусоровоз МКЗ-40, "Лидер".

Автомобильный транспорт

МКЗ-40 "Лидер"

Автомобильный транспорт

Усовершенствованный загрузочно-уплотняющий механизм “ЭКО-ПРЕСС”, применяемый в конструкции мусоровозов МКЗ-25, МКЗ-35 и МКЗ-40, обеспечивает оптимальное уплотнение ТБО.



Усовершенствованный загрузочно-уплотняющий механизм “ЭКО-ПРЕСС”, применяемый в конструкции мусоровозов МКЗ-25, МКЗ-35 и МКЗ-40.

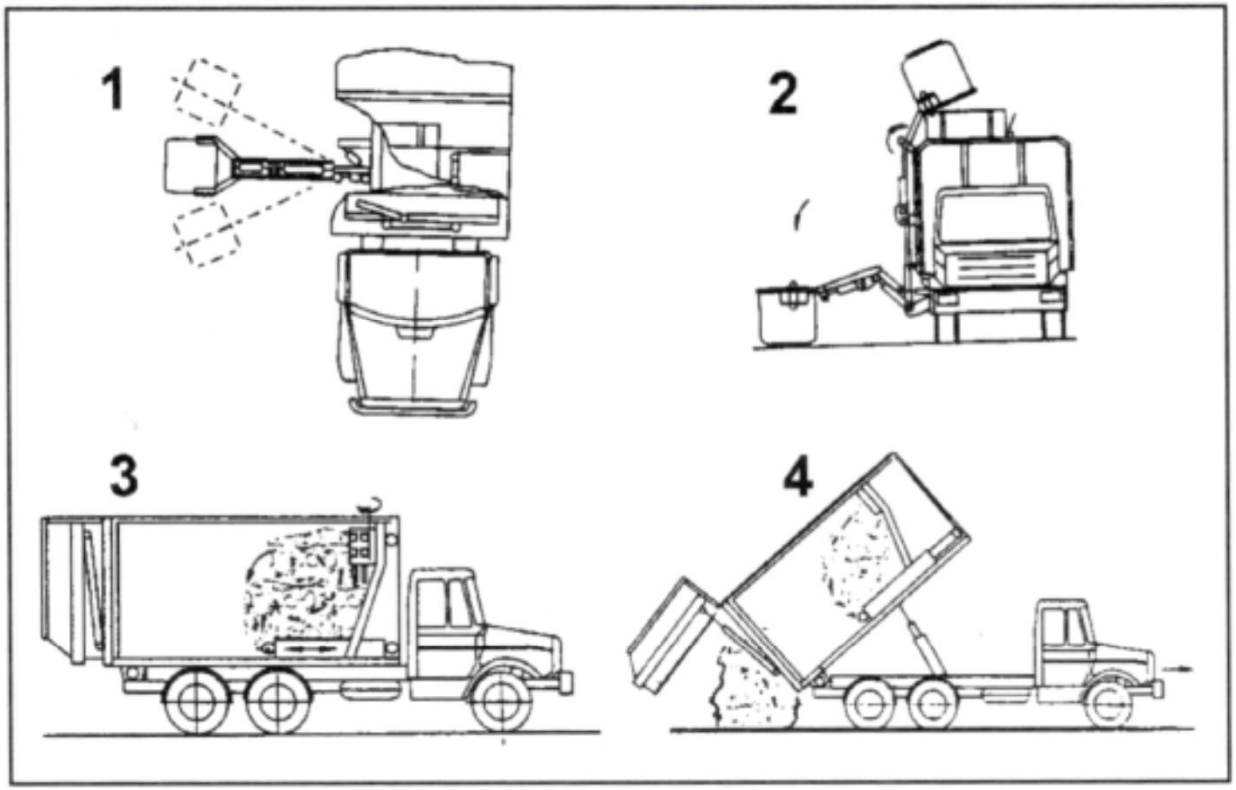
Электронное устройство позволяет работать в 3-х режимах: ручном, полуавтоматическом и автоматическом, имеет защиту от неправильного включения, при срабатывании которой выключается насос.

Автомобильный транспорт

Мусоровозы с боковой загрузкой. Ряд выпускаемых отечественной промышленностью мусоровозов снабжен манипулятором для обслуживания стационарных, стандартных контейнеров вместимостью 0,75 и 0,8 м^3.

Мусоровоз КО-449

Автомобильный транспорт



Последовательность технологических операций работы. мусоровоза КО-449. 1- захват контейнера; 2- загрузка ТБО в кузов; 3- возвратно поступательное движение плиты уплотнителя; 4- разгрузка ТБО.

Последовательность технологических операций работы мусоровоза КО-449

Автомобильный транспорт

Загрузка твердых бытовых отходов из контейнера в кузов производится при помощи манипулятора через люк в крыше кузова.

Манипулятор и пульт управления рабочими органами размещены с правой стороны машины. Манипулятором осуществляется захват, подъем, опрокидывание, вытряхивание и установка контейнера на место. Перемещение отходов по ширине кузова производится ворошителем. Уплотняет отходы толкающая плита, которая периодически перемещает его к заднему борту.

Отходы выгружаются из кузова толкающей плитой и опрокидыванием кузова. Опрокидывание кузова осуществляется двумя телескопическими гидроцилиндрами.

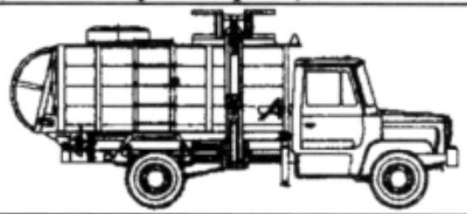
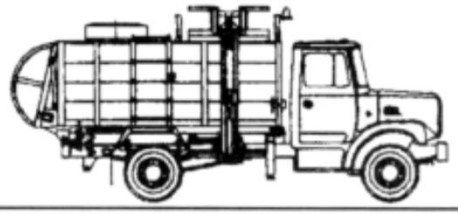
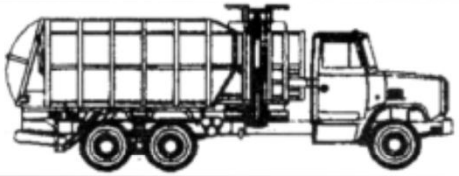
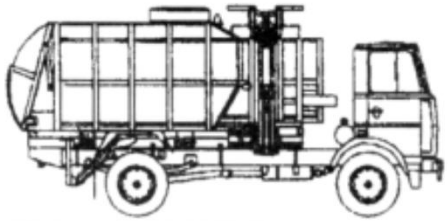
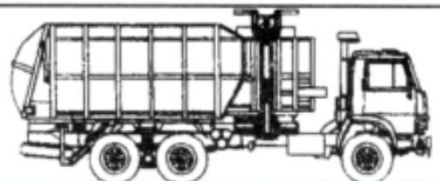
Автомобильный транспорт

Мусоровозы с задней загрузкой кузова МКГ и МКЗ предназначены для уборки отходов в бесконтейнерной системе сбора и вывоза.

Отходы загружаются в мусоровоз вручную или с помощью малогабаритного погрузчика, уплотняются в кузове, транспортируются в места обезвреживания и утилизации, где производится самосвальная разгрузка. Мусоровозы МКГ и МКЗ в наилучшей степени пригодны для работы в малых городах и поселках, и наиболее эффективны при суточном объеме вывоза от 40 до 50 $м^3$ ТБО. Небольшая погрузочная высота (0,8 м) от уровня земли делает удобной загрузку смета и мусора из прилотковой части дорог.

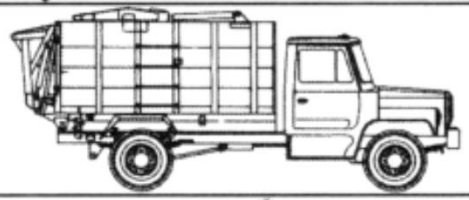
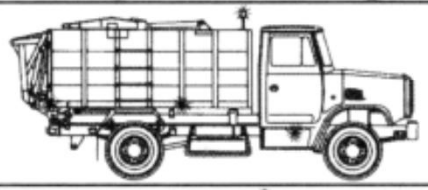
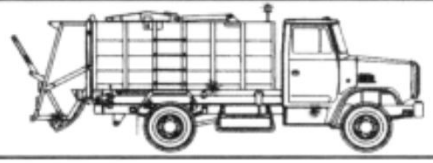
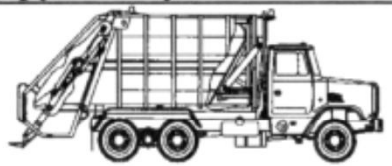
Автомобильный транспорт

Технические характеристики мусоровозов, выпускаемых ООО«ЭКОМТЕХ» г. Москва и ОАО Ряжский авторемонтный завод.

Модель	Базовое шасси	Объем кузова, $м^3$	Масса ТБО, кГ	Общий вид
1	2	3	4	5
Мусоровозы с верхней загрузкой кузова (с манипулятором)				
МКМ-111	ГАЗ-3307	8,6	2950	
МКМ-2	ЗИЛ-433362	10,0	4700	
МКМ-25	ЗИЛ-133Д4	18,0	8200	
МКМ-35	МАЗ-5337	18,0	7600	
МКМ-45	КамАЗ-53213	20,6	9000	

Автомобильный транспорт

Продолжение табл.

1	2	3	4	5
Мусоровозы с задней загрузкой кузова				
МКГ	ГАЗ-3307	8,6	3100	
МКЗ	ЗИЛ-433362	10,0	5200	
МКЗ-10	ЗИЛ-433362	10,0	4500	
Мусоровозы с задней механизированной загрузкой кузова				
МКЗ -25	ЗИЛ-133Д42	16,0	7500	
МКЗ -35	МАЗ-5337	16,0	7500	
МКЗ -40	КамАЗ-53215 (53229)	18,0	8050 (11000)	

Автомобильный транспорт

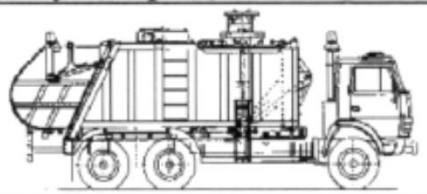
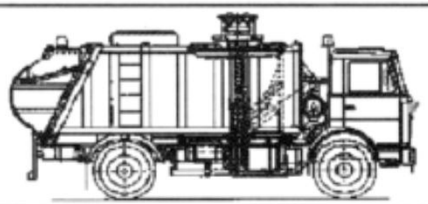
Мусоровоз МКМ-35

Автомобильный транспорт

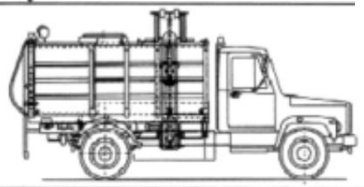
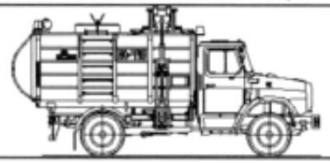
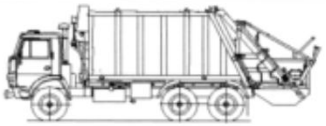
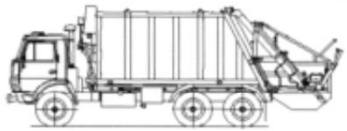
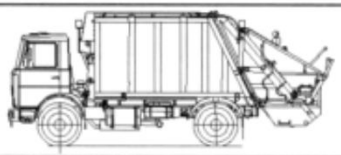
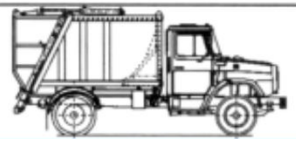
Мусоровоз МКЗ-35

Автомобильный транспорт

Технические характеристики мусоровозов, выпускаемых ОАО«КОММАШ»г. Мценск.

Модель	Базовое шасси	Объем кузова, $м^3$	Масса ТБО, кГ	Общий вид
1	2	3	4	5
Мусоровозы с боковой загрузкой (с манипулятором)				
КО-449	КамАЗ 53215	17,5	8895	
КО-449-31	МАЗ 5337	15,5	8550	

Автомобильный транспорт

1	2	3	4	5
Мусоровозы с задней загрузкой кузова				
КО-449-20	ГАЗ 33072 (ГАЗ 3307)	8	2910	
КО-449-10	ЗИЛ 494560 ЗИЛ 433362	10,0	4700	
КО-427-02	КамАЗ 53215	16	8000	
КО-427-03	КамАЗ	18	10800	
КО-427-32	МАЗ 5337	16	6935	
КО-442	ЗИЛ 5301 БО	4,4	2200	
КО-442-01	ЗИЛ 5301 БО	4,8	2500	
Мусоровоз с ручной задней загрузкой				
КО-455	ЗИЛ 494560 ЗИЛ 433362	7,5	4500	

Автомобильный транспорт

Мусоровозы с задней загрузкой кузова КО-427 предназначены для использования в коммунальном хозяйстве городов и поселков городского типа для механизированного и ручного сбора твердых бытовых отходов, их уплотнения, транспортирования и механизированной разгрузки в местах утилизации.

Мусоровоз КО-427

Автомобильный транспорт

Малотоннажный мусоровоз КМ-10001 на шасси ЗИЛ 5301БО (“БЫЧОК”)

Малотоннажный мусоровоз (таблица 4.14) применяют при сборе ТБО в стесненных городских условиях. Загрузочное устройство мусоровоза - универсальное.

Предусмотрена боковая загрузка ТБО из металлических контейнеров объемом 0,8 и 1,1 $м^3$ и пластиковых контейнеров, объемом 0,12 и 0,24 $м^3$.

Конструктивные особенности мусоровоза позволяют использовать его при применении прогрессивной технологической схемы сбора ТБО с перегрузкой в большегрузный мусоровоз типа БМ-53229.

Автомобильный транспорт

Основные технические характеристики малотоннажного мусоровоза КМ-10001 на шасси ЗИЛ 5301БО.

Показатель	Величина
Вместимость кузова, $м^3$	5,9
Масса загружаемых ТБО, не менее, т	2,0
Коэффициент уплотнения, не менее	2,1
Масса шасси, кГ	2955
Максимальная масса спецоборудования, кГ	2085
Максимальная масса снаряженного мусоровоза, кГ	5040
Полная масса мусоровоза, кГ	6950
Распределение полной массы по осям, кГ на переднюю ось на заднюю ось	 2350 4600
Длина машины, мм	6400
Ширина машины, мм	2290
Высота с поднятым задним бортом при разгрузке, мм	2540
Грузоподъемность манипулятора контейнеров, кГ	500
Продолжительность загрузки одного контейнера, с	80
Продолжительность разгрузки мусоровоза, с	190

Автомобильный транспорт

Малотоннажный мусоровоз КМ-10001 на шасси ЗИЛ 5301БО (“БЫЧОК”)

Автомобильный транспорт

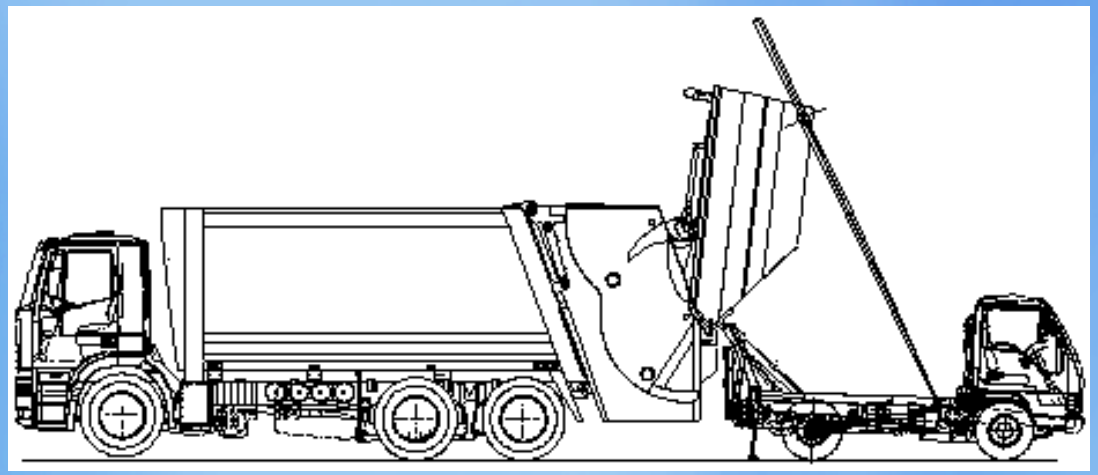
Малотоннажный перегружаемый мусоровоз Farid Micro S с задней загрузкой спроектирован для механизированного и ручного сбора твердых бытовых отходов в стесненных городских условиях, их уплотнения, транспортирования и механизированной разгрузки в местах утилизации.

Оборудование монтируется на отечественное и импортное шасси полной массой от 3,5 до 6 тонн.

Автомобильный транспорт

Малотоннажный перегружаемый мусоровоз Farid Micro S на базе грузовика ISUZU

Автомобильный транспорт



Малотоннажный перегружаемый мусоровоз Farid Micro S на базе грузовика ISUZU Относится к классу перегружаемых мусоровозов – задняя часть спроектирована таким образом, чтобы обеспечивалась возможность перегрузки отходов в другой мусоровоз.

Автомобильный транспорт

Мусоровоз COS.ECO K2A

Автомобильный транспорт

Мусоровоз COS.ECO K2A

Автомобильный транспорт

За рубежом рядом известных фирм выпускаются мусоровозы, отличающиеся большим диапазоном вместимости кузова, разнообразием погрузочных и уплотняющих устройств.

В Германии эксплуатируются мусоровозы фирм “Faun”, “Haller”, “Schoerling” и др., в Австрии - фирмы "MUT", в Швеции - фирмы "Norba".

Мусоровозы могут обслуживать мусоросборники различной вместимости (80, 120, 240 л) и контейнеры вместимостью до 5,0 $м^3$.

Последние годы в Москве эксплуатируются свыше 300 мусоровозов с кузовом фирмы "Faun" на шасси КамАЗ и МАЗ.

Автомобильный транспорт

Мусоровоз "Norba"

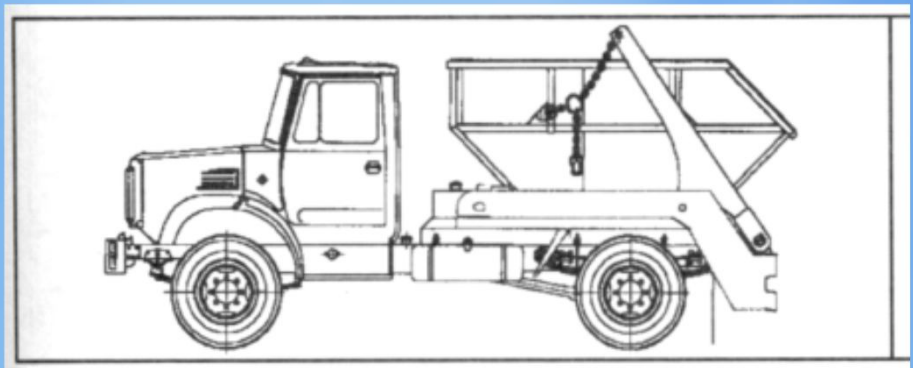
Автомобильный транспорт

К достоинству этих мусоровозов относится универсальность (они могут принимать крупногабаритные отходы, отходы из мусоросборников вместимостью 0,8 и 1,1 м^3), а также контейнеры вместимостью до 5,0 м^3.

Мусоровоз “Faun”

Автомобильный транспорт

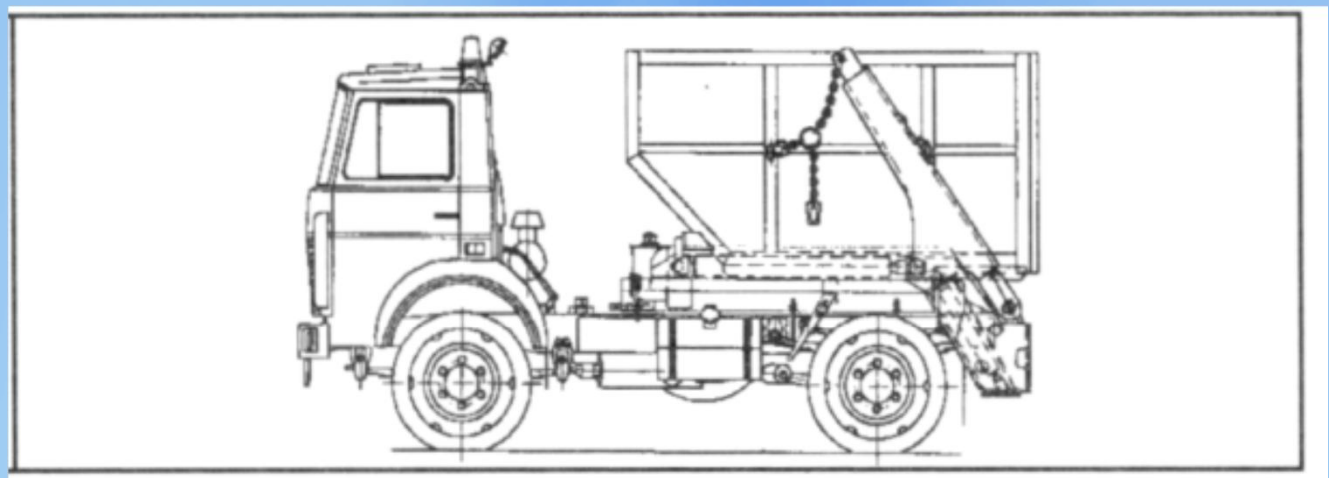
Для вывоза крупногабаритных отходов применяются специальные машины со съемным бункером. Например бункеровоз КМ-42001, изготавливаемый НПК “КОММАШ”. Специальное оборудование позволяет применять его с различными типами шасси.



Бункеровоз КМ-42001.

Автомобильный транспорт

Модель КМ-43002 оснащена телескопическими стрелами, что позволяет поднимать бункера с отметок ниже нулевой, с возможностью самосвальной выгрузки бункеров, установки бункеров на платформы, пандусы



Бункеровоз КМ-43002 с телескопическими стрелами.

Автомобильный транспорт

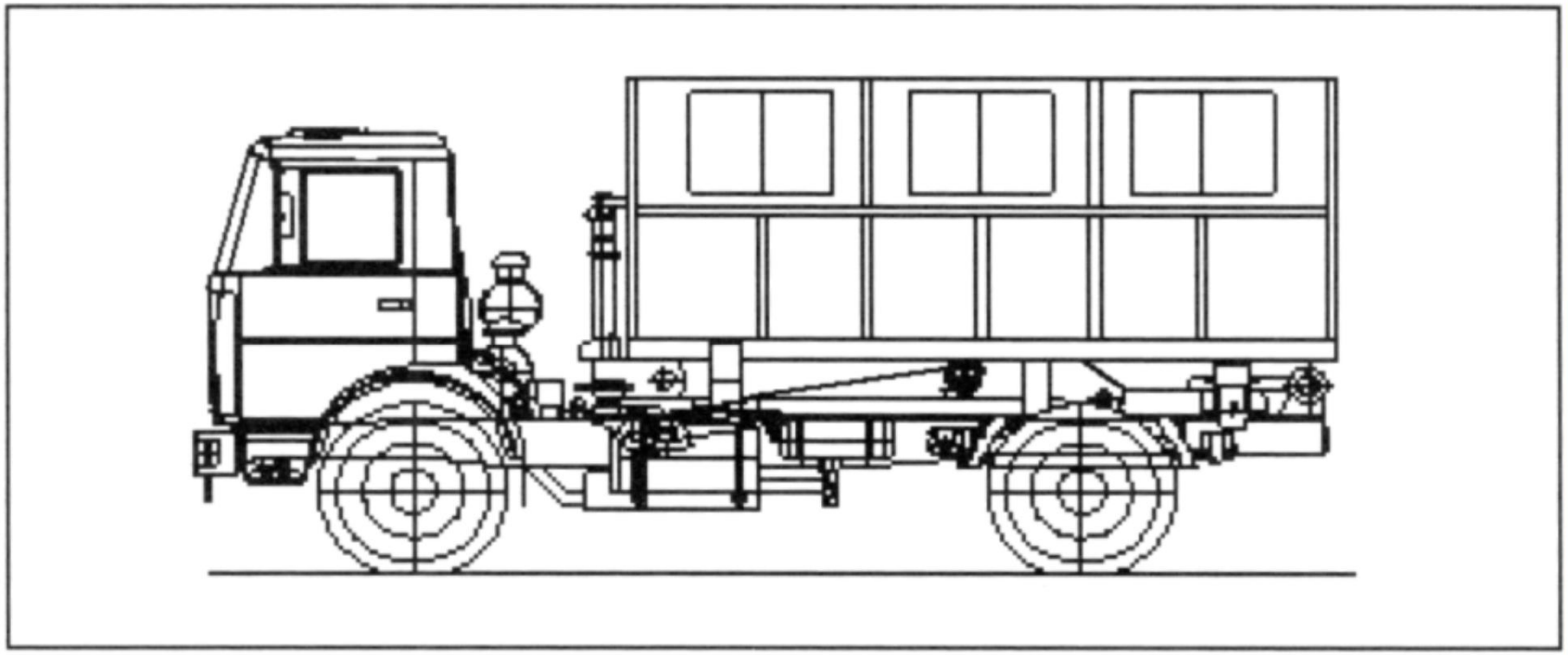
Бункеровоз АС-4S на шасси Mitsubishi FUSO Canter

Автомобильный транспорт

Система "Мультилифт" имеет следующие преимущества:

- одним автомобильным шасси можно вывозить различного рода отходы путем смены кузова;
- время простоя автомобиля уменьшается, благодаря чему эксплуатационные затраты снижаются;
- операции погрузки, перевозки, разгрузки полностью механизируются и выполняются водителем не выходя из кабины.

Автомобильный транспорт



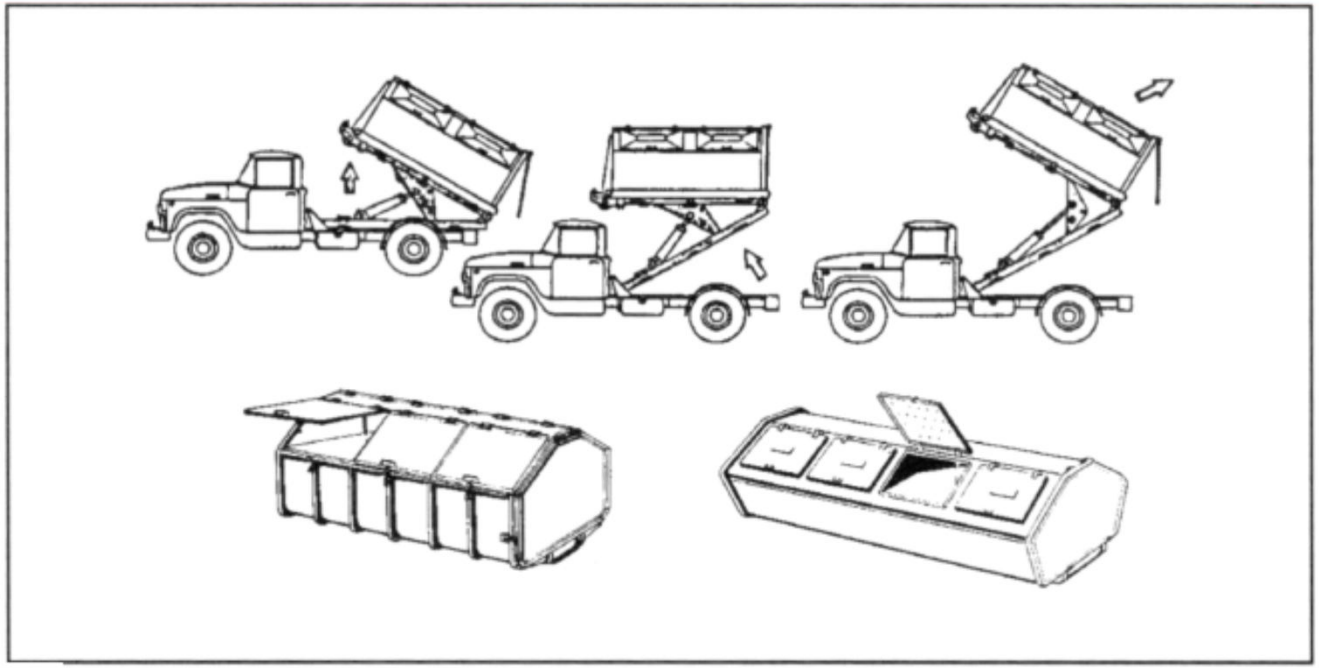
Машина системы «Мультилифт» КО-452.

Мультилифт КО-452 транспортирует контейнеры для сбора отходов, вместимостью 17-19 м^3.

Автомобильный транспорт

Мультилифт КО-452 на базе МАЗ

Автомобильный транспорт



Машина со сменными контейнерами ЗИЛ-МСК-Т, большегрузные сменные контейнеры различного назначения.

Машина ЗИЛ-МСК-Т, предназначенная для механизированной погрузки контейнера вместимостью до 27 $м^3$ с грузом различного назначения, транспортирования контейнера к месту назначения груза, самосвальной выгрузки контейнера, механизированного опускания контейнера на землю.

Автомобильный транспорт

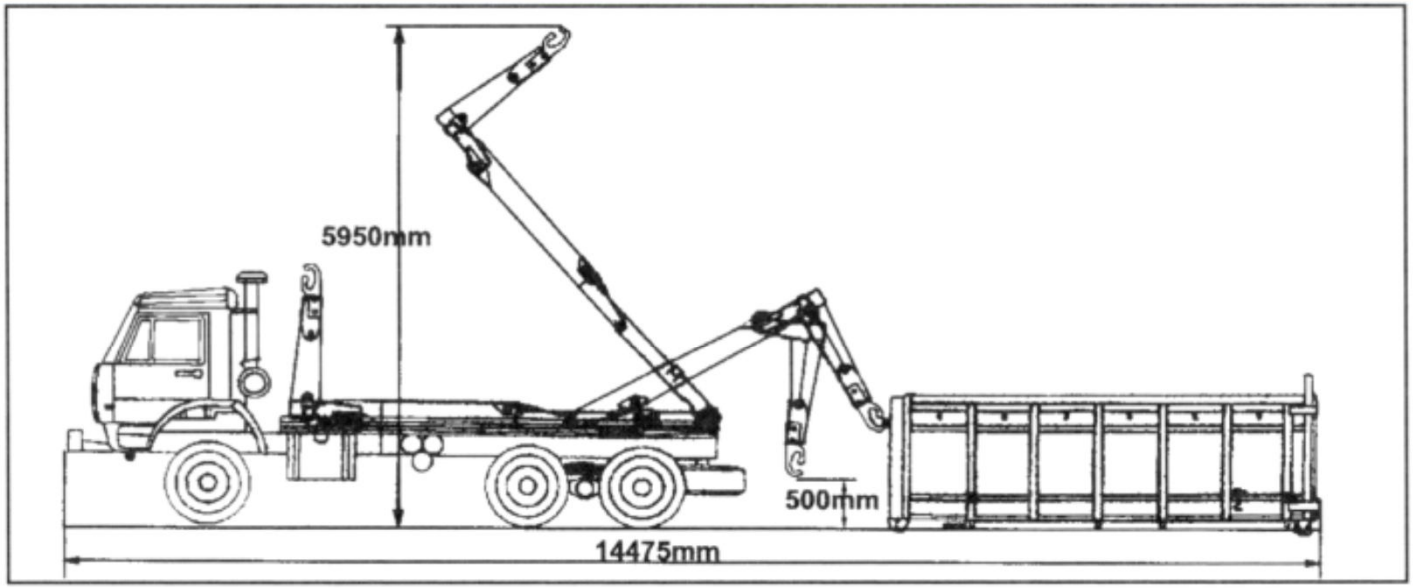
ЗИЛ-МСК-Т

Автомобильный транспорт

Аналог МСК-Т на базе ISUZU

Автомобильный транспорт

Следует отметить, что на автомобиле, оборудованном системой Мультилифт могут перевозиться кузова различного назначения (бункер, платформа, бытовка, цистерна и др.). Использование этой системы позволяет значительно сократить простои машины, т.к. грузы в кузов загружаются при отсутствии автомобиля.



Машина Мультилифт с крюковым механизмом, выпускаемая Машиностроительным заводом опытных конструкций.

Автомобильный транспорт

Крюковые мультилифты

Автомобильный транспорт

Жилищные организации обеспечивают мойку и дезинфекцию контейнеров (сборников) в соответствии с требованиями СЭН, причем периодичность санитарной обработки сборников:

- для северной (летний период) и средней зон - один раз в 15 дней;
- для южной зоны - один раз в 10 дней.

В случае обострения эпидемической обстановки контейнеры для ТБО должны не только тщательно промываться, но и дезинфицироваться. В 80-е годы Арзамасский завод коммунальных машин выпускал отечественные машины для мойки контейнеров. В настоящее время производство отечественных машин для мойки контейнеров прекращено. Мусороперерабатывающие предприятия оснащались стационарными установками для мойки мусоровозов и контейнеров.

Автомобильный транспорт

Машину ТГ-100 А, предназначенна для мойки различных типов контейнеров

Автомобильный транспорт

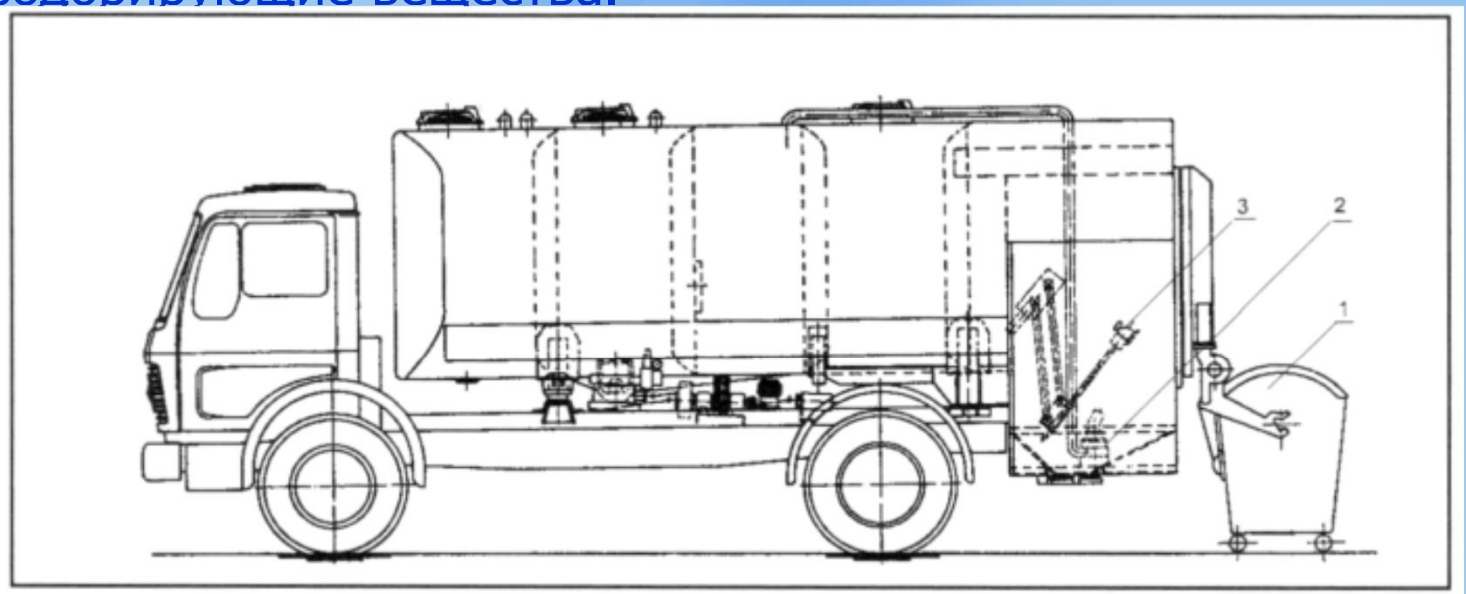
Специальное оборудование машины ТГ-100А включает:

- моечную камеру;
- баки для чистой и отработанной воды;
- комплект моечных головок для подачи воды под давлением при мойке на внутреннюю и внешнюю поверхности мусоросборочного контейнера;
- сточный бак для сбора отработанной воды из моечной камеры;
- насосные установки для подачи воды под давлением из бака с чистой водой в м о-ечные головки моечной камеры и удаления отработанной воды из моечной камеры;
- манипулятор с захватом для подъема, опрокидывания и введения контейнера в зону действия моечных головок моечной камеры.

Мойка контейнера производится холодной водой при больших давлениях и при плюсовой температуре окружающей среды.

Автомобильный транспорт

В России так же используется машина для мойки контейнеров фирмы HALLER (Германия). Машина оборудована резервуарами чистой и отработанной воды емкостью по 7000 л. Вода под высоким давлением поступает в 4 реактивных сопла, вращающихся внутри контейнера. В случае необходимости в контейнер могут быть добавлены дезинфицирующие или дезодорирующие вещества.



Машина для мойки контейнеров фирмы HALLER.
1 - Контейнер. 2 - Отстойник грязной воды. 3 - Моечные сопла.

Автомобильный транспорт

Итальянской фирмой CRISTANINI на шасси IVECO выпускается ряд машин EUROSANIMATIC для мойки контейнеров. В этих машинах мойка осуществляется горячей водой без применения дезинфицирующих средств.

Железнодорожный транспорт

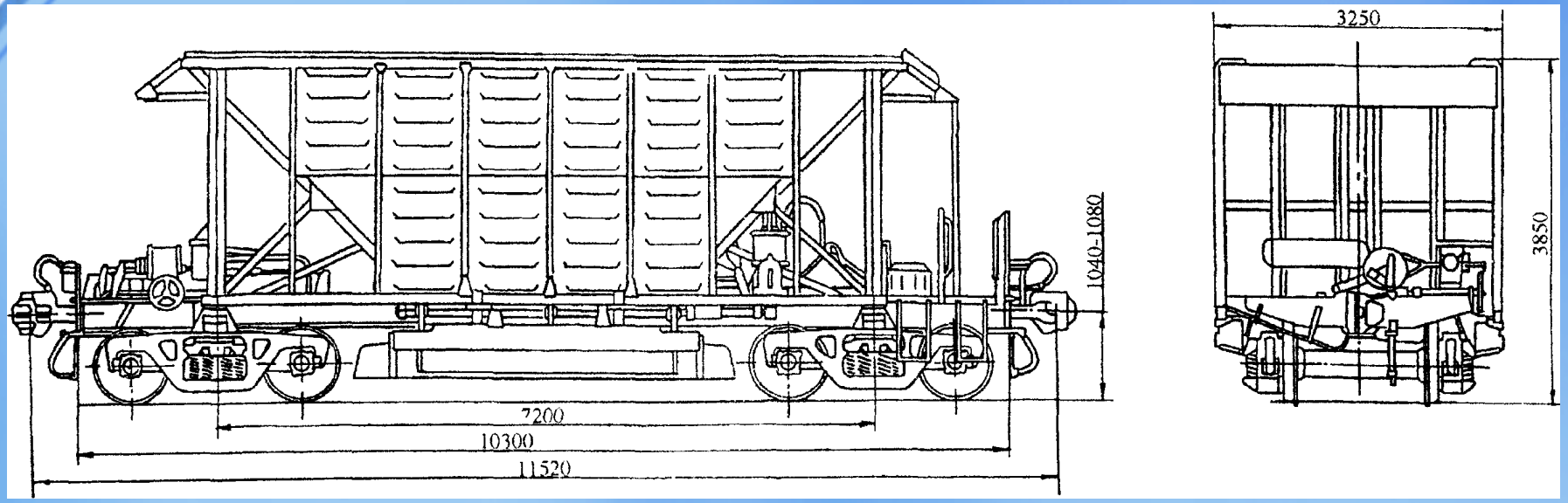
Перевозка отходов возможна и железнодорожным транспортом. Данный вид транспортировки используется при необходимости перевозки большого объема отходов на дальние расстояния. Для перевозки используются стандартные вагоны.

Железнодорожный транспорт

Хо́ппер (англ. hopper — буквально: прыгун, от англ. hop — прыгать, подпрыгивать) — саморазгружающийся бункерный грузовой вагон для перевозки массовых сыпучих грузов. Кузов имеет форму воронки, в нижней части расположены люки (по-английски — «хопперы»), через которые груз высыпается при разгрузке под действием силы тяжести, что способствует быстрой разгрузке.

Используется для перевозку сухих сыпучих отходов.

Железнодорожный транспорт



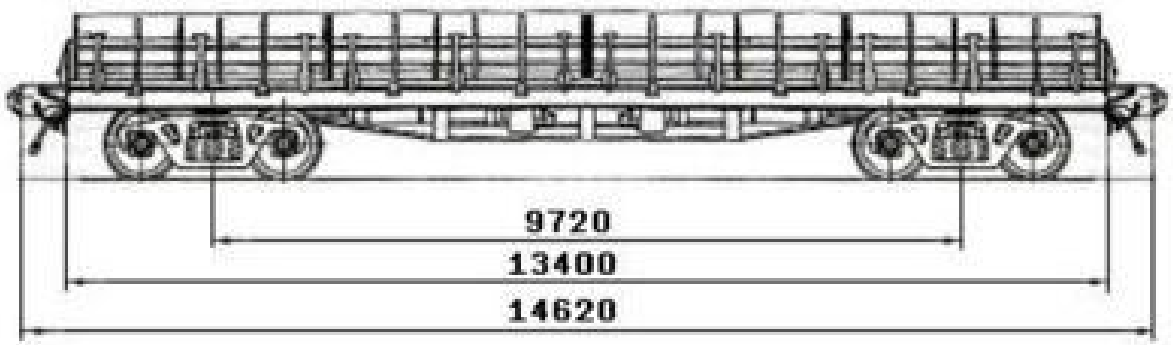
4-осный хоппер-дозатор, модель 55-76

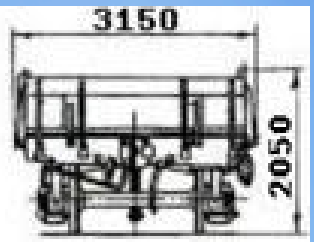
Железнодорожный транспорт

Платформа (фр. plateforme от plat — плоский + forme — форма) — грузовой вагон открытого типа, предназначенный для перевозки длинномерных, штучных грузов, контейнеров и оборудования, не требующих защиты от атмосферных воздействий.

Для перевозки крупногабаритных отходов в основном используются Универсальные платформы, они имеют мощную стальную сварную раму с деревянным или дерево-металлическим настилом пола и металлическими откидными боковыми и торцевыми бортами. Настил пола платформы подкреплён дополнительными балками рамы. Торцевые борта в открытом положении служат переездными мостками для погрузки колёсной техники самоходом. На платформе допускается перевозка как распределённых, так и сосредоточенных в средней части.

Железнодорожный транспорт





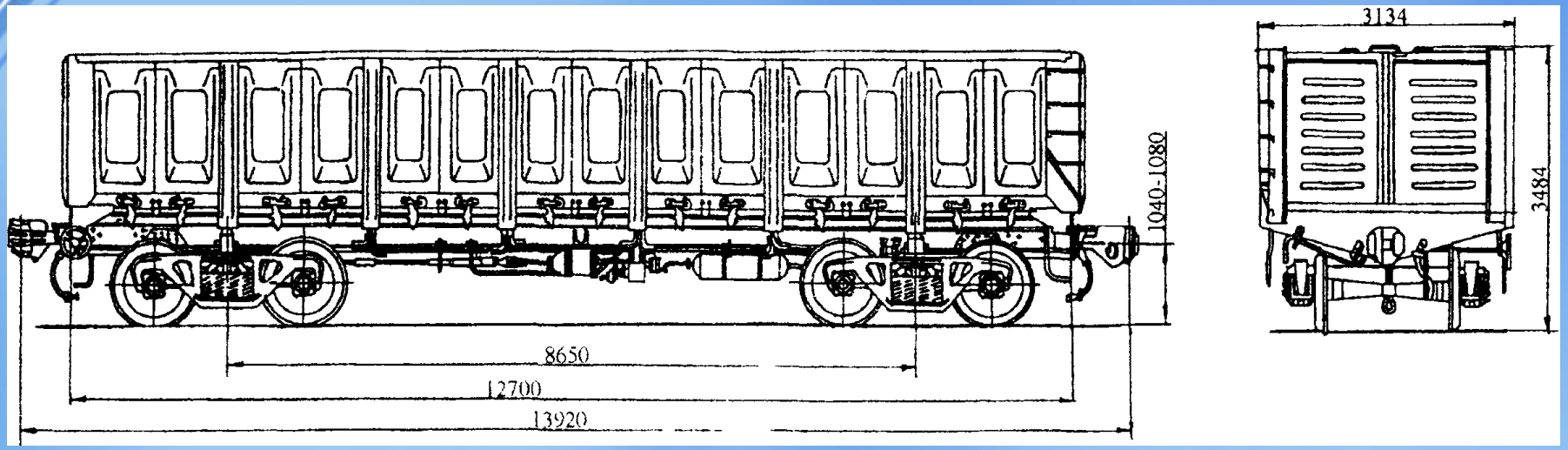
Модель 13-4012 (4-осная платформа с наращенными бортами)

Железнодорожный транспорт

Полувагон — железнодорожный грузовой открытый без крыши вагон с высокими бортами, предназначенный для перевозки навалочных грузов (руда, уголь, флюсы, лесоматериалы и т. п.), контейнеров, прочих грузов, не требующих защиты от атмосферных осадков.

Используются для перевозки разных видов отходов.

Железнодорожный транспорт



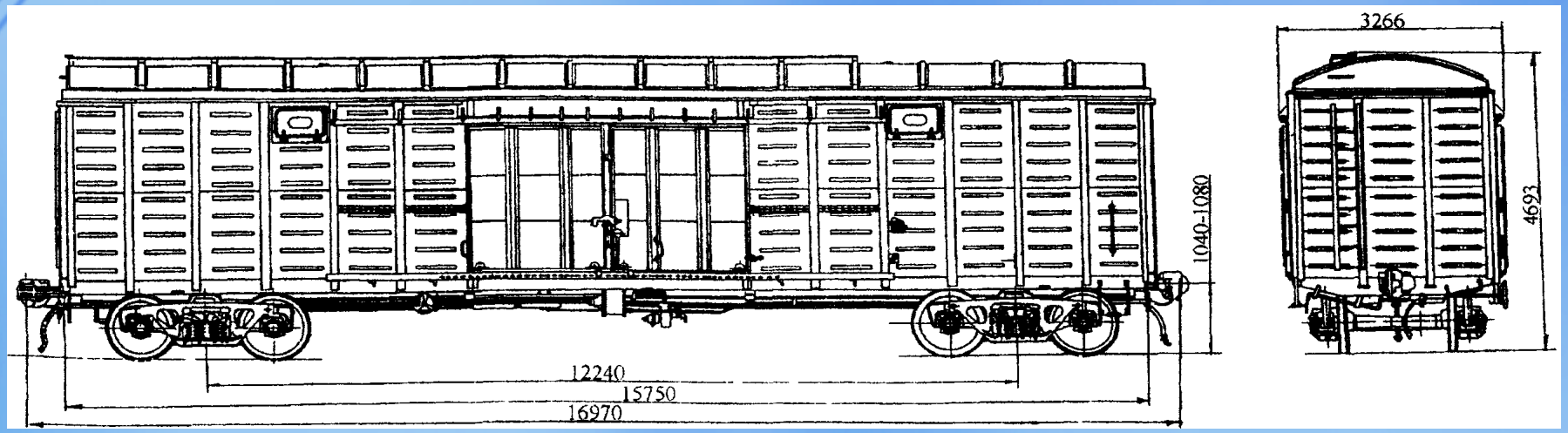
4-осный цельнометаллический полувагон, модель 12-532

Железнодорожный транспорт

Крытый вагон — тип грузового вагона, закрытый со всех сторон. Предназначен для обеспечения сохранности перевозимого груза в неблагоприятных метеоусловиях, защиты от кражи и механических повреждений.

Используются для перевозки разных видов отходов.

Железнодорожный транспорт



Четырехосный крытый вагон, модель 11-280

Водный транспорт

Во́дный тра́нспорт — вид транспорта, перевозящего грузы и/или пассажиров по водным путям сообщения, как естественным (океаны, моря, реки, озера), так и искусственным (каналы, водохранилища). Основным транспортным средством является судно.

По типу используемых акваторий подразделяется на:

- Речной транспорт (перевозки по озёрам обычно относят к речному транспорту (за исключением самых крупных озёр — таких, как Каспийское море);
- Морской транспорт.

Водный транспорт

Ба́ржа — плоскодонное судно, оснащённое или не оснащённое двигателем, которое используется для перевозки грузов по воде. Для внутренних речных перевозок используют баржи грузоподъёмностью до 9,2 тысяч тонн, для морских перевозок — баржи грузоподъёмностью до 16,5 тысяч тонн. Баржи объединяют в составы объёмом до 40 тысяч кубометров.

Водный транспорт

Сочлененные баржи транспортируют груз

Водный транспорт

Сухогруз или сухогрузное судно — грузовое судно речного или морского базирования, приспособленное для перевозки различных сухих грузов, например, сыпучих грузов, зерна, леса, щепы, минеральных удобрений, специальных контейнеров международного стандарта и других грузов. Часто оснащается двойным дном и бортами для повышения безопасности плавания.

Водный транспорт

По типу перевозимых грузов различаются следующие виды сухогрузов:

- Балкер, или навалочник — специализированное судно для перевозки грузов насыпью и навалом, таких как зерно, уголь, руда, цемент и других сыпучих грузов.
- Контейнеровоз — судно для перевозки грузов в однотипных контейнерах.
- Лесовоз — судно для перевозки леса.
- Ролкер — судно для перевозки грузов на колесной базе: автомобили, грузовой транспорт, железнодорожные вагоны.

Существуют и другие типы сухогрузов, а также комбинированные и универсальные сухогрузые суда, способные перевозить грузы нескольких видов.

Водный транспорт

Наливное судно (танкер) - грузовое судно для перевозки наливом жидких грузов.

Малый танкер

Водный транспорт

Специальные суда для перевозки отходов.

Судно для перевозки ОЯТ Россита

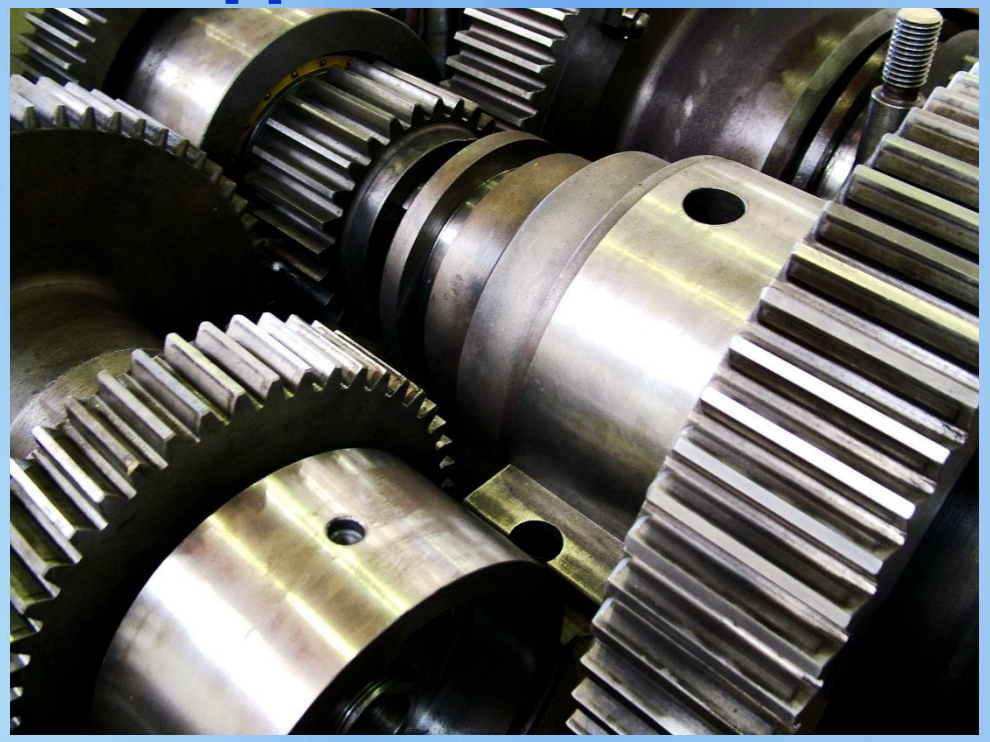
Водный транспорт

Специальные суда для перевозки отходов.

Судно для перевозки SIGRID

ЛЕКЦИЯ 4

«ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ОТХОДОВ: ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ И РАЗДЕЛЕНИЕ ОТХОДОВ ПО КРУПНОСТИ»



Технология переработки отходов базируется на:

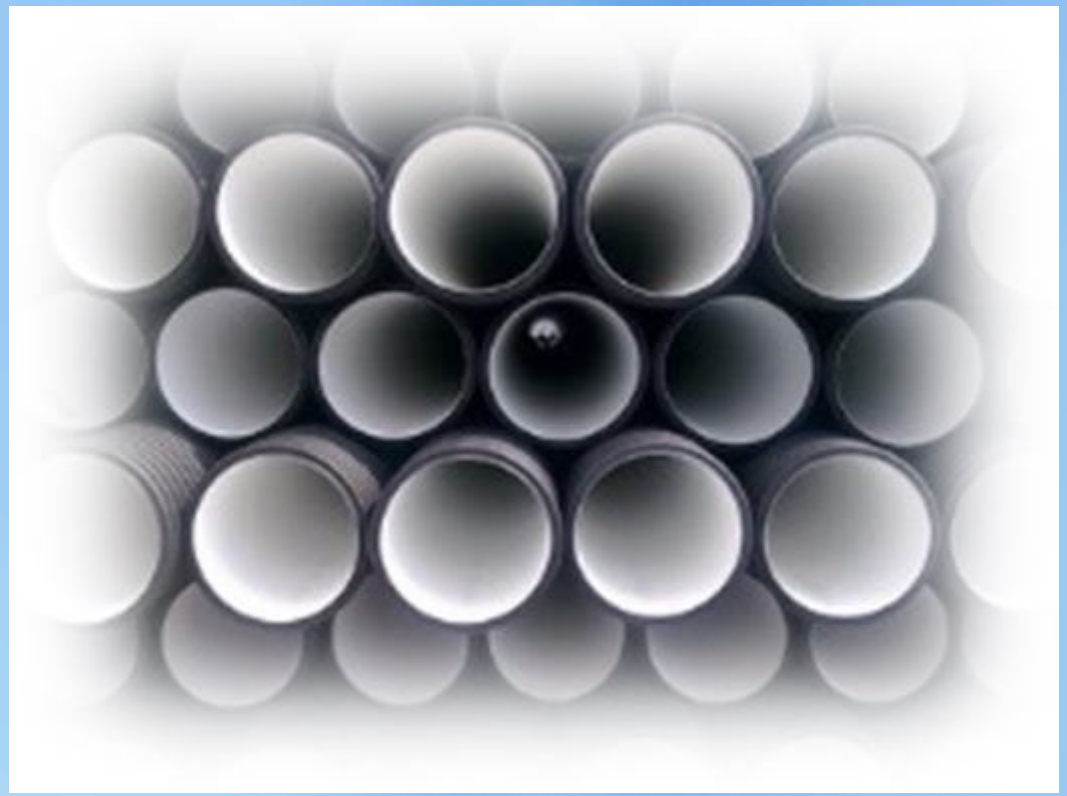
- механических,
- гидродинамических,
- тепловых,
- диффузионных,
- химических,
- биохимических процессах.

В реальной технологии утилизации отходов сочетаются различные способы воздействия на них.

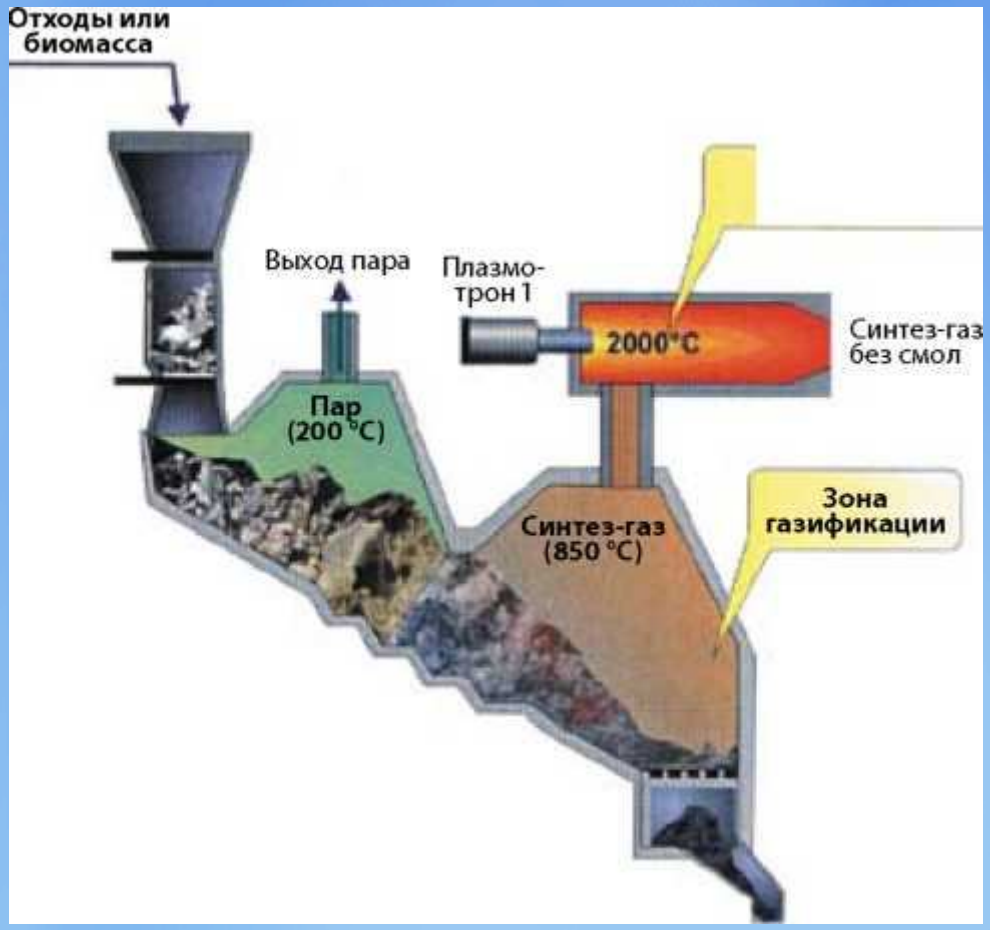
Механические методы широко применяются при подготовке отходов:

- измельчении,
- агрегировании,
- сепарации и т.д.

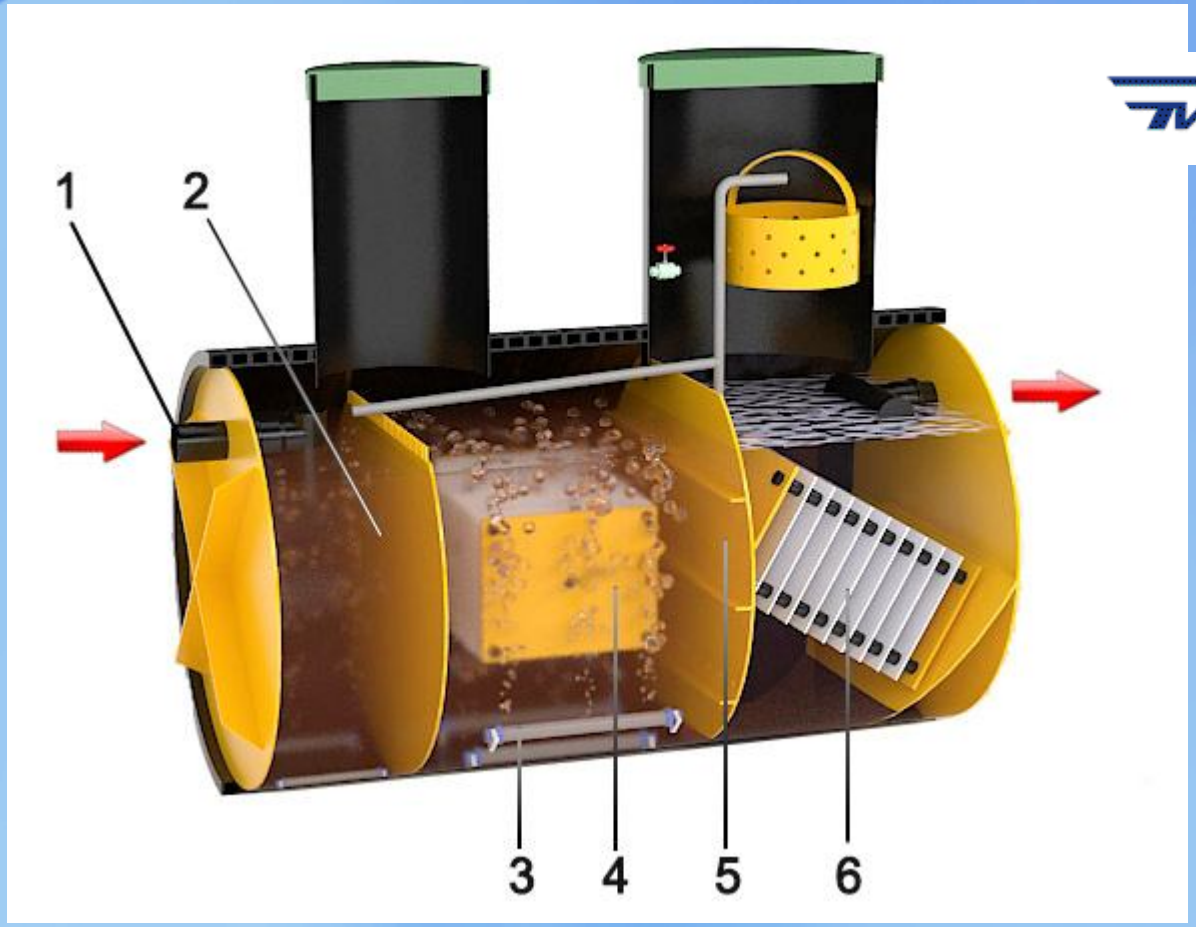
Гидродинамические методы используют для разделения смесей отходов и перемещения их в различных аппаратах. Эти методы часто сочетаются с тепловыми, механическими и физико-химическими процессами.



Тепловые процессы являются неотъемлемой частью многих способов переработки отходов и используются при их сжигании и пиролизе, а также при различных процессах, в результате которых имеет место выделение и утилизация тепла или необходимость охлаждения отходов и продуктов их переработки.



Диффузионные процессы лежат в основе таких способов утилизации отходов, при которых осуществляется перенос массы вещества путем дистилляции, сорбции, сушки, кристаллизации и других процессов. Они, как правило, сочетаются с тепловыми и механическими, а иногда и с химическими процессами.



Химические методы обработки используют при окислении и восстановлении отходов, переводе материала из одного физического состояния в другое, для изменения каких-либо характеристик веществ и т.д. Они сочетаются с тепловыми, гидродинамическими, диффузионными и механическими процессами.

Биохимические методы применяют для утилизации отходов с помощью микроорганизмов. Это наиболее сложные процессы, и при их реализации используются и другие рассмотренные выше способы обработки отходов. Они сочетаются с химическими, тепловыми, гидродинамическими и механическими процессами.

Утилизация твердых отходов в большинстве случаев связана с необходимостью либо их разделения на компоненты (в процессе очистки, обогащения, извлечения ценных составляющих) с последующей переработкой сепарированных материалов различными методами, либо придания им определенного вида, обеспечивающего саму возможность утилизации отходов.

Главными физическими свойствами, по различию в которых могут рассортировываться твердые отходы, являются:

- плотность,
- цвет,
- блеск,
- размер,
- форма,
- вязкость,
- хрупкость,
- поверхностные оптические характеристики,
- магнитная восприимчивость,
- жаропрочность,
- некоторые другие.

Наиболее распространенные методы подготовки твердых отходов к переработке

Измельчение и разделение отходов по крупности

Дробление отходов. Интенсивность и эффективность большинства химических, физико-химических и биохимических процессов возрастает с уменьшением размеров кусков (зерен) перерабатываемых материалов. Поэтому переработка твердых отходов обычно начинается с уменьшения размеров их кусков. Дробление в сочетании с сортировкой имеет важное значение при переработке твердых отходов.

Основными технологическими показателями процесса являются степень дробления и энергоемкость.

Измельчение и разделение отходов по крупности

Степень дробления i определяется отношением размеров кусков до измельчения к размерам кусков раздробленного материала:

$$i = {D_{max}}/{d_{max}} = {D_{ср}}/{d_{ср}}$$

где D_{max} и d_{max} - диаметр максимального куска материала соответственно до и после дробления; $D_{ср}$ и $d_{ср}$ – средневзвешенный диаметр кусков соответственно исходного материала и продукта дробления.

В зависимости от размеров кусков отходов различают крупное, среднее и мелкое дробление, характеризующиеся следующими размерами кусков, мм:

	Крупное	Среднее	Мелкое
D_{max}	1200 – 350	350 – 100	100 – 40
d_{max}	350 – 100	100 – 40	30 – 5

Измельчение и разделение отходов по крупности

Степень дробления в зависимости от стадии составляет 5 - 1 О.

Удельные затраты электроэнергии (кВт*ч на 1 т перерабатываемого материала) определяют энергоемкость дробления Е:

$$E = {}^{N}/_{Q}$$

где N - мощность, потребляемая двигателем дробилки, кВт; Q - производительность дробилки, т/ч.

Энергоемкость процесса зависит от необходимой степени дробления и физико-механических свойств измельчаемых отходов.

Измельчение и разделение отходов по крупности

Технические характеристики щековых дробилок

Показатели	ЩДП-9×12 (СМД-111А)	ЩДП-12×15 (СМД-118А)	ЩДП-15×21 (СМД-117А)	ЩДП-21×25 (СМД-156)	ЩДС-П-1,6×2,5 (СМД-115)	ЩДС-П-2,5×4 (СМД-116)	ЩДС-I-2,5×9 (СМД-108А)	ЩДС-I-4×9 (СМД-109А)	ЩДС-П-6×9 (СМД-110А)
Размеры приемного отверстия, мм:									
ширина	900	1200	1500	2100	160	250	250	400	600
длина	1200	1500	2100	2500	250	400	900	900	900
Производительность при номинальной ширине выходной щели, $м^3/ч$	180	310	600	800	3,0	7,8	22	35	75
Наибольший размер куска материала, мм	750	1000	1300	1700	140	210	210	340	500
Номинальная ширина выходной щели, мм	130	155	180	250	30	40	40	60	100
Максимальный диапазон изменения выходной щели, мм	±35	±60	±70	±80	±15	±20	+20 -15	+30 -20	+30 -25
Мощность электродвигателя, кВт	90	160	250	400	7,5	17	45	45	75
Частота вращения эксцентрикового вала, $с^{-1}$	3,33	2,83	2,33	2,0	5,33	5,0	4,83	4,83	4,58
Размеры, м:									
длина	5,3	6,4	7,5	10,6	0,88	1,33	2,3	2,5	3,0
ширина	6,0	6,8	5,1	8,2	1,07	1,25	2,4	2,4	2,5
высота	4,0	5,0	5,12	8,0	1,085	1,435	1,9	2,2	2,6
Масса без электродвигателя, т	56,5	115,7	207,6	550,0	1,37	2,56	8,40	10,85	19,40

Измельчение и разделение отходов по крупности

Различают следующие виды оборудования для измельчения:

- измельчители раскалывающего и разламывающего действия - щековые, конусные, зубавалковые и другие дробилки;
- измельчители раздавливающего действия – гладковалковые дробилки, ролика-кольцевые, вертикальные, горизонтальные и другие мельницы;
- измельчители истирающе-раздавливающего действия - бегуны, катково-тарельчатые, шара-кольцевые, бисерные и другие мельницы;
- измельчители ударного действия - молотковые измельчители, бильные, шахтные мельницы, дезинтеграторы, центробежные, барабанные и газаструйные мельницы;
- ударно-истирающие и колющие измельчители - вибрационные, планетарные, виброкавитационные и прочие мельницы, реактроны;
- прочие измельчители (пуансоны, пилы и т.д.).

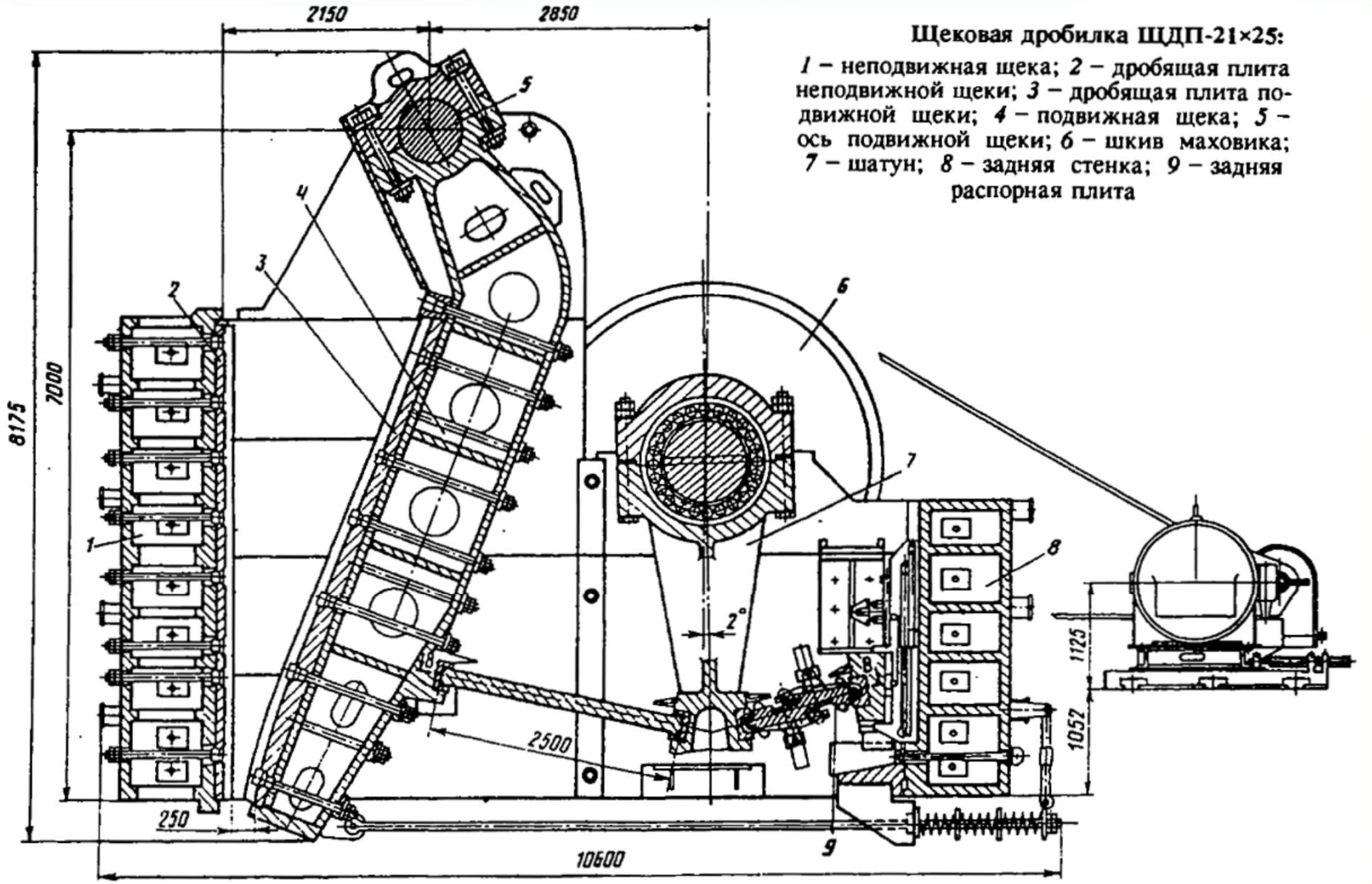
Измельчение и разделение отходов по крупности

Для дробления большинства видов твердых отходов используют щековые, конусные, валковые и роторные дробилки различных типов.

В щековых дробилках измельчение происходит внутри клинообразной камеры, образуемой подвижной и неподвижной щеками

Выгрузка измельченного материала производится в нижней части дробилки через зазор, образуемый щеками, после того как в результате измельчения размеры кусков станут меньше этого зазора.

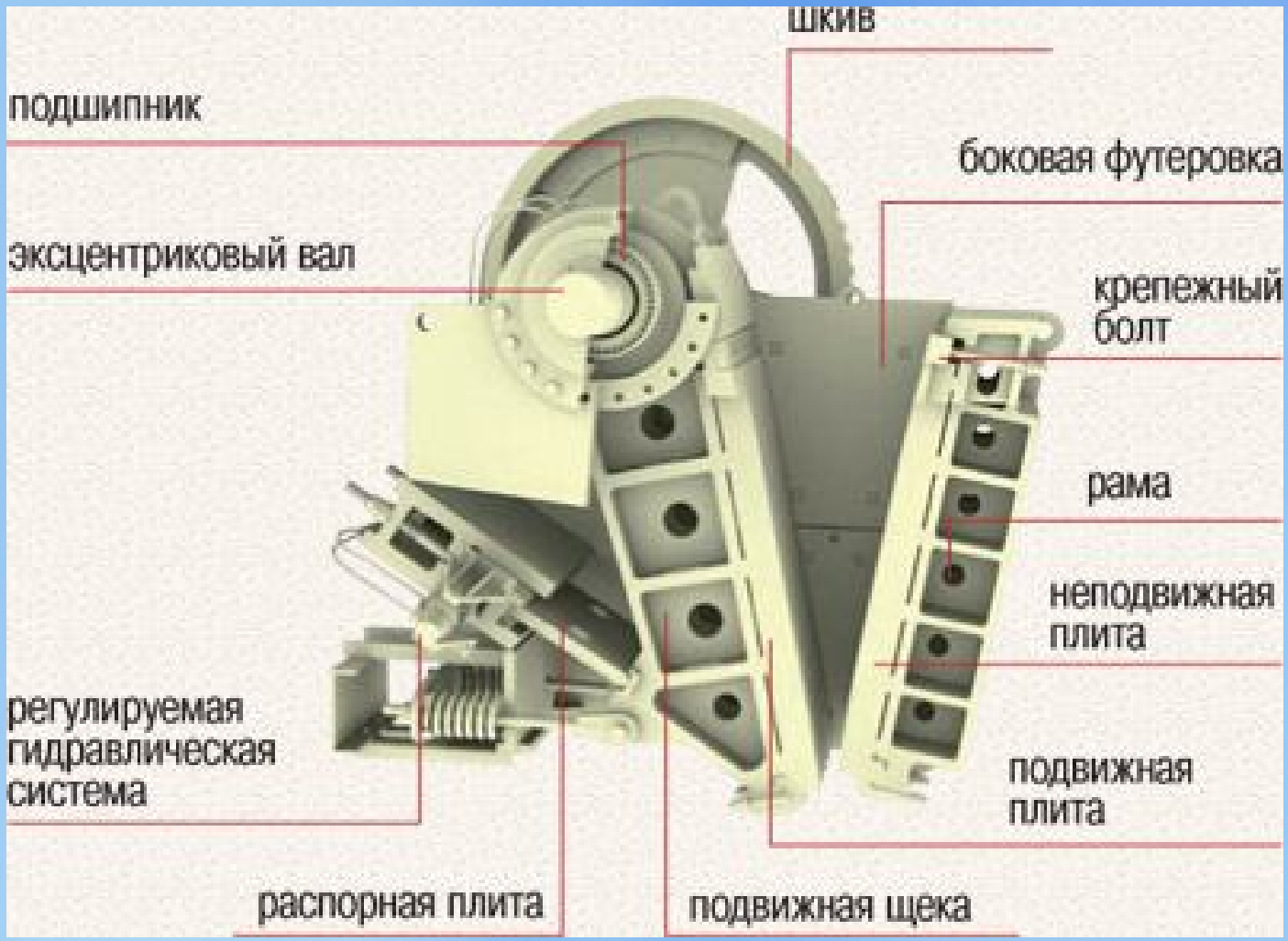
Измельчение и разделение отходов по крупности



Щековая дробилка ЩДП-21×25:

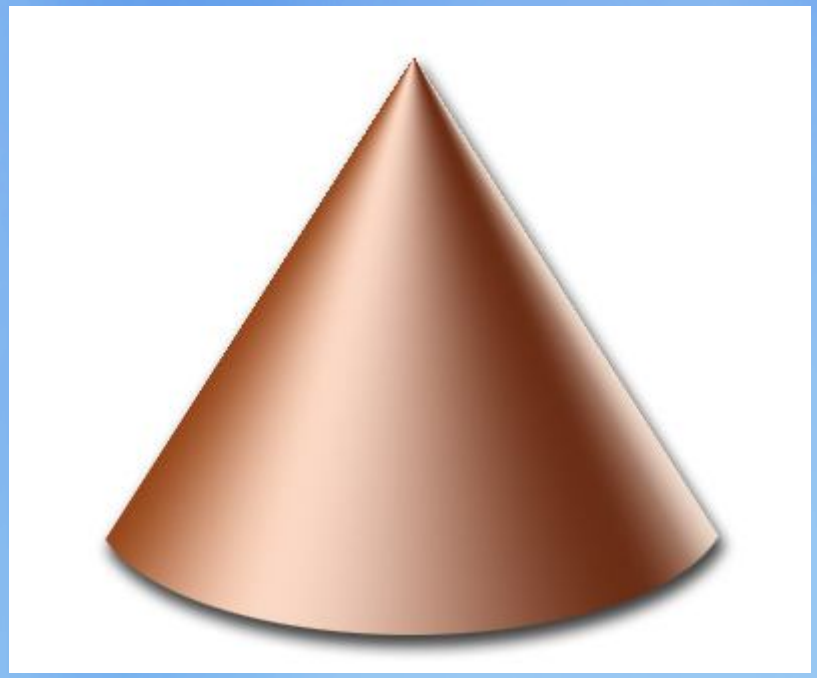
1 – неподвижная щека; *2* – дробящая плита неподвижной щеки; *3* – дробящая плита подвижной щеки; *4* – подвижная щека; *5* – ось подвижной щеки; *6* – шкив маховика; *7* – шатун; *8* – задняя стенка; *9* – задняя распорная плита

Измельчение и разделение отходов по крупности



Измельчение и разделение отходов по крупности

Для дробления самых различных отходов широко применяются ***конусные дробилки***, в которых измельчение происходит путем сжатия между поверхностями двух конусов, один из которых находится внутри другого



Измельчение и разделение отходов по крупности

Технические характеристики дробилок типа КМД

Показатели	КМД-1200, КМД-1200Т, КМД-1200Гр	КМД-1750, КМД-1750Т, КМД-1750Гр	КМД-2200, КМД-2200Т, КМД-2200Гр	КМД-3000, КМД-3000Т, КМД-3000Гр
Ширина загрузочного отверстия, мм	45 50 100	100 – 130	130 100 140	200 120 220
Диапазон регулирования ширины разгрузочного отверстия, мм	3 – 13 3 – 12 3 – 15	5 – 15 5 – 15 9 – 20	5 – 15 5 – 15 10 – 20	6 – 20 6 – 20 15 – 25
Размер наибольшего куска исходного материала, мм	35 40 80	85 – 100	100 85 100	170 100 180
Производительность на материале средней прочности, $м^3/ч$	12 – 55 27 45	40 – 120 85 – 110 95 – 130	75 – 220 170 – 220 220 – 260	180 – 600 320 – 440 360 – 520
Мощность электродвигателя, кВт	75 75 75	160 160 160	280 250 250	– 500 500
Масса подвижного конуса, т	3,94	–	18	–
Масса дробилки, т	24 22 22	47 55 55	85 100 100	– 250 250
Длина параллельной зоны, мм	200	275	350	–

Измельчение и разделение отходов по крупности

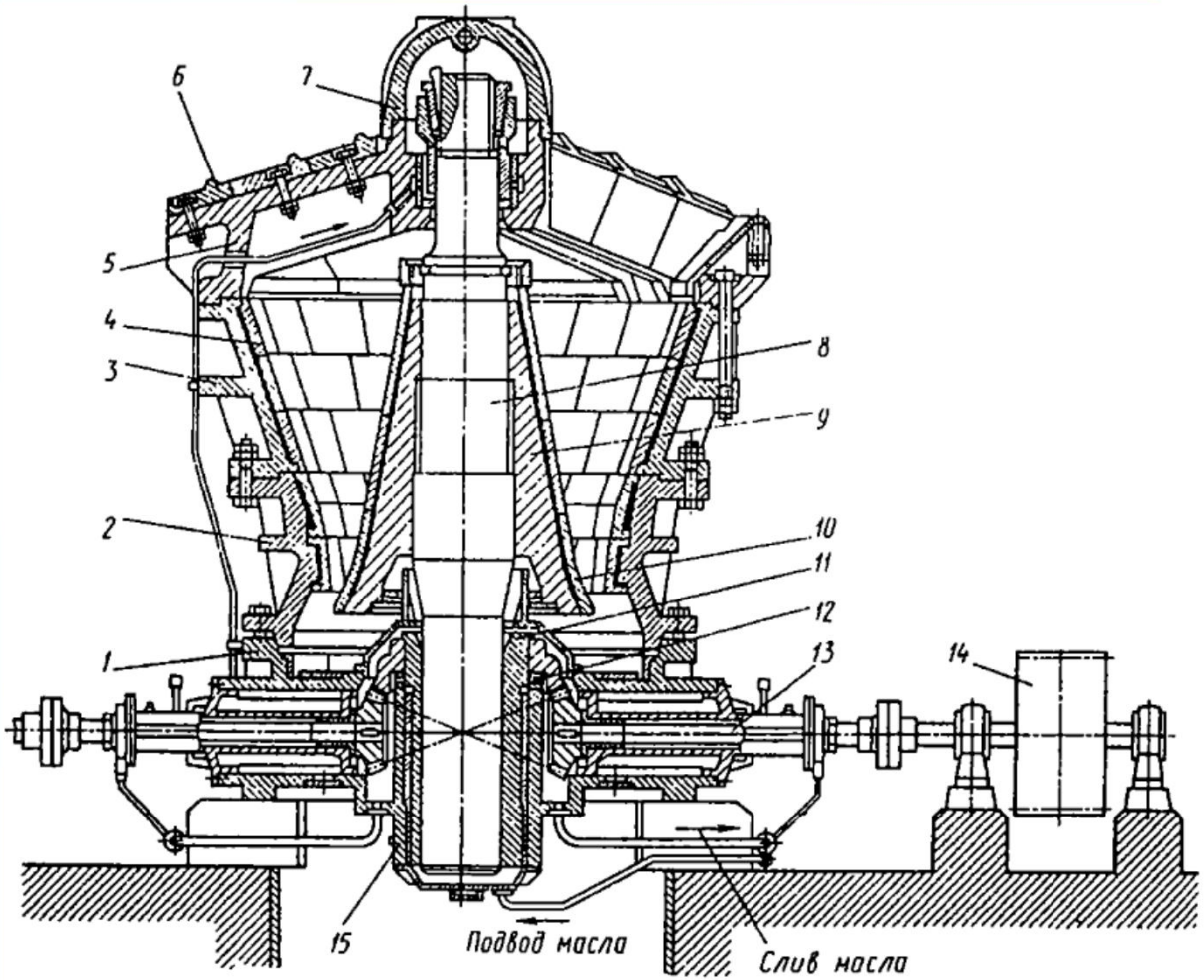
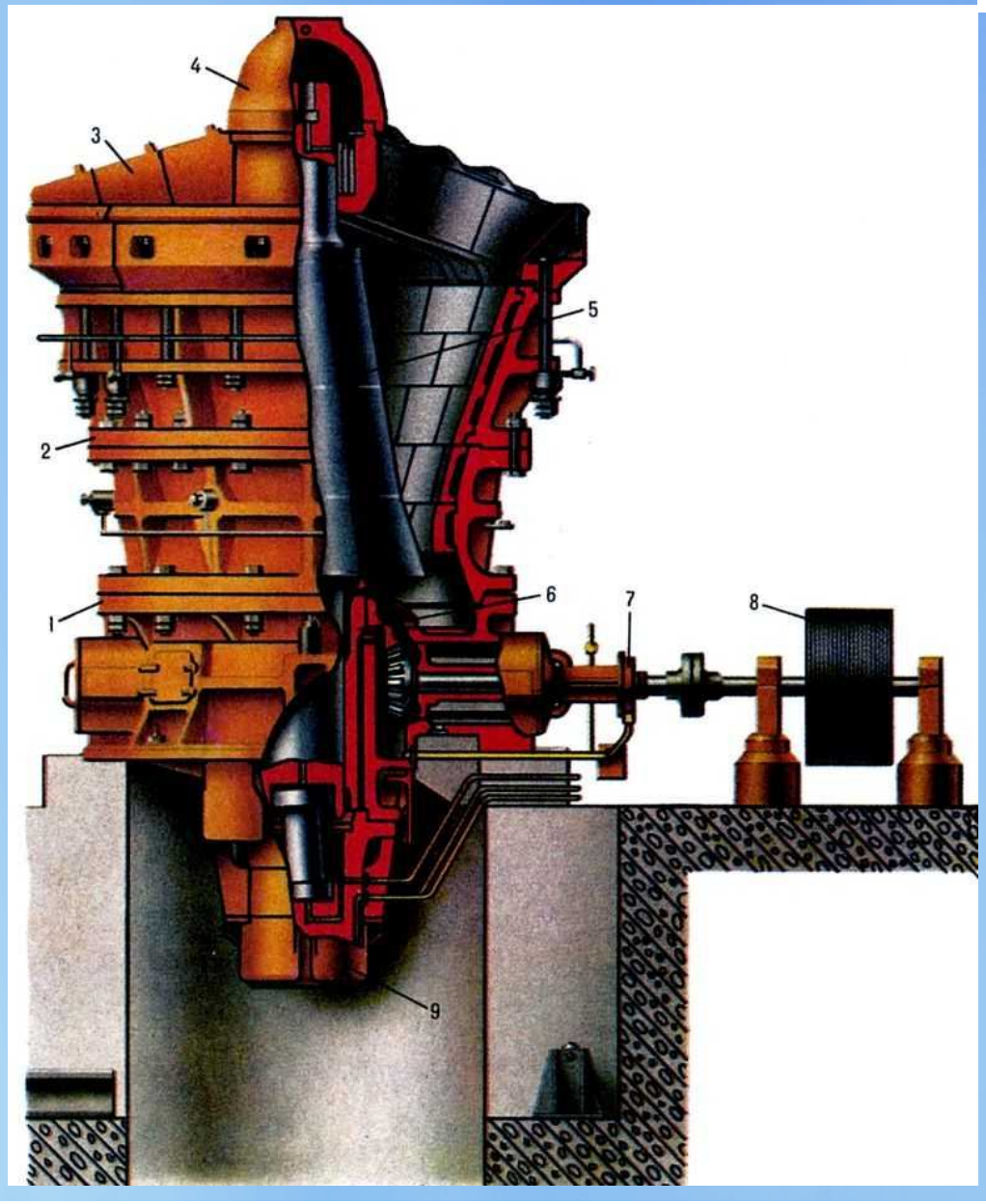


Рис. 6.3. Конусная дробилка ККД-1500/180 для крупного дробления:

1 – станина; *2* – нижняя часть корпуса; *3* – верхняя часть корпуса; *4* – сменные плиты корпуса; *5* – траверса; *6* – сменные плиты траверсы; *7* – защитный колпак; *8* – вал; *9* – подвижный конус; *10* – сменные плиты конуса; *11* – эксцентриковый стакан; *12* – коническое колесо; *13* – приводной вал; *14* – клиноременная передача; *15* – центральный патрубок

Измельчение и разделение отходов по крупности



Измельчение и разделение отходов по крупности

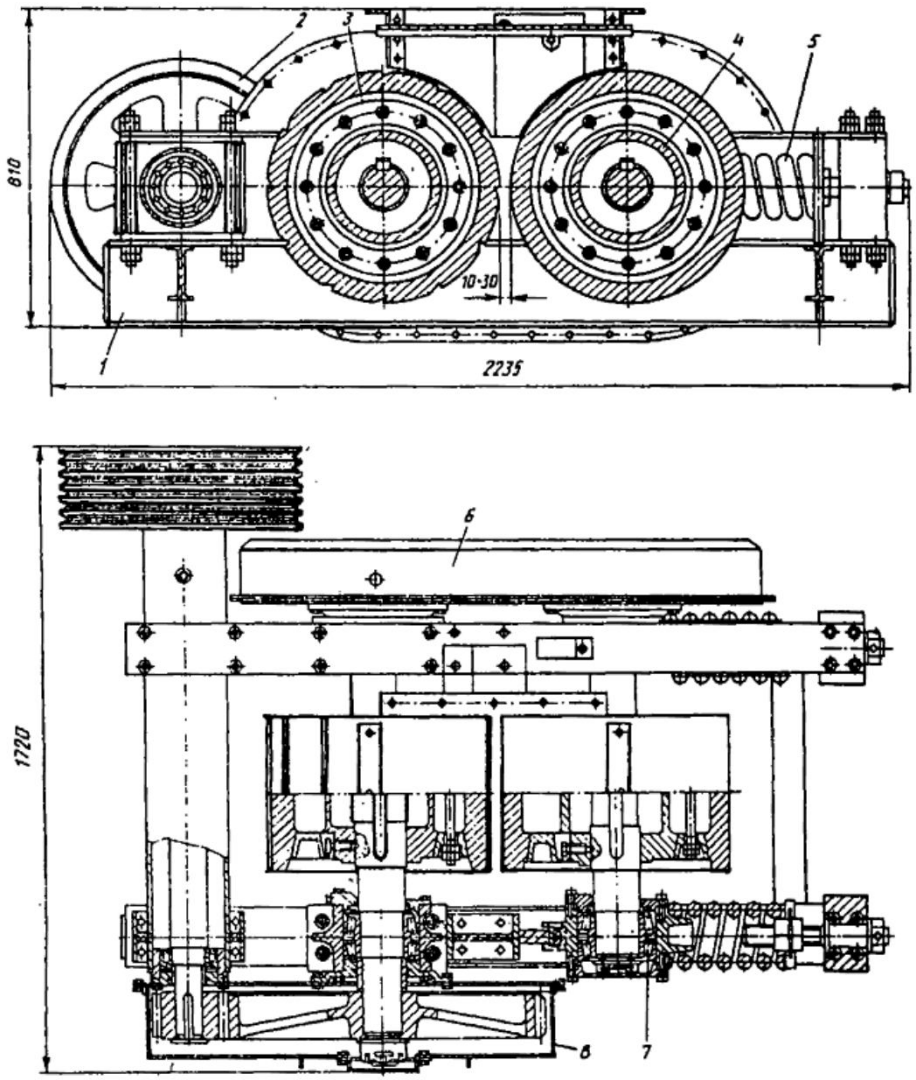
В ***валковых дробилках*** измельчение происходит между валками или между валком и камерой дробления. Валковые дробилки могут иметь от одного до четырех валков. Поверхность валка может быть гладкой, рифленой, ребристой и зубчатой. В одной дробилке могут быть валки с различной поверхностью. На степень измельчения влияют размер зазора между измельчающими поверхностями (валок - валок или валок - камера) и тип поверхности валка.

Измельчение и разделение отходов по крупности

Технические характеристики двухвалковых дробилок

Показатели	Валковые дробилки					
	с гладкими валками					с рифленым и гладким валками
Размер бандажа, мм:						
диаметр	400	600	800	1000	1500	600
длина	250	400	500	550	600	400
Максимальная крупность исходного материала, мм	20	30	40	50	75	60
Пределы регулирования выходной щели, мм	2 – 12	2 – 14	4 – 16	4 – 18	4 – 20	10 – 30
Частота вращения валков, $мин^{-1}$	200	180	150	100	83	175
Окружная скорость валков, м/с	4,2	5,6	6,2	5,2	6,5	5,5
Мощность электродвигателей, кВт	2×4,5	2×7,5	28	40	55	20
Производительность, $м^3/ч$, не менее, при выходной щели:						
минимальной	2,7	4,3	10,8	11,9	13,0	18
максимальной	16,2	30,2	43,0	53,5	65,0	54
Масса, г	2,2	3,4	12,5	15,9	32,4	3,33

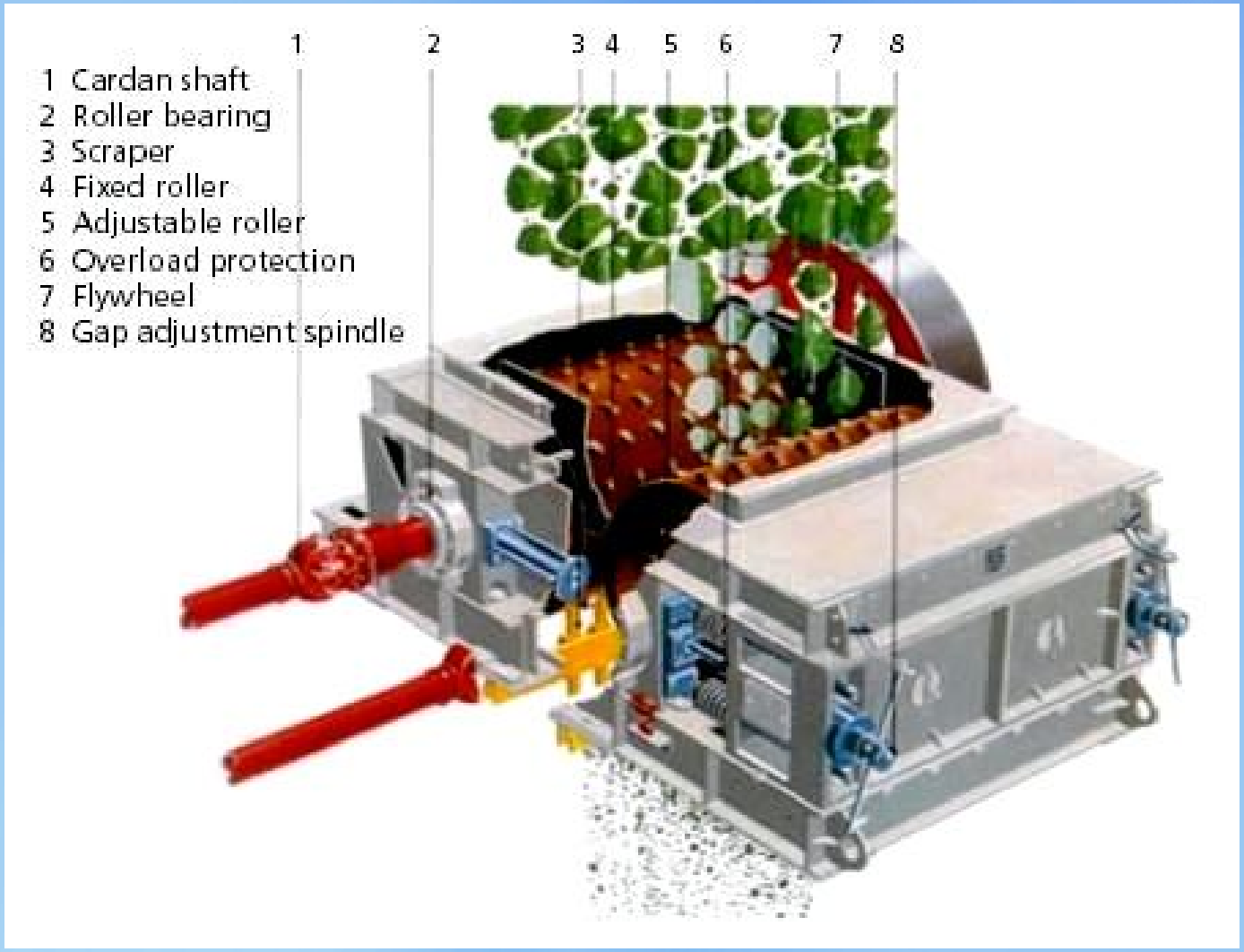
Измельчение и разделение отходов по крупности



Двухвалковая дробилка с рифленым и гладким валками:

1 – рама; *2* – шкив; *3* – рифленый валок; *4* – гладкий валок; *5* – амортизационные пружины; *6, 8* – кожухи; *7* – подшипник

Измельчение и разделение отходов по крупности



Измельчение и разделение отходов по крупности

В ***роторных дробилках*** измельчение происходит за счет удара,

производимого с помощью бил, жестко закрепленных на быстро

вращающемся роторе. При ударе на дробимый предмет действует как масса бил, так и масса самого ротора. Эти дробилки применяются для крупного, среднего и мелкого дробления самых различных отходов: металлолома, шлаков, огнеупорных материалов, стекольного и кирпичного боя и других. Роторные дробилки дают большую степень дробления и имеют высокую производительность, удобны в эксплуатации и потребляют меньше энергии, чем другие виды дробилок.

Измельчение и разделение отходов по крупности

Роторные дробилки могут иметь один или два ротора. Более просты и удобны в эксплуатации однороторные дробилки, которые и получили широкое распространение. Разновидностью роторных измельчителей являются молотковые дробилки, в которых на материал при дроблении действуют молотки, шарнирно закрепленные на дисках ротора. Масса молотков составляет 5 - 120 кг.

Измельчение и разделение отходов по крупности

Технические характеристики дробилок среднего и мелкого дробления

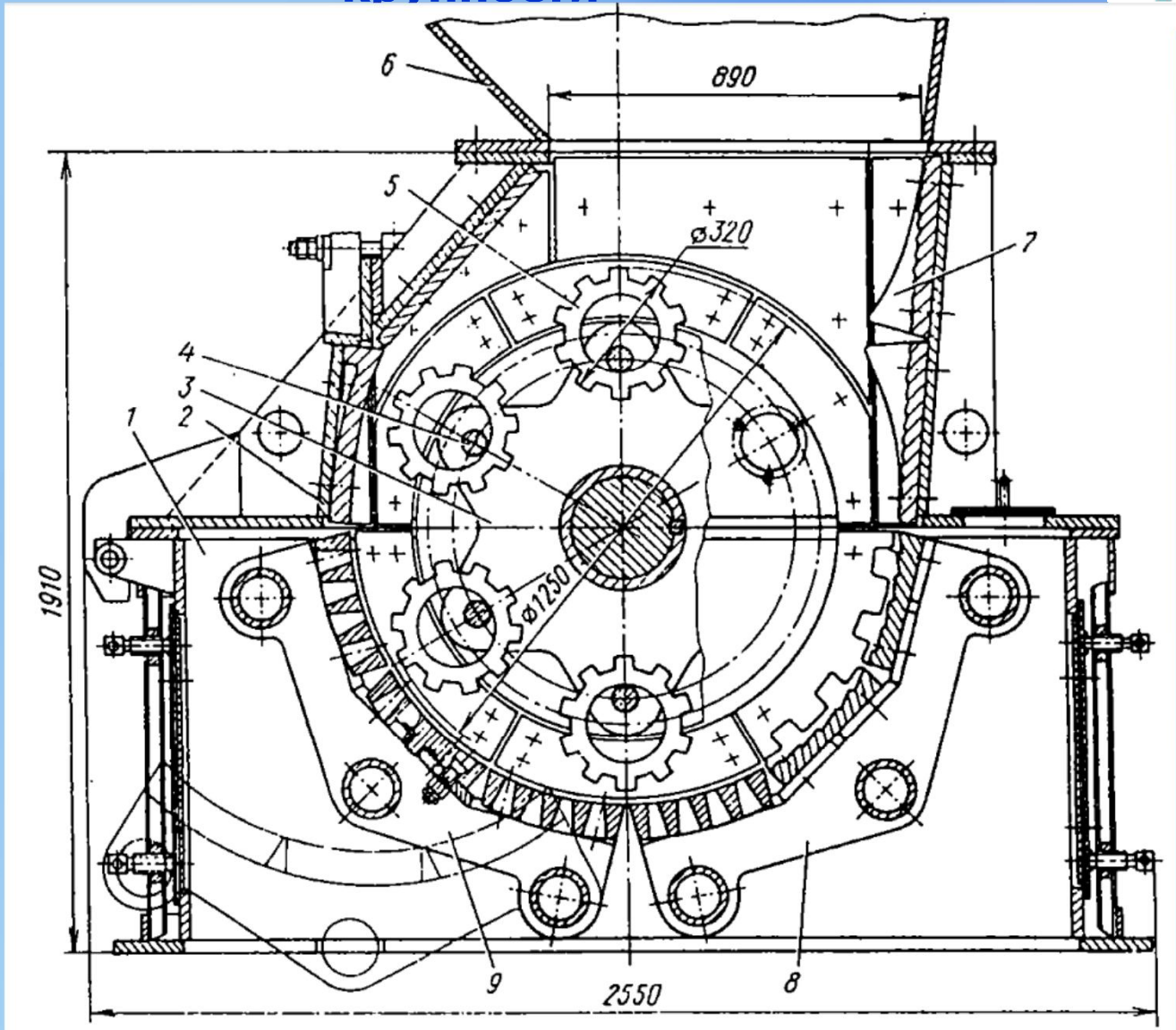
Показатели	ДРС 5×5	ДРС 6×6	ДРС 8×8	ДРС 10×10	ДРС 12×12	ДРС 16×16	ДРС 20×20
Производительность, $м^3/ч$	25	35	65	135	200	310	500
Размеры ротора, мм:							
диаметр	500	630	800	1000	1250	1600	2000
длина	500	630	800	1000	1250	1600	2000
Максимальный размер куска загружаемого материала, мм	150	190	240	300	375	480	600
Установленная мощность, кВт	30	40	75	125	200	320	400
Масса дробилки, т	2,2	3,5	6,5	10	18	30	50

Измельчение и разделение отходов по крупности

Технические характеристики однороторных молотковых дробилок

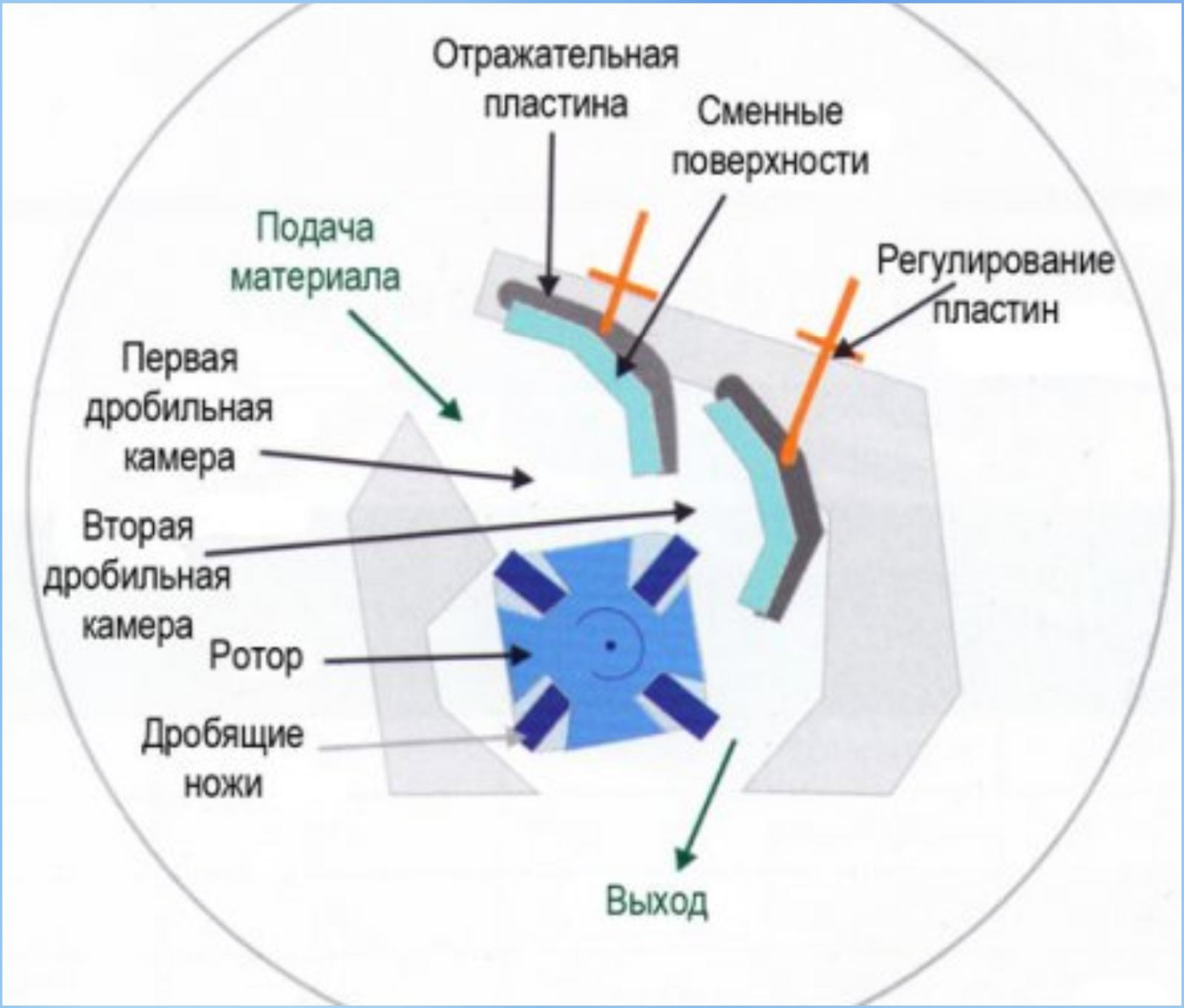
Показатели	СМД-112	СМД-147	СМД-135	СМД-170Б	СМД-97	СМД-98Б
Размеры ротора, мм:						
диаметр	600	800	1250	1300	2000	2000
длина	400	600	1600	1600	2000	3000
Размер наибольшего куска загружаемого материала, мм	150	250	800	400	600	600
Номинальная частота вращения ротора, $мин^{-1}$	1250	1000	500	750	600	600
Мощность электродвигателя, кВт	17	55	250	250	800	1250
Масса дробилки без электродвигателя, т	1,5	3,0	25	11,0	46,0	60,0
Размеры, мм:						
длина	1100	1350	3000	2400	4000	4000
ширина	1100	1400	3100	2800	4200	5500
высота	1150	1250	5000	1900	3100	3100

Измельчение и разделение отходов по крупности



Однороторная молотковая стружкодробилка СМД-135

Измельчение и разделение отходов по крупности



Измельчение и разделение отходов по крупности

Рабочим инструментом ***ножевых дробилок*** являются ножи, установленные на вращающемся роторе и на неподвижном статоре. Возможна также установка ножей на двух вращающихся в разные стороны роторах. Роторные ножевые дробилки используют для измельчения тонкостенных отходов из вязких материалов. На скорость и качество измельчения отходов в ножевых дробилках влияют конструкция ротора, состояние ножей, вид измельчаемого материала, мощность привода и способ загрузки отходов.

Ротор в ножевой дробилке может быть расположен горизонтально, вертикально или наклонно. Измельчение в ножевой дробилке происходит в пространстве между подвижными и неподвижными ножами, зазор между которыми может составлять 0,1 - 0,4 мм. Количество ножей на роторе изменяется от 3 до 15, окружная скорость ножей 10- 15 м/с. Размер загрузочного отверстия зависит от вида измельчаемых отходов.

Измельчение и разделение отходов по крупности

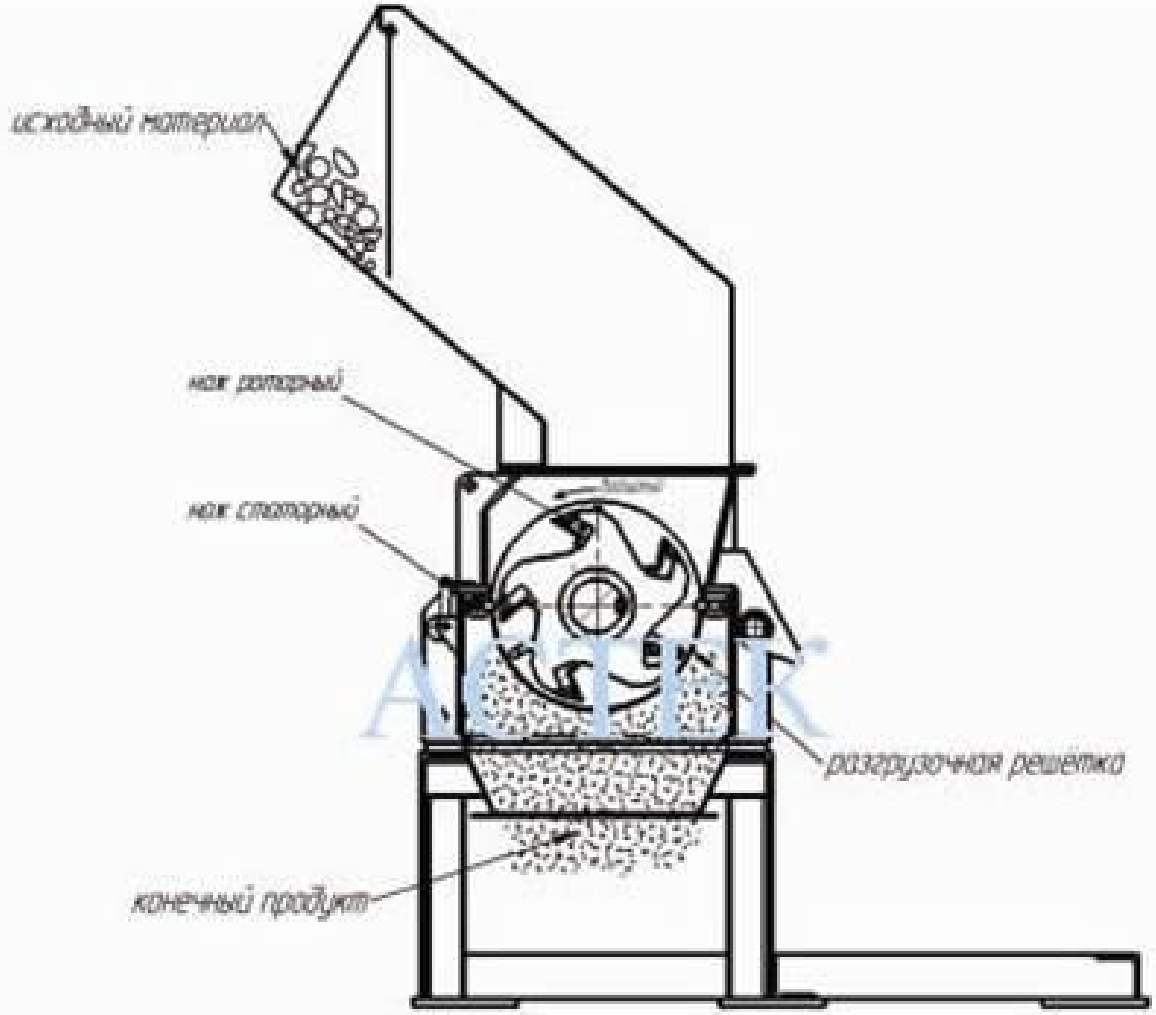


Схема роторно-ножевой дробилки

Измельчение и разделение отходов по крупности

Для разделки очень крупных агломератов отходов применяют:

- копровые механизмы,
- механические ножницы,
- дисковые пилы,
- ленточно-пильные станки и некоторые другие механизмы и приемы (например, взрыв).

Измельчение и разделение отходов по крупности

При выборе измельчителя необходимо учитывать ряд факторов, главными из которых являются вид и характер отходов, их размеры: и количество, необходимая степень измельчения, конечный размер дробленого материала, особые свойства измельчаемых отходов.

При необходимости получения из кусковых отходов мелкодисперсных фракций крупностью < 5 мм используют помол. Степень измельчения при помоле достигает 100 и более. Наиболее распространенными агрегатами для грубого и тонкого помола, используемыми при переработке твердых отходов, являются:

- стержневые,
- шаровые
- ножевые мельницы.

В отдельных случаях применяют:

- дезинтеграторы,
- дисковые и кольцевые мельницы,
- бегуны,
- пневмопушки.

Измельчение и разделение отходов по крупности

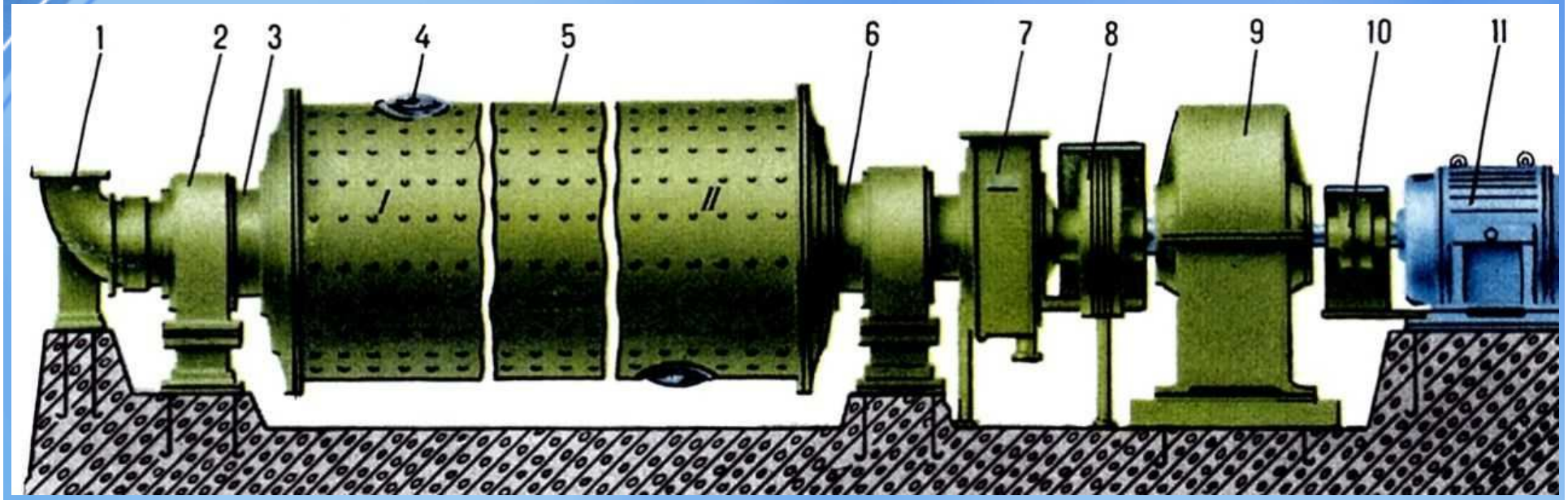
Техническая характеристика шаровых и стержневых мельниц с центральной разгрузкой

Показатели	СМ-432	СМ-433	СМ-434 (МШЦ-9-18)	СМ-435 (МСЦ-9-18)	СМ-601 (МШЦ-15-31)	СМ-602 (МСЦ-15-31)	СМ-603 (МШЦ-15-16,4)	СМ-604	СЦ-2 (МСЦ-12-24)	ШС-4 (МШЦ-21-30)	СЦ-5 (МСЦ-21-36)	ШЦ-5 (МШЦ-27-36)	МШЦ-32-5	МШЦ-36-40	МШЦ-36-50	МШЦ-36-55	МШЦ-40-50	МШЦ-40-55
Размеры барабана, м:																		
диаметр	0,9	0,9	0,9	0,9	1,5	1,5	1,5	1,5	1,2	2,1	2,7	2,7	3,2	3,6	3,6	3,6	4,0	4,0
длина	1,8	1,8	1,8	1,8	3,1	3,1	1,64	1,64	2,4	3,0	3,6	3,6	4,5	4,0	5,0	5,5	5,0	5,5
Частота вращения барабана, $с^{-1}$	0,71	0,55	0,71	0,55	0,5	0,42	0,5	0,5	0,6	0,4	0,25	0,35	0,25	0,3	0,3	0,3	0,29	0,289
Производительность, т/ч	1,5	1,7	2	2,4	13,3	16	6	5,6	6	8 – 24	70 – 160	20 – 50	200	150	300	180	400	500
Мощность электродвигателя, кВт	20	20	20	20	100	100	50	55	40	230	380	380	800	1100	1250	1250	1500	1500
Масса мельницы, т	4	4,8	4,34	4,66	18,66	18,66	12,7	12,37	12,8	46	81,2	72	135	150	162	157,2	170	1750

Измельчение и разделение отходов по крупности

Барабанные стержневые и шаровые мельницы широко используют как для сухого, так и для мокрого помола. Тип и размеры: этих мельниц характеризуют устройством для эвакуации продукта (разгрузка через решетку или сито либо центральная разгрузка через полую цапфу), внутренним диаметром барабана без футеровки D и рабочей длиной L. Различают короткие (L < D) и длинные (L > D) мельницы. Стержневые мельницы: обычно применяют для грубого измельчения отходов. По сравнению с шаровыми мельницами они обеспечивают более равномерный по крупности продукт. Шаровые мельницы с центральной разгрузкой применяют для тонкого и особо тонкого измельчения.

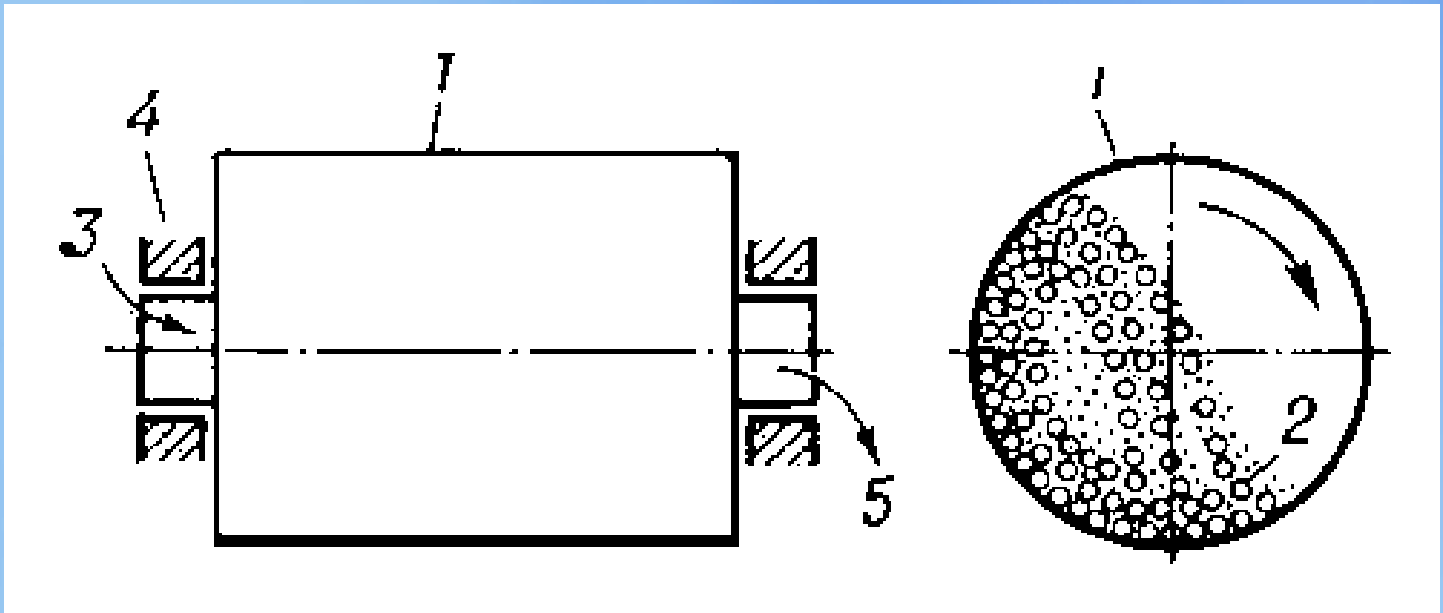
Измельчение и разделение отходов по крупности



Барабанная мельница

1 - загрузочная воронка; 2 - роликовая опора; 3 - загрузочная часть; 4 - люк; 5 - барабан мельницы; 6 - разгрузочная часть; 7 - кожух разгрузки; 8 - эластичная муфта; 9 - редуктор; 10 - пальцевая муфта; 11 – электродвигатель.

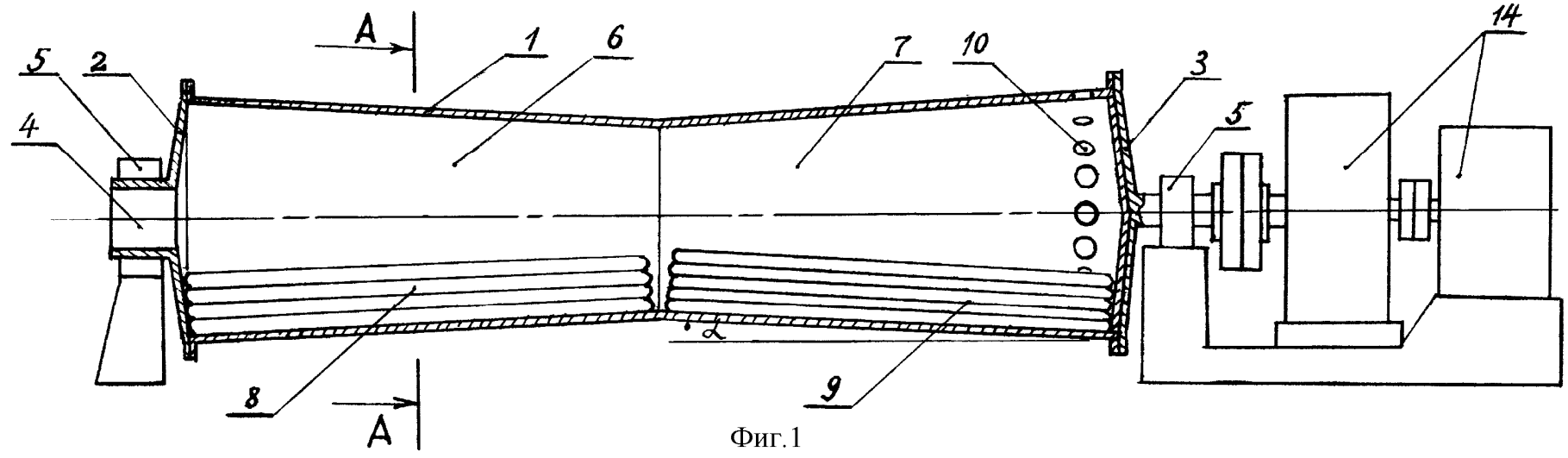
Измельчение и разделение отходов по крупности



Барабанная мельница (шаровая)

1 — барабан; 2 — дробящие тела (шары); 3 — загрузка исходного материала; 4 — подшипники; 5 — разгрузка измельченного материала.

Измельчение и разделение отходов по крупности



Фиг.1

Барабанная мельница (стержневая).

Измельчение и разделение отходов по крупности

Мелющими телами в стержневых и шаровых мельницах являются соответственно стальные стержни диаметром 25 - 100 мм и длиной 1,2- 1,6 диаметра мельницы и стальные или чугунные шары диаметром 30 - 125 мм.

Для приближенной оценки необходимого диаметра мелющих тел $D_ш$ (мм) можно использовать выражение:

$$D_{ш} = 6\sqrt{d_{Н}}1gd_{k}$$

где $d_н$ - максимальный диаметр подлежащих измельчению кусков, мм.; $d_к$ - размер зерен продукта измельчения, мкм.

Измельчение и разделение отходов по крупности

Степень заполнения барабана мельницы мелющими телами выражают коэффициентом заполнения:

$$\varphi_{Ш} = {V_{Ш}}/{V} = {4G_{Ш}}/{\gamma_{Ш}(\pi D^2 L)}$$

где V и $V_ш$ - соответственно общий и занятый мелющими телами объемы барабана мельницы, м^3 ; $G_ш$ - масса загрузки мелющих тел, т; $\gamma_ш$- масса мелющих тел в единице объема, т/м3 (для приближенных расчетов принимают $\gamma_ш$ = 4,6-4,8 для шаров и 6,6 для стержней); D - внутренний диаметр барабана мельницы, м; L - длина барабана мельницы, м.

Измельчение и разделение отходов по крупности

Значение $\varphi_{Ш}$ для шаровых мельниц находится в пределах 45 - 48%, но может быть и значительно меньше; для стержневых мельниц оно составляет ~35%. На практике эту величину оценивают по формуле:

$$\varphi_{Ш} = {50 - 127\,(2l - D)}/{2D}$$

где l - расстояние от вершины барабана диаметром D до поверхности мелющих тел.

Измельчение и разделение отходов по крупности

Массу загрузки мелющих тел $G_Ш$ определяют по формуле:

$$G_Ш = \frac{\pi D^2}{4} L \varphi_Ш \gamma_Ш$$

Критическое число оборотов в минуту $n_{кр}$, при котором мелющие тела начинают вращаться вместе с барабаном мельницы диаметром D (м), оценивают по формуле:

$$n_{кр} = {42,3}/{\sqrt{D}}$$

Измельчение и разделение отходов по крупности

Отношение рабочей частоты вращения n к критической называют относительной частотой вращения и выражают в процентах или долях единицы:

$$\psi = {}^{n}/_{n_{кр}}$$

В практике измельчения ψ обычно составляет 0,72 - 0,85.

Производительность мельниц Q (т/ч) оценивают по количеству перерабатываемого в единицу времени материала:

$$Q = {}^{q_1 V}/_{(\beta_к - \beta_{исх})}$$

Измельчение и разделение отходов по крупности

и по содержанию в измельченном продукте вновь образованного класса Q_1:

$$Q_1 = {Q(\beta_к - \beta_{исх})}/{100}$$

где Q_1 - удельная производительность по вновь образованному расчетному классу, т/(м^{3}ч); $\beta_к$, $\beta_{исх}$ - выход данного класса соответственно в измельченном продукте и в исходном материале, %.

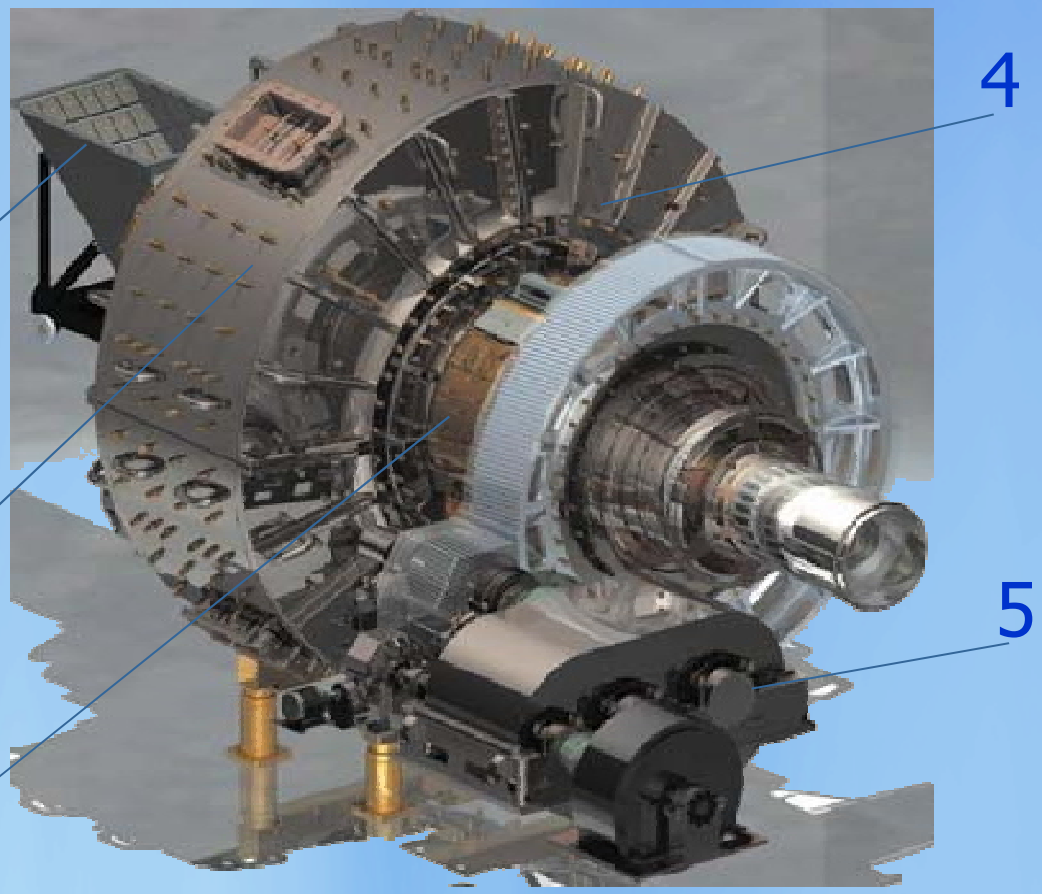
У дельная производительность q т/(м^{3}ч) по перерабатываемому материалу составляет:

$$q = {Q}/{V}$$

Измельчение и разделение отходов по крупности

Одной из разновидностей барабанных мельниц можно считать ***мельницы самоизмельчения***, в которых разрушение материала происходит в результате удара кусков друг о друга при падении, истирании и качении, а также вследствие ударов о детали внутренней поверхности барабана. Измельчение в таких мельницах может быть сухим и мокрым. Поскольку в мельницах самоизмельчения мелющие тела отсутствуют, то в них не происходит загрязнение измельчаемого материала частицами, образующимися вследствие износа мелющих тел. Важную роль при измельчении материалов в мельницах самоизмельчения играет конструкция барабана, сочетающего цилиндрические и конические обечайки, внутри которых имеются различные пластины и ребра жесткости, изменяющие направление движения кусков материала в нем.

Измельчение и разделение отходов по крупности



1 - цапфа; 2 - барабан мельницы; 3 - бункер; 4 - днища; 5 - привод

Измельчение и разделение отходов по крупности

Классификация мельниц самоизмельчения проводится прежде всего по скорости движения кусков материала в барабане. По этому критерию мельницы подразделяются на:

- тихоходные со скоростью менее 20 м/с
- высокоскоростные со скоростью кусков выше 100 м/с.

Готовый продукт при первичном измельчении имеет размеры 0,2 - 0,5 мм. Вторичное измельчение позволяет снизить размеры частиц готового продукта до < 0,2 мм.

Измельчение и разделение отходов по крупности

Широкое применение для помола приобрели ***вибрационные мельницы***, в которых так же, как и в шаровых и стержневых, измельчение происходит в барабане с помощью подвижных мелющих тел. Однако в отличие от последних рабочая камера вибромельницы не вращается вокруг собственной оси, а измельчение в ней происходит в результате колебаний, создаваемых вибровозбудителем.

При этом мелющие тела соударяются с измельчаемым материалом, загруженным в рабочую камеру. Высокие механические напряжения, возникающие в результате соударения в частицах измельчаемого материала, приводят к их разрушению.

Измельчение и разделение отходов по крупности

По сравнению с барабанными вибромельницы имеют в 4 – 5 раз более высокую производительность и в 2 - 3 раза меньшие габариты. На процесс измельчения влияют мощность, размеры и масса мелющих тел, природа измельчаемого материала, частота и амплитуда колебаний рабочей поверхности.

Наряду с помолом вибромельницы могут использоваться для уплотнения и гомогенизации обрабатываемого материала, а также для его поверхностной обработки. Рабочие поверхности мелющих тел, находящихся в помольной камере вибромельницы, совершают сложные колебательные движения благодаря большому числу степеней свободы камеры.

Измельчение и разделение отходов по крупности

Вибромельницы делят на две группы:

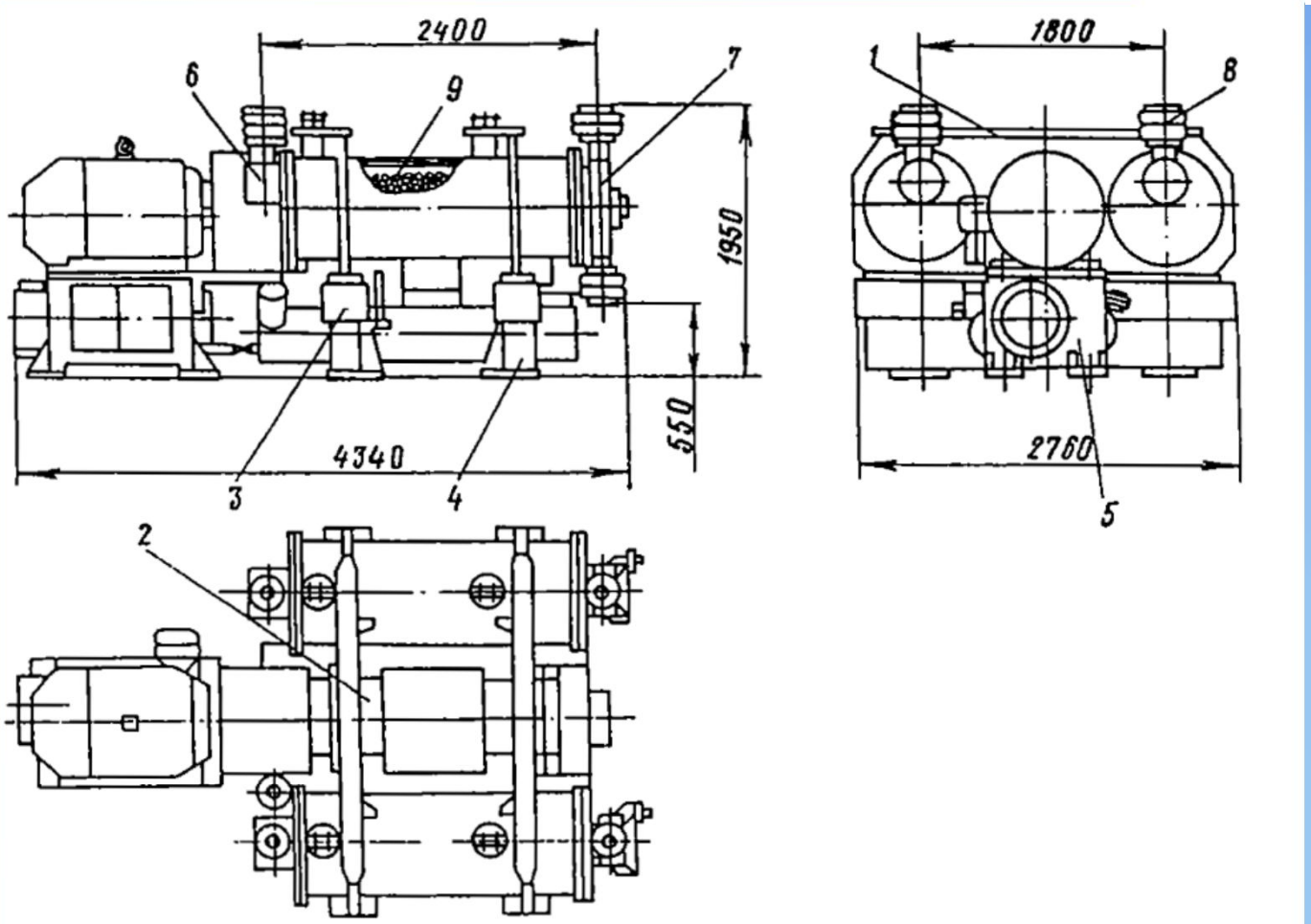
- с неподвижной камерой, в которой имеются подвижные рабочие поверхности;
- и с подвижной, т.е. вибрирующей камерой.

Измельчение и разделение отходов по крупности

В промышленности используют мельницы с вибрирующей камерой. Вибромельница состоит из камеры с мелющими телами, вибровозбудителя, упругой опоры и основания. Загрузка измельченных материалов в камеру может осуществляться механическими или пневматическими способами.

Вибрационные мельницы могут использоваться как для промышленных, так и для лабораторных целей, в соответствии с которыми их мощность может составлять от 10 до 10^6 Вт.

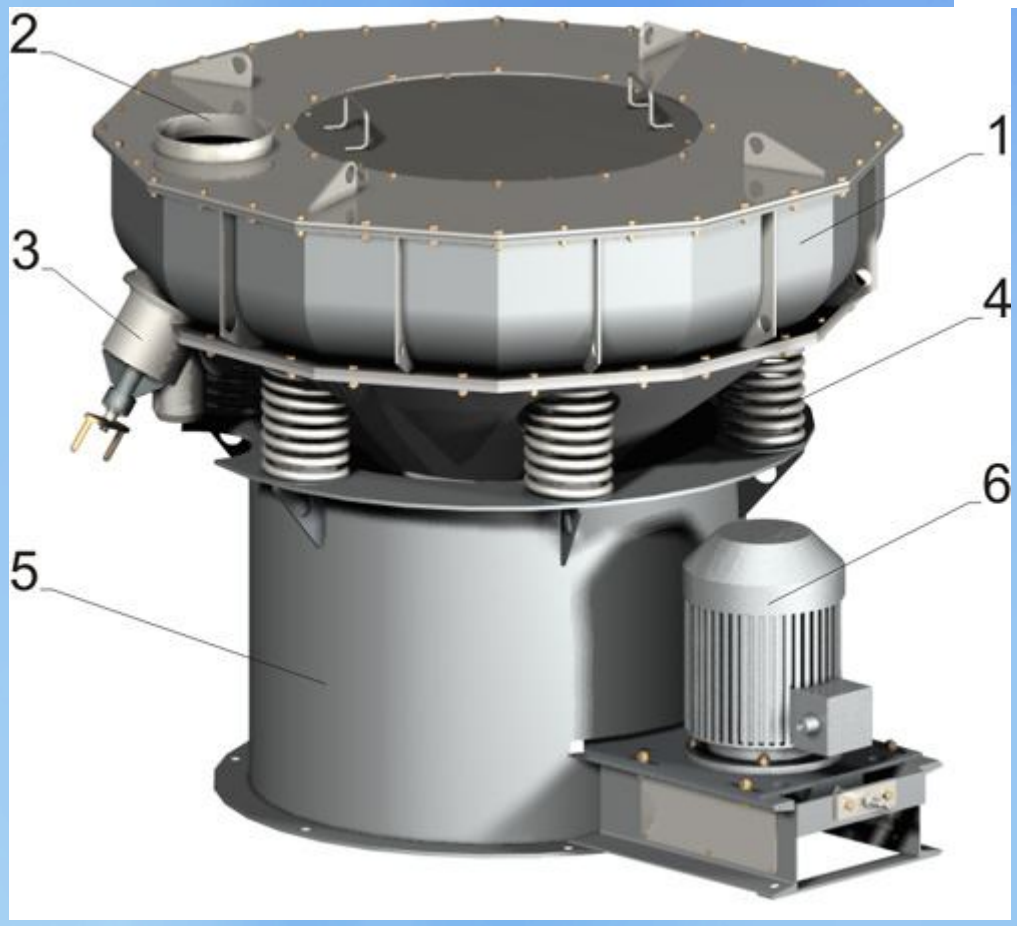
Измельчение и разделение отходов по крупности



Вибрационная мельница СВМ-320:

1 – блок помольных камер; *2* – вибровозбудитель; *3* – упругая опора; *4* – основание мельницы; *5* – станция смазки; *6* – загрузочное устройство; *7* – разгрузочное устройство; *8* – эластичные соединители; *9* – измельчаемый материал

Измельчение и разделение отходов по крупности



1 - рабочая камера, 2 - патрубок загрузки, 3 - клапан разгрузки, 4 - упругие элементы, 5 - опорная рама, 6 - электродвигатель

Измельчение и разделение отходов по крупности

Измельчение и разделение отходов по крупности

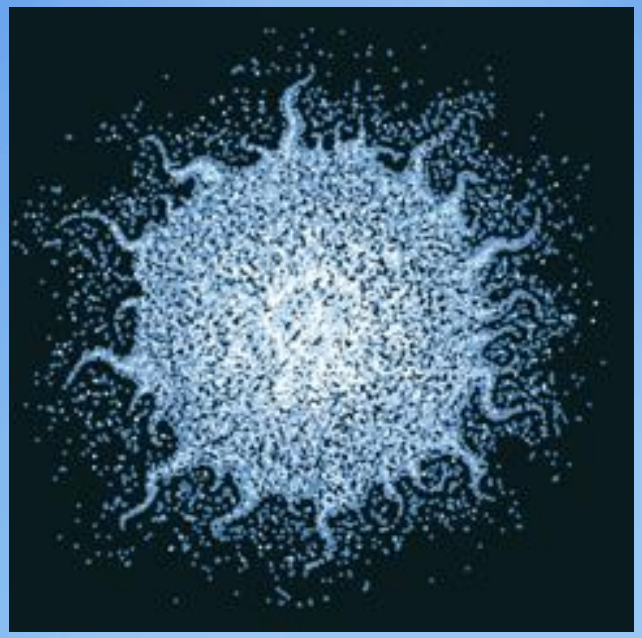
Характеристики промышленных вибромельниц

Показатели	СВМ-2	СВМ-40	СВМ-75	СВМ-160	СВМ-320	СВМ-640
Мощность, кВт	2,2	37	75	160	315	630
Суммарный объем помольных камер, $м^3$	0,1	0,4	0,6	1,0	1,5	3,5
Масса (без двигателя и мелющих тел), т	0,3	1,2	1,8	7	10	20
Производительность по эталону (кварцевой муке с уд. поверхностью 3000 $см^2/г$), т/ч	0,036	0,6	1,2	2,5	5	10,7
Удельная производительность:						
кг/(ч·т) (массы мельницы)	120	500	660	350	500	500
кг/(ч·$м^3$) (объема камеры)	3,6	1,5	2,0	2,5	3,3	2,9

Измельчение и разделение отходов по крупности

Для тонкого измельчения используются:

- бисерные,
- шаровые,
- струйные,
- вибрационные,
- центробежные,
- коллоидные мельницы,
- дезинтеграторы.



Измельчение и разделение отходов по крупности

Бисерные мельницы применяют для непрерывного измельчения материалов в жидкой среде. В качестве мелющих тел используют стеклянный, керамический или стальной бисер – шарики диаметром 0,3 - 10 мм. Загрузка мелющих тел достигает 85% обьема камеры. Размольный аппарат бисерной мельницы представляет собой камеру с охлаждающей рубашкой, в которой вращается вал с насаженными на него дисками (ротор). Исходный материал в виде суспензии подается в камеру под давлением, где дробится и истирается при соударении с мелющими телами. Объем камеры выпускаемых бисерных мельниц может составлять от 0,15 до 1000 л. Производительность бисерных мельниц достигает 4 $м^3$ /ч.

Измельчение и разделение отходов по крупности

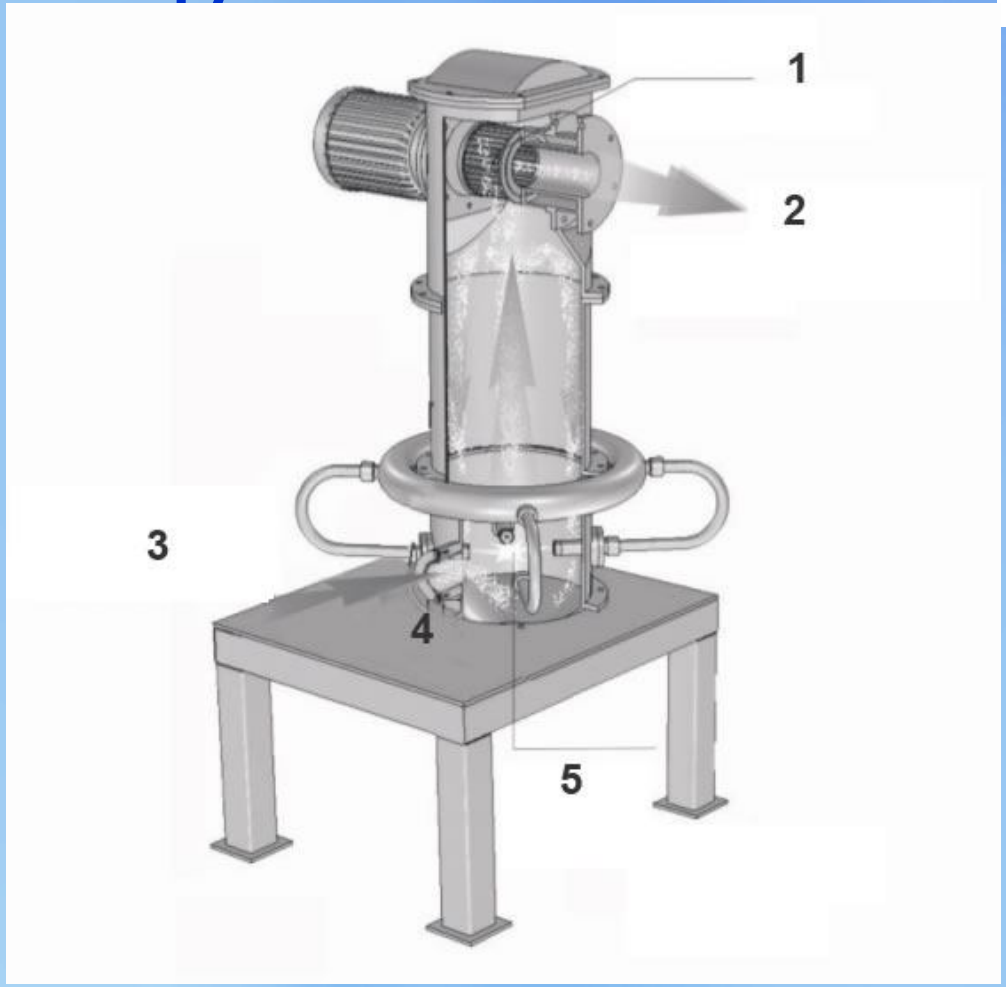
Измельчение и разделение отходов по крупности

Барабанные шаровые мельницы для тонкого измельчения по своей конструкции аналогичны устройствам для крупного дробления. По своей производительности они могут различаться на пять порядков: от нескольких килограммов до нескольких сотен тонн в час. Такие мельницы в зависимости от конструкции могут работать в непрерывном и периодическом режимах и использоваться для сухого и мокрого помола. Размер частиц исходного материала составляет 1 - 50 мм, а измельченного продукта 5 - 40 мкм. Загрузка измельчающих стальных шаров диаметром 30- 125 мм составляет 40- 45% объёма камеры.

Измельчение и разделение отходов по крупности

Помол в струйных мельницах осуществляется при соударении частиц материалов, происходящем при турбулентном движении газового потока, в котором они диспергированы. Струйные мельницы представляют собой размольную камеру, снабженную загрузочной воронкой с эжектором. Подаваемый в камеру на измельчение продукт попадает под мощные струи сжатого воздуха, движущегося со сверхзвуковой скоростью, в результате чего ·частицы соударяются и истираются друг о друга и о стенки камеры. Камера на выходе снабжена классификатором, в результате чего измельченный до нужного состояния продукт выносится из нее, а остальной материал продолжает измельчаться. Размер частиц исходного материала -до 250 мкм, а готового продукта 2- 3 мкм. Производительность отечественных струйных мельниц - от 0,5 до 1000 кг/ч. За рубежом выпускаются струйные мельницы и с более высокой производительностью до 10 т/ч.

Измельчение и разделение отходов по крупности



1 - Зона разделения, 2 - Готовая продукция, 3 – Сырье, 4 - Отрицательное давление, 5 - Помольная камера

Измельчение и разделение отходов по крупности

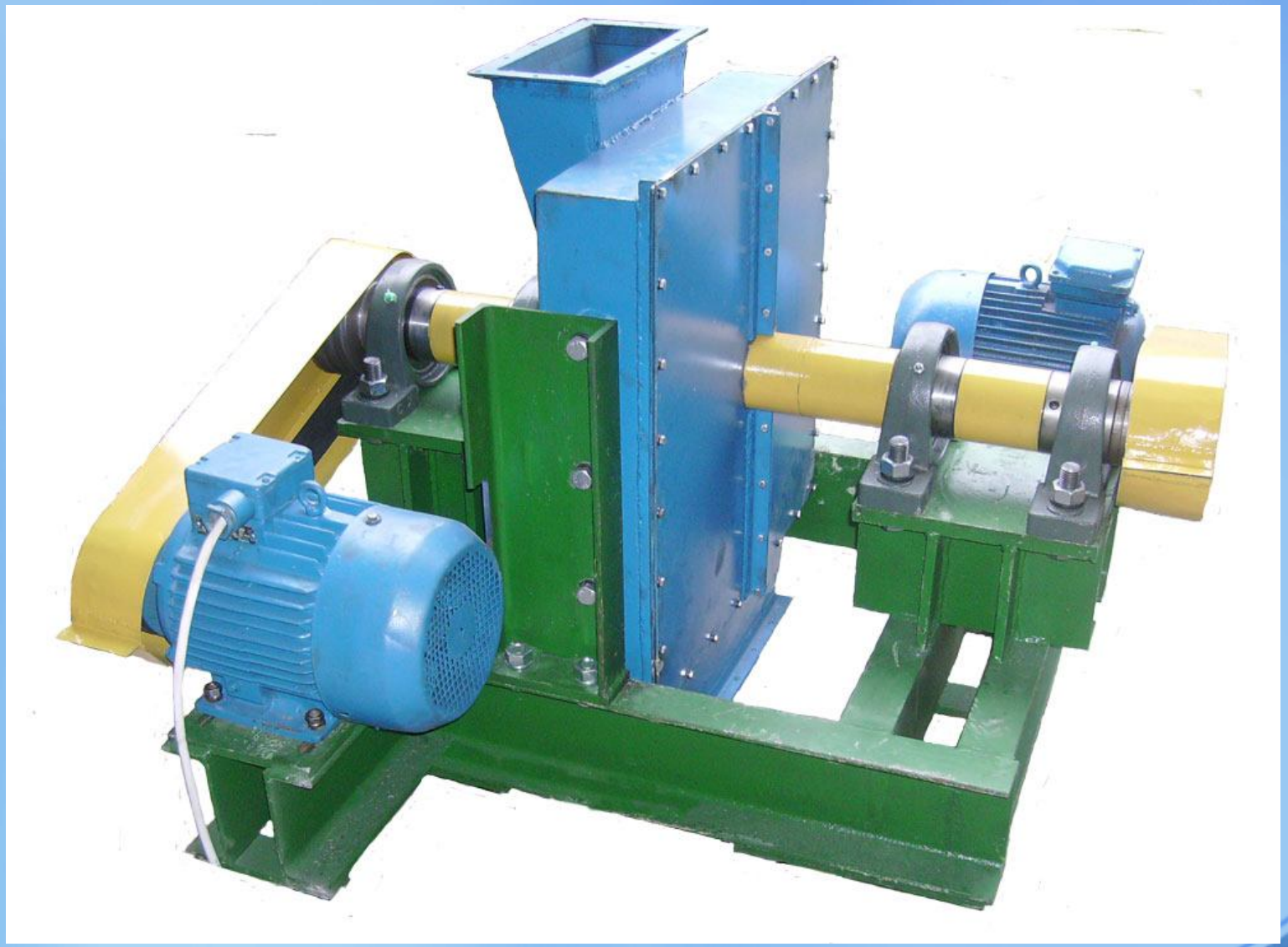
Дезинтеграторы позволяют измельчать материалы практически любого вида: металлы, органические продукты, пластмассы, резину и др. С их помощью можно производить разволокнение волокнистых материалов, в т.ч. композиционных. Размер частиц измельчаемого материала может составлять от 2 - 5 до 20 - 50 мм. Измельчение материалов в дезинтеграторе происходит при очень высоких скоростях рабочего инструмента - до 300 м/с, а производительность дезинтеграторов достигает 80 т/ч.

Измельчение и разделение отходов по крупности

Характеристики дезинтеграторных установок

Показатели	99-3	ДЕЗИ-6	ДЕЗИ-15	ДЕЗИ-80
Производительность, т/ч	1,5	3 – 6	10 – 20	25 – 80
Установленная мощность, кВт	60	200 – 300	300 – 600	700 – 1100
Частота вращения ротора, $мин^{-1}$	3000	3000	1500	1500
Диаметр ротора, мм	600	До 800	До 1400	До 1400
Габариты, мм, не более:				
длина	1400	3400	3600	3600
ширина	1100	1800	2200	2400
высота	1400	2000	2400	2600
Масса, кг, не более	900	8000	12000	13000

Измельчение и разделение отходов по крупности



Измельчение и разделение отходов по крупности

Для разделения твердых отходов на фракции по размерам используют грохочение (рассев) под действием гравитационно-инерционных и гравитационно-центробежных сил. Грохочением называется процесс разделения на классы по размерам кусков (зерен) материала при его перемещении на ячеистых поверхностях. В качестве последних используют колосниковые решетки, штампованные решета, сетки и щелевидные сита, выполненные из металлов и полимерных материалов и характеризующиеся формой и размерами ячеек. Грохочение широко применяют при утилизации и переработке подавляющего большинства твердых отходов.

Измельчение и разделение отходов по крупности

При грохочении смесь зерен отходов разделяется на две фракции:

- надрешетный продукт, состоящий из зерен с размером больше отверстий рассеивающей поверхности;
- подрешетный продукт, зерна которого прошли через отверстия.

Грохочение осуществляется с помощью грохотов. Разделение материалов на грохоте становится возможным благодаря колебательным движениям ячеистых поверхностей, в результате которых разделяемые материалы встряхиваются и зерна с размером меньше размера отверстия проходят сквозь него.

Измельчение и разделение отходов по крупности

Продукт, прошедший через отверстия данного сита, но оставшийся на следующем сите шкалы, называют классом крупности или фракцией. В технике применяют два способа обозначения классов: от - до и минус - плюс. Более широкое распространение получил второй способ. Например, класс крупности -40 +20 мм означает, что крупность материала >20, но< 40 мм.

Классификация грохочения проводится по крупности просеиваемого материала и по размеру отверстия просеивающей поверхности.

Измельчение и разделение отходов по крупности

Классификация грохочения

Вид грохочения	Крупность исходного материала, мм	Размер отверстия просеивающей поверхности, мм
Крупное	−1200	100 – 300
Среднее	−350	25 – 60
Мелкое	−75	6 – 25
Тонкое	−10	0,5 – 5
Особо тонкое	−1	До 0,05

Измельчение и разделение отходов по крупности

Грохоты различаются геометрической формой, характером движения просеивающей поверхности, ее расположением относительно горизонтальной плоскости и другими признаками. Просеивающая поверхность грохота может быть:

- плоской,
- цилиндрической,
- вогнутой.

В соответствии с этим бывают грохоты:

- плоские,
- барабанные,
- дуговые.

По расположению просеивающей поверхности относительно горизонтальной плоскости грохоты бывают горизонтальные и наклонные.

Измельчение и разделение отходов по крупности

По характеру движения просеивающей поверхности грохоты подразделяются на:

- неподвижные,
- подвижные с круговым движением,
- подвижные с прямолинейным движением.

Измельчение и разделение отходов по крупности

Для грохочения используют следующие грохоты:

- неподвижные колосниковые,
- валковые,
- барабанные вращающиеся,
- дуговые,
- ударные,
- плоские качающиеся,
- гирационные,
- вибрационные с прямолинейными вибрациями (резонансные, самобалансные, с самосинхронизирующимися вибраторами)
- с круговыми или эллиптическими вибрациями (инерционные с дебалансным вибратором, самоцентрирующиеся, электровибрационные).

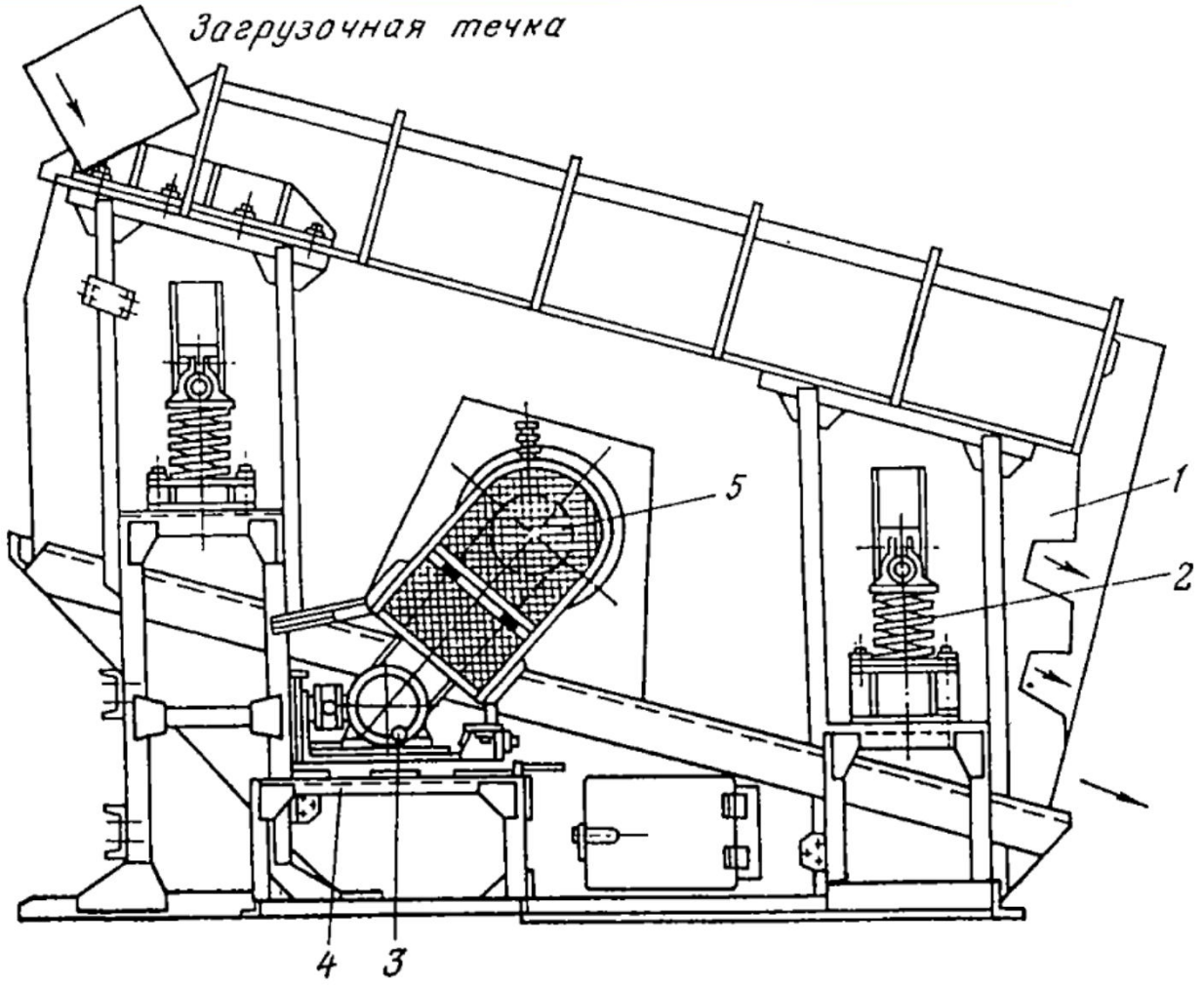
Измельчение и разделение отходов по крупности

Наиболее широко для рассеивания различных зернистых материалов, в том числе и отходов, используют вибрационные грохоты с круговым движением просеивающей поверхности. Такие грохоты характеризуются простотой конструкции и регулировки, надежностью в эксплуатации и универсальностью. Вибрационные грохоты изготавливаются в подвесном и опорном исполнениях. Более удобны в работе опорные грохоты.

Измельчение и разделение отходов по крупности

Виброгрохоты отличаются наличием вибрационного возбудителя. В большинстве конструкций используют центробежные (дебалансные) вибровозбудители с вращающейся неуравновешенной массой (инерционным элементом). Существуют также грохоты с электромагнитным вибровозбудителем, в которых колебания генерируются за счет воздействия переменного магнитного поля на ферромагнитные тела.

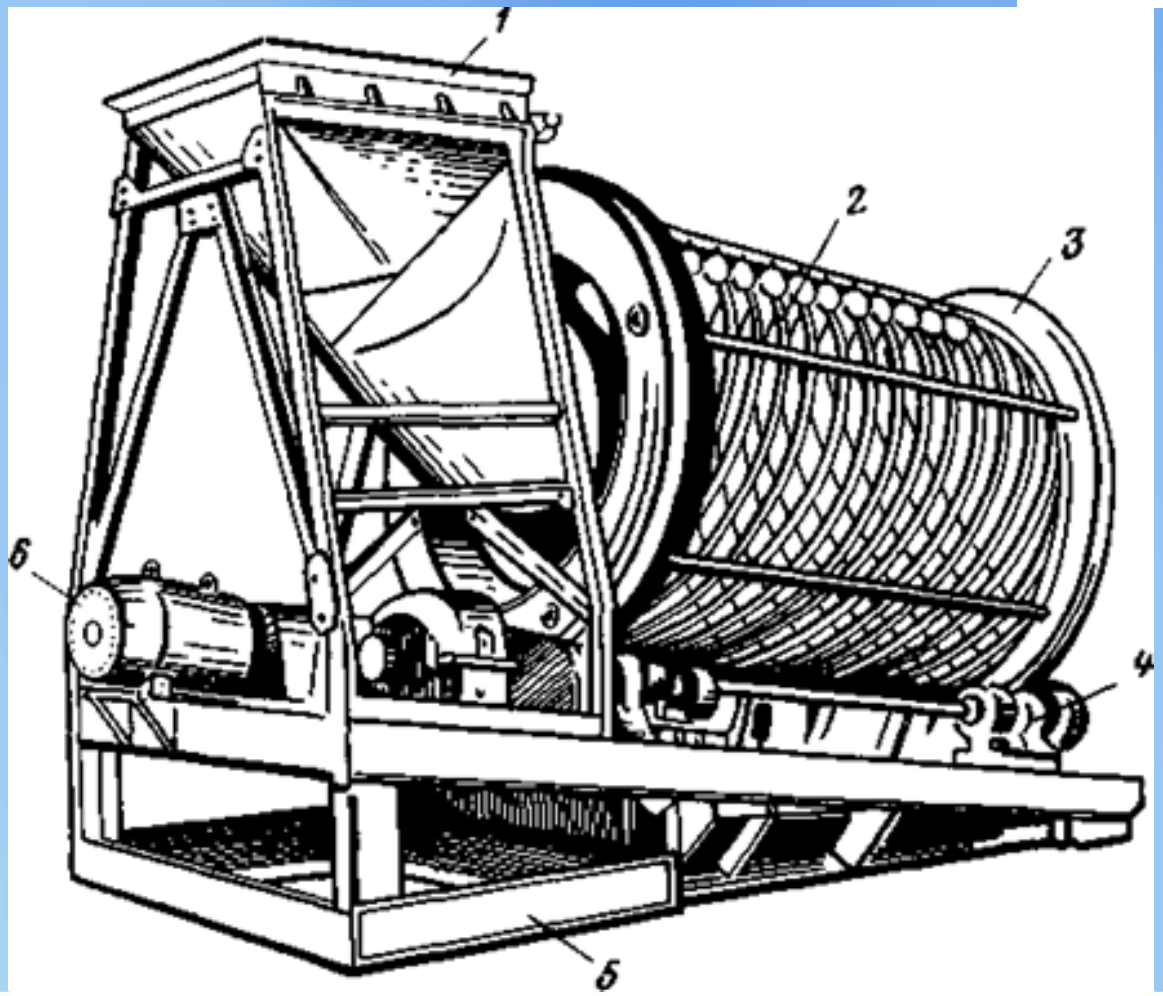
Измельчение и разделение отходов по крупности



Легкий инерционный грохот ГИЛ43:

1 – короб; *2* – пружинные амортизаторы; *3* – электродвигатель; *4* – рама; *5* – инерционный вибровозбудитель

Измельчение и разделение отходов по крупности



Грохот барабанный со спиральными колосниками. 1 — питающая воронка; 2 — колосники; 3 — опорный бандаж; 4 — приводной ролик; 5 — рама; 6 — электропривод

Измельчение и разделение отходов по крупности

Технические характеристики инерционных наклонных грохотов легкого и среднего типа

Показатели	Грохоты легкого типа					Грохоты среднего типа	
	ГИЛ 32	ГИЛ 42	ГИЛ 43	ГИЛ 52	ГИК 52	ГИС 42	ГИС 52
Размеры просеивающей поверхности, мм	1250×2500	1500×3750	1500×3750	1750×4500	1750×3000	1500×3750	1750×4500
Количество сит, шт.	2	2	2	2	2	2	2
Угол наклона короба, град.	10 – 25	10 – 25	10 – 25	10 – 25	14 – 18	10 – 25	10 – 25
Частота колебаний короба, $мин^{-1}$	1150	900; 1000	970	870	900;970	900	900
Амплитуда колебаний (полуразмах), мм	2,5	3; 3,5	2,5	3; 2,5	3; 3,5	4,5	3,7
Размеры отверстий сит, мм	6; 10; 25; 50	6; 10; 13; 25; 50	13; 25; 50	55; 30	60; 35; 50	40; 12	40; 12
Мощность электродвигателя, кВт	4,0	7,5	7,5	7,5	13	10	15
Масса, кг	1740	3300	4120	3540	3400	3500	3935
Максимальная производительность, т/ч	100	180	200	250	400	70 $м^3/ч$	100 $м^3/ч$

Измельчение и разделение отходов по крупности

Технические характеристики инерционных наклонных грохотов тяжелого типа

Показатели	Значения характеристик для грохота									
	ГИТ32Н	ГИТ41	ГИТ41А	ГИТ42Н	ГИТ51Б	ГИТ51Н	ГИТ51А	ГИТ52Н	ГИТ61СО	ГИТ71Н
Размеры просеивающей поверхности, м	15,2×2,5	1,5×3	1,5×3	1,5×3	1,75×4,5	1,75×3,5	1,75×3,5	1,75×3,5	2×6	2,5×5
Количество сит, шт.	2	1	1	2	1	1	1	2	1	1
Угол наклона короба, град.	10 – 30	10 – 30	10 – 30	10 – 30	10 – 30	10 – 30	10 – 30	10 – 30	15 – 25	10 – 30
Частоты колебаний короба, $мин^{-1}$	776; 970	800	970	970	640; 720; 800	640; 720; 800; 970	600; 645; 720	543; 970	1000	520; 650; 730
Амплитуда колебаний (полуразмах), мм	3 – 5	3	3 – 5	3 – 5	3 – 7	3 – 7	5 – 7	3 – 5	4 – 5	3,9 – 7,6
Размеры отверстий сит, мм	20; 80; 40; 12×12	80; 40; 25×25	8 – 12	12; 16; 20; 25; 40	8 – 12	6 – 80	50 – 150	20 – 100	20 – 100	50 – 120
Мощность электродвигателя, кВт	10	13	13	13	17	17	22	22	17	30
Масса, кг	5130	5450	5980	5980	6030	6890	8506	7320	1200	15615
Максимальная производительность, т/ч	360	670	120-230	850	50 - 60	1000	300-1000	1000	135	1200 $м^3/ч$

Измельчение и разделение отходов по крупности

Рабочим элементом любого грохота является просеивающая поверхность. Большое влияние на долговечность просеивающих поверхностей грохотав оказывает природа материала, из которого они изготовлены. Металлические просеивающие поверхности быстро изнашиваются, срок службы металлосеток составляет всего 50 - 100 ч, после чего они подлежат замене.

В последние годы широко используются просеивающие поверхности из полимерных материалов. Для крупного грохочения применяют просеивающие поверхности из резины, усиленные стальной арматурой, а также резиновые карты и полурезиновые сита. Среднее и мелкое грохочение проводят с помощью резиновых карт, резиновых и полиуретановых матов и полиуретановых армированных панелей. Для этих же целей используют струнные и резинотросовые сита.

Измельчение и разделение отходов по крупности

Основным показателем грохочения является эффективность процесса E (%), определяемая отношением количества подрешетного продукта к его общему количеству в исходном материале:

$$E = \frac{10^4(a - v)}{a(100 - v)}$$

где a и v - содержание нижнего класса соответственно в исходном материале и подрешетном продукте, %.

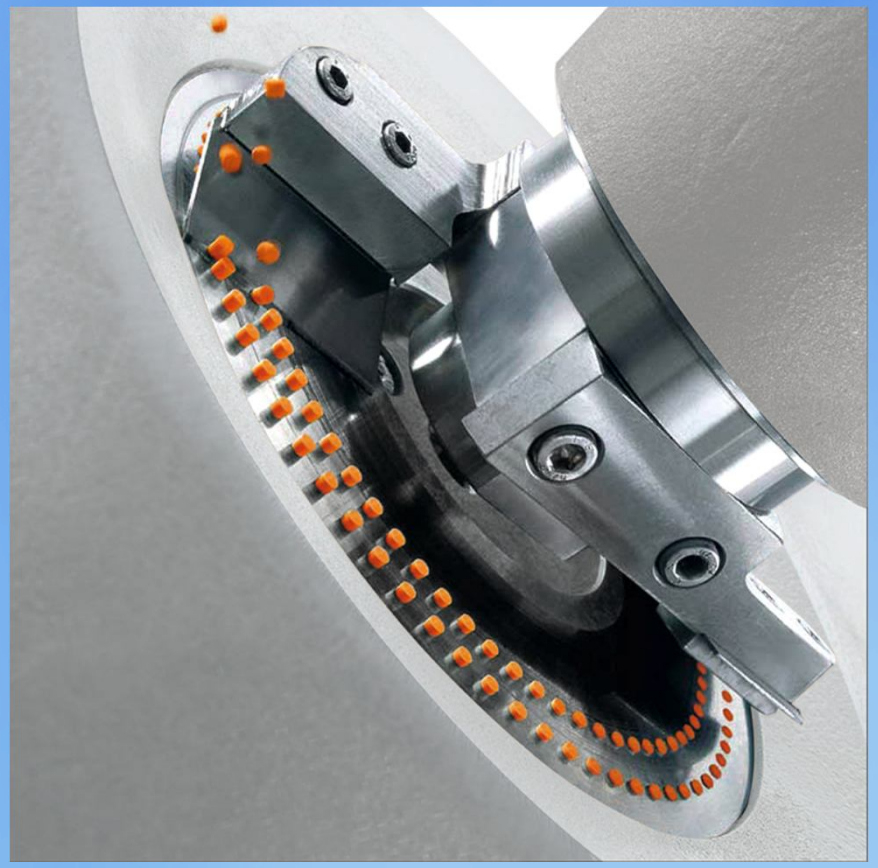
ЛЕКЦИЯ 5

«ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ОТХОДОВ: АГРЕГИРОВАНИЕ ОТХОДОВ И СМЕШЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ»

Наряду с методами уменьшения размеров кусковых материалов и их разделения на классы крупности при переработке твердых отходов большое распространение имеют методы, связанные с укрупнением мелкодисперсных частиц, имеющие как самостоятельное, так и вспомогательное значение и объединяющие различные приемы гранулирования, таблетирования, брикетирования и высокотемпературной агломерации.

Гранулирование

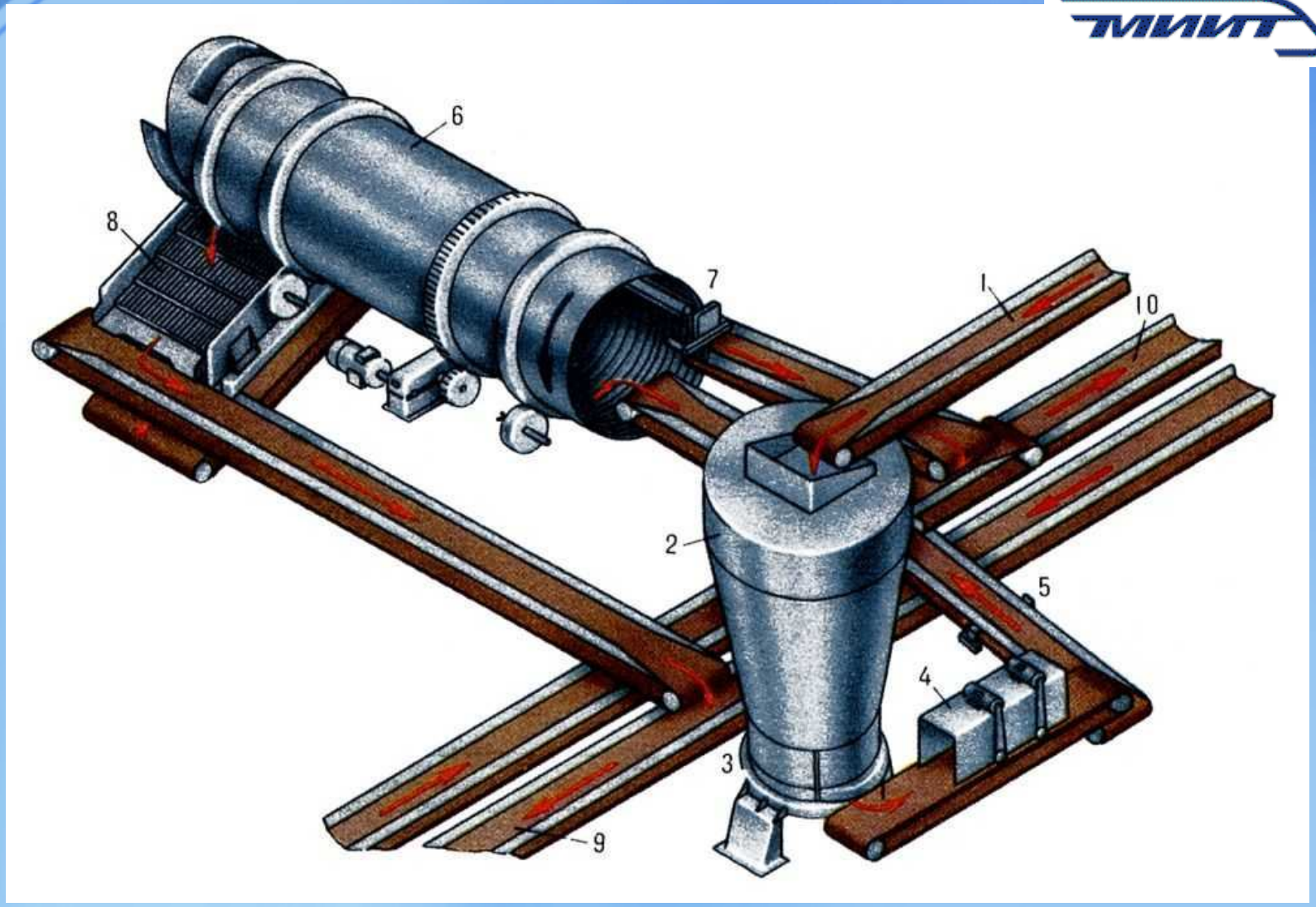
Гранулирование. Методы гранулирования охватывают большую группу процессов формирования агрегатов, обычно сферической или цилиндрической формы, из порошков, паст или расплавов перерабатываемых материалов. Эти процессы основаны на различных приемах обработки материалов.



Гранулирование

Гранулирование порошкообразных материалов окатыванием наиболее часто проводят в ***ротационных*** (барабанных, тарельчатых, центробежных, лопастных) и ***вибрационных*** грануляторах различных конструкций. Производительность этих аппаратов и характеристики получаемых гранул зависят от свойств исходных материалов, а также от технологических параметров (расхода порошков и связующих, соотношения ретура- затравки и порошка, температурного режима, частоты вращения, коэффициента заполнения аппарата) и конструктивных факторов (геометрических размеров аппарата, угла наклона и др.).

Гранулирование



1 – подача материала; 2, 3 - бункер концентрата с тарельчатым питателем; 4 - весовой дозатор; 5 - рыхлитель шихты; 6 - барабанный гранулятор; 7 - очистительный нож; 8 - грохот для сырых окатышей

Гранулирование

Получившие большое распространение на практике барабанные грануляторы часто снабжают различными устройствами для интенсификации процессов, предотвращения прилипания порошков к рабочей поверхности, сортировки ·гранул по размерам. Они характеризуются большой производительностью (до 70 т/ч), относительной простотой конструкции, надежностью в работе и сравнительно невысокими удельными энергозатратами. Однако барабанные грануляторы не позволяют получить гранулят узкого фракционного состава, а также осуществить контроль и управление процессом. Для получения из порошков гранулята, близкого по размерам к монодисперсному, используют тарельчатые (дисковые) грануляторы окатывания, обеспечивающие возможность достаточно легкого управления процессом.

Гранулирование

Тарельчатый гранулятор окатывания ОТ100КО2:

Производительность, кг/ч	80 – 200
Диаметр тарели, мм	1000
Высота борта тарели, мм	150 – 250
Частота вращения тарели, $с^{-1}$	0,11– 1,1
Угол наклона тарели, град	30 – 75
Расход связующей жидкости, кг/ч	30
Расход воздуха, $м^3$/ч	1,5
Габариты, мм:	
длина	1800
ширина	1170
высота	1960
Масса, кг	635

Гранулирование

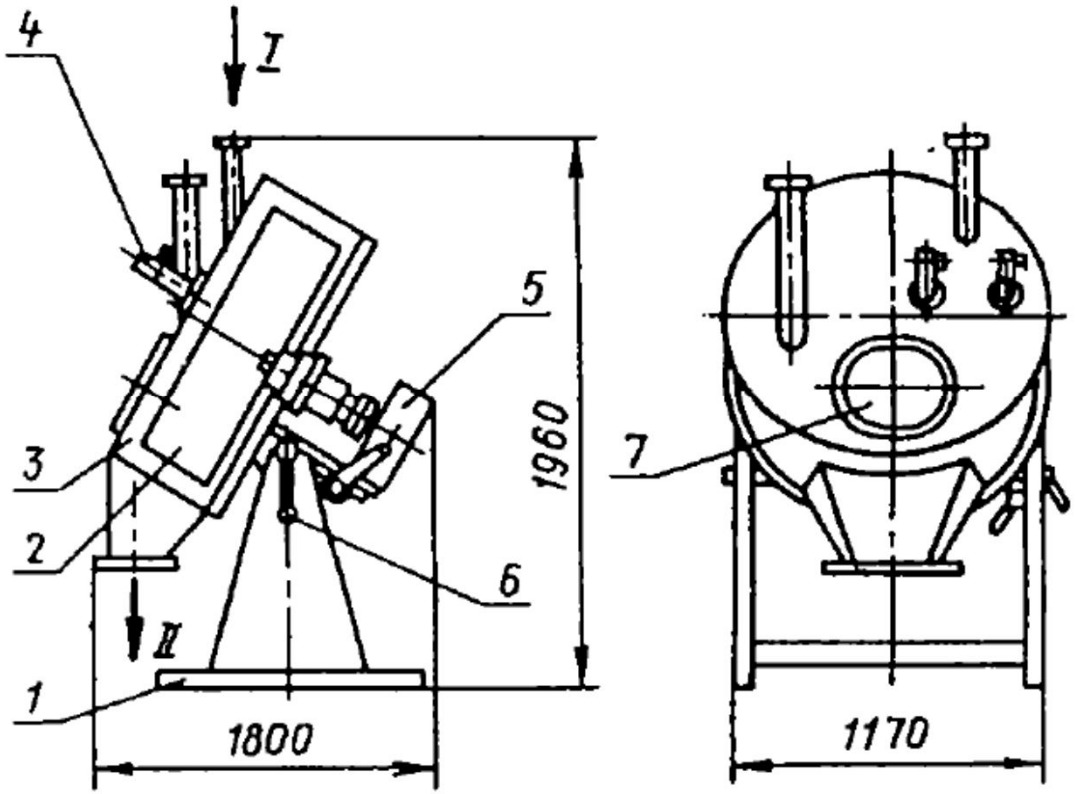


Рис. 6.11. Гранулятор окатывания тарельчатый ОТ100К02:

1 – станина; *2* – тарель; *3* – кожух; *4* – форсунка; *5* – электропривод; *6* – механизм поворота; *7* – смотровой люк; *I* – вход порошка; *II* – выход гранул

Гранулирование

Гранулирование порошков происходит следующим образом.

Материал поступает на наклонную вращающуюся тарель 2, увлажняется связующей жидкостью, подаваемой через форсунку 4, и окатывается до гранул заданной величины. Угол наклона тарели регулируется с помощью механизма 6.

Существует много конструкций тарельчатых грануляторов, различающихся размерами, наличием или отсутствием отдельных конструктивных элементов, а также их формой и расположением. Обычно применяют тарели (чаши, диски) диаметром 1 - 6 м, с высотой борта до 0,6 м.

Гранулирование

Тарельчатый гранулятор

Гранулирование

Связь производительности тарельчатого гранулятора Q (т/ч) с диаметром D тарели (м) в общем виде выражается зависимостью:

$$Q = KD^2$$

где К- коэффициент грануляции, значение которого может быть найдено в специальной литературе (для летучей золы, например, к= 0,4 - 0,55).

Гранулирование

Гранулирование порошков прессованием характеризуется промежуточной стадией упругопластического сжатия их частиц, происходящего под действием давления и нагрева (иногда при перемешивании) с образованием коагуляционной структуры. Давление начала процесса прессового гранулирования определяется пределом текучести наименее прочного компонента перерабатываемого порошка.

Прессовое гранулирование проводят в валковых и таблеточных машинах различной конструкции, червячных и ленточных прессах, дисковых экструдерах и некоторых других механизмах с получением агломератов различной формы и размеров.

Гранулирование

Валковые грануляторы снабжают прессующими элементами с рабочей поверхностью различного профиля, что позволяет получать спрессованный материал в виде отдельных кусков (обычно с поперечным сечением до 30 мм), прутков, плиток и полос. Эти механизмы часто совмещают с дробилками (обычно также валкового типа), обеспечивающими получение из спрессованных полупродуктов гранул заданных размеров.

Гранулирование

Производительность валковых грануляторов составляет 5 - 100 т/ч. Ориентировочно ее можно оценить по формуле:

$$Q = 188{,}4 * 10^3 * \psi * \rho_H * b * n * L * D$$

где b - ширина зазора между валками, м; L - длина валка, м; D - диаметр валка, м; ρ_H - насыпная плотность исходного материала, кг/м3 ; n- частота вращения валков, 1/с; ψ = 0,5 - 0,6.

Гранулирование

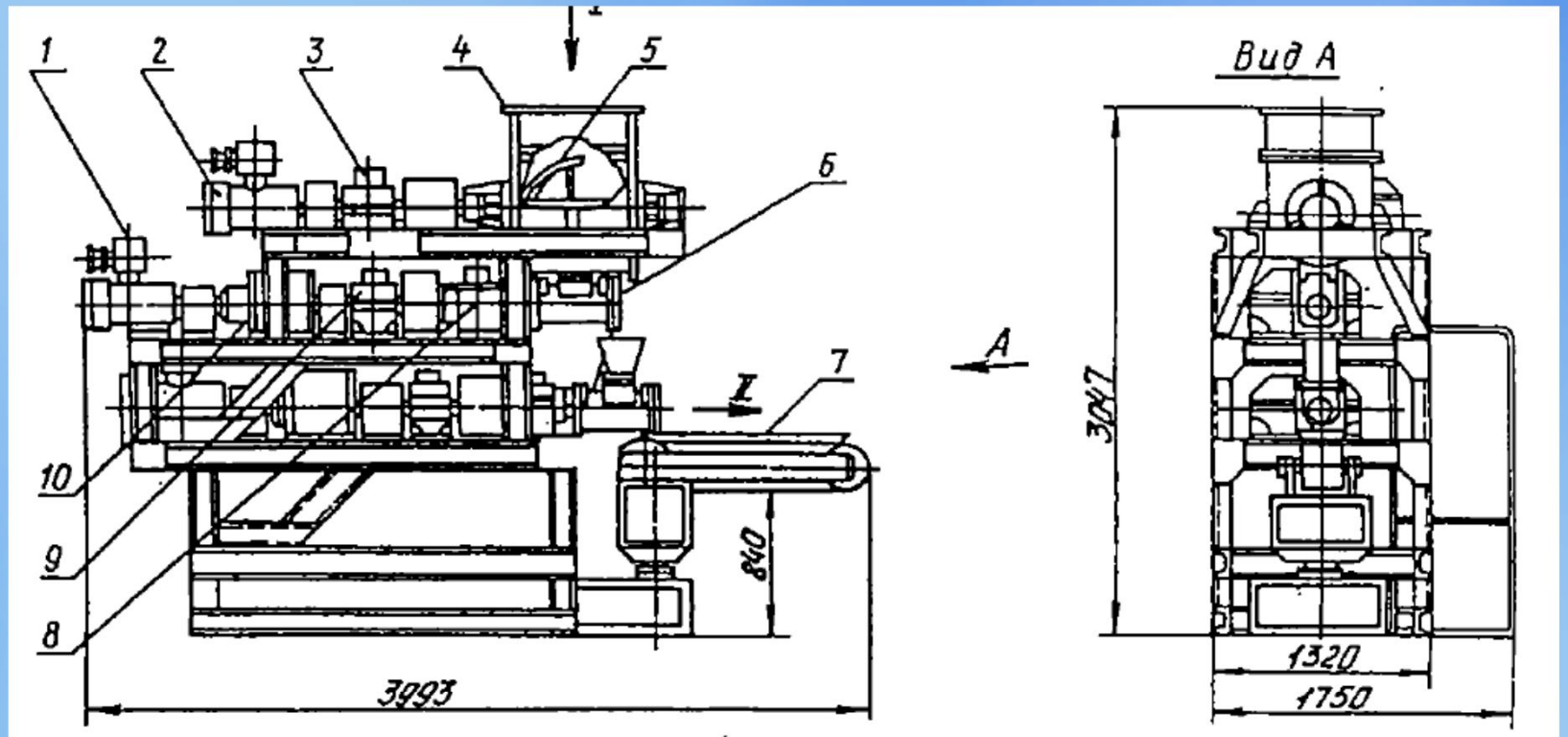


Рис. 6.12. Гранулятор шнековый ФШ010К02:

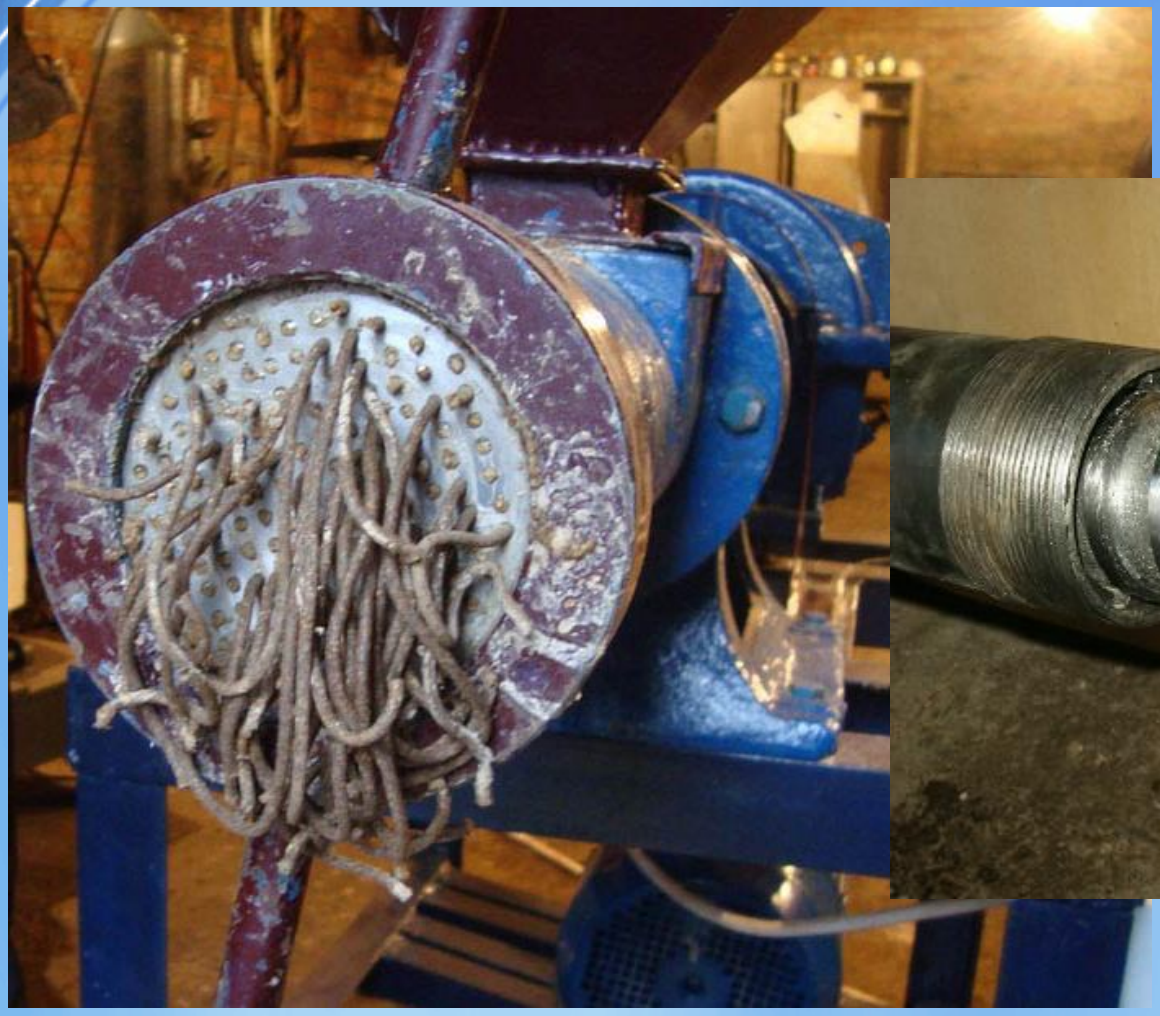
1 – электродвигатель привода шнека; *2* – электродвигатель ворошителя; *3* – редуктор; *4* – бункер-накопитель; *5* – Z-образный ворошитель; *6* – фильерная решетка; *7* – ленточный транспортер-раскладчик; *8* – корпус; *9* – редуктор; *10* – вариатор; *I* – вход порошка; *II* – выход гранул

Гранулирование

Характеристики шнековых и роторных гнануляторов пастообразных материалов

Показатели	ФШ010К2	ФШ015К02	ФШ020К01	ФР047К01	ФР070К03
Производительность, кг/ч	400	500	1500	550	1540
Диаметр гранул, мм	3 – 5	5	3 – 4	5	5
Диаметр шнека, мм	100	150	200	–	–
Диаметр ротора, мм	–	–	–	468	702
Частота вращения шнека, $с^{-1}$	0,32 - 0,64	0,32; 0,48	0,73	–	–
Габариты, мм:					
длина	3993	3810	3680	2915	26840
ширина	1750	887	1180	1320	3660
высота	3047	1700	1015	1935	3050
Масса, кг	2840	1300	2100	2660	59800

Гранулирование



Шнековый гранулятор

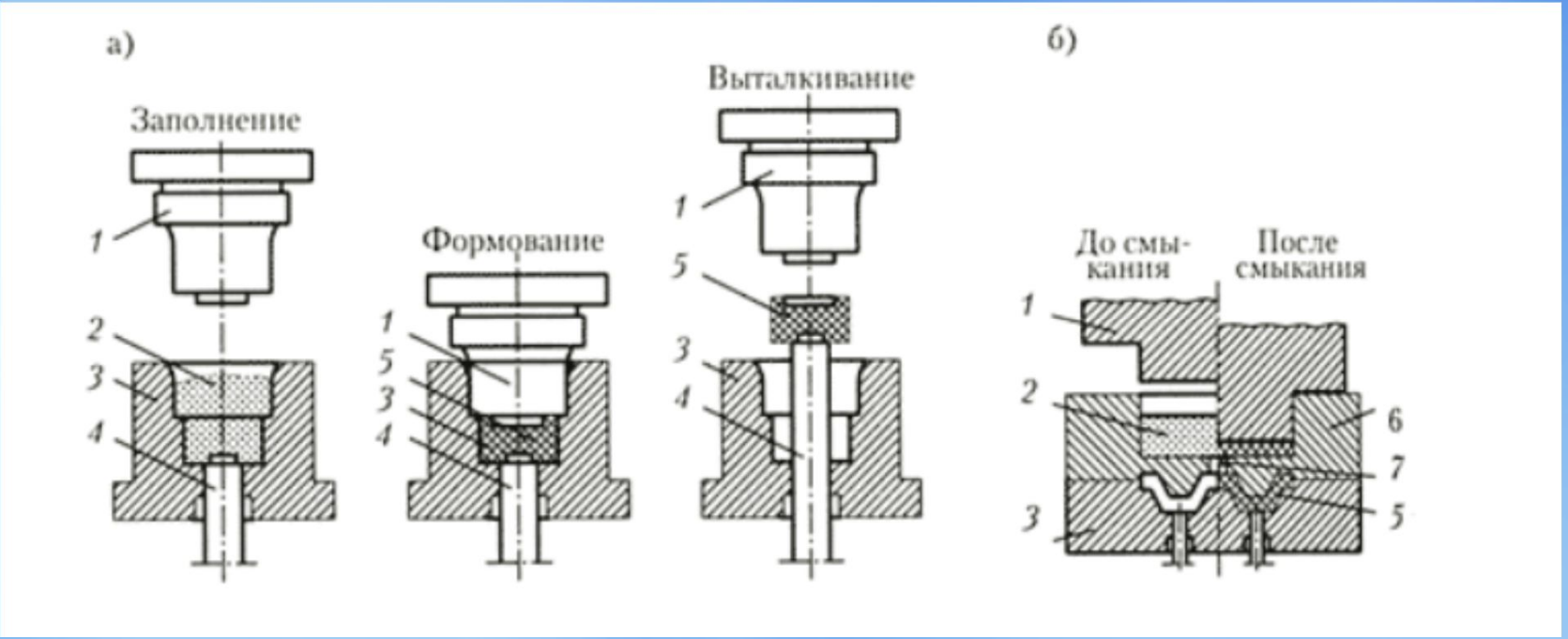
Гранулирование

Отдельную группу грануляторов представляют ***аппараты гранулирования порошков в дисперсных потоках***. Процесс в таких грануляторах основан на столкновениях частиц порошка или порошка и жидкой фазы в турбулизованном потоке циркулирующего в аппарате или проходящего через него воздуха. или газа. Турбулентный контакт частиц гранулируемых материалов в потоке сплошной фазы может обеспечиваться в струйных грануляторах или в грануляторах кипящего слоя либо посредством воздействия на частицы вибрационных (грануляторы виброкипящего слоя) или других механических возмущений.

Таблетирование

Таблетирование. При производстве из промытленных отходов некоторых адсорбентов порошковые материалы таблетируют с использованием машин различных типов, принцип действия большинства из которых основан на прессовании пуансонами дозируемых в матричные каналы порошков. Получаемые таблетки характеризуются разнообразной формой (цилиндры, сферы, полусферы, диски, кольца и т.п.) и имеют диаметр поперечного сечения 6 - 12 мм. Производительность наиболее распространенных таблеточных машин составляет от 3 до 96 тыс. таблеток в час.

Таблетирование

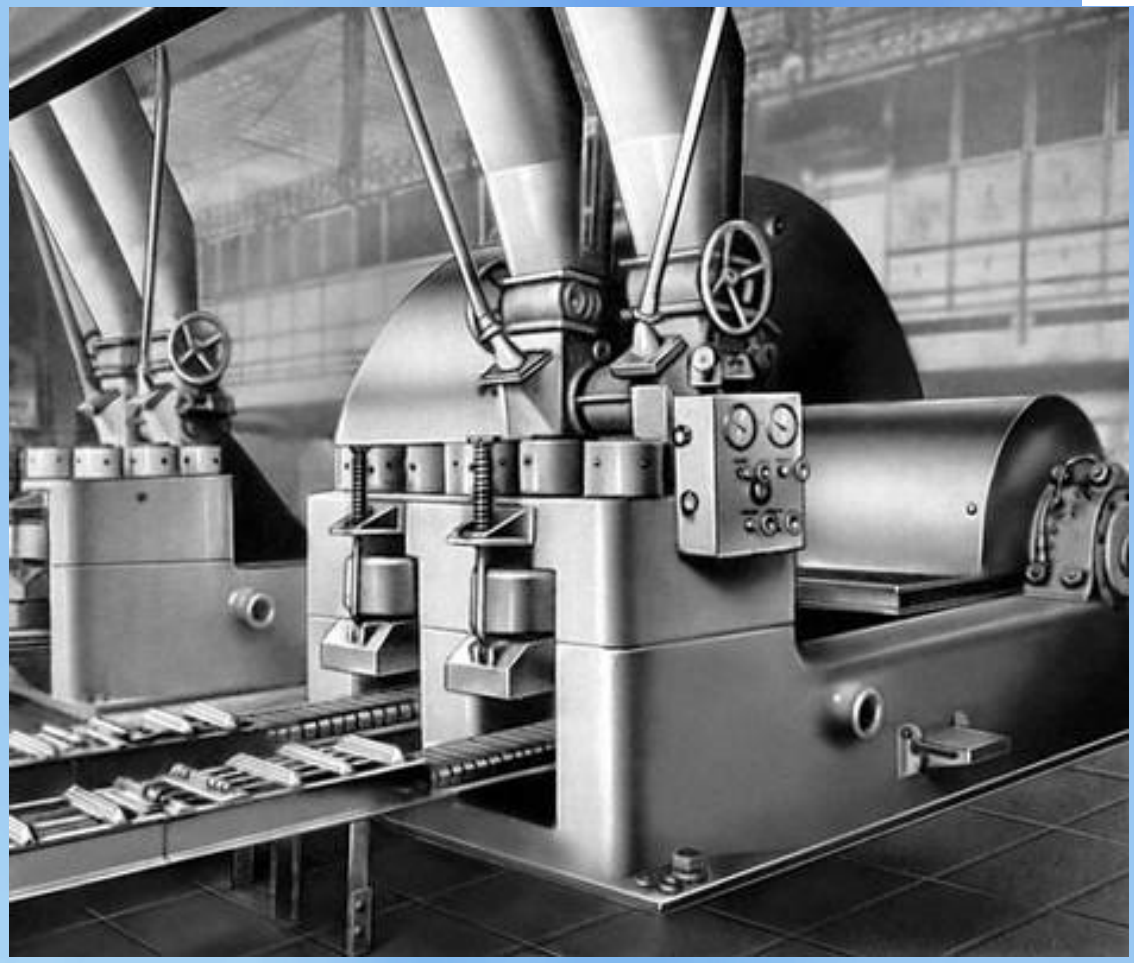


Схемы: а – прямого (компресионного) и б – литьевого (трансферного) прессования: 1 – пуансон; 2 – пресс-материал; 3 – матрица; 4 – выталкиватель; 5 – изделие; б – загрузочная камера; 7 – литниковая система

Брикетирование

Брикетирование. Брикетирование дисперсных материалов проводят без связующего при давлении прессования, превышающем 80 МПа, и с добавками связующих при давлении, обычно составляющем 15 - 25 МПа. На процесс брикетирования дисперсных материалов существенно влияют состав, влажность и крупность материала, температура, удельное давление и продолжительность прессования. Необходимое удельное давление прессования обычно находится в обратной зависимости от влажности материала. Перед брикетированием материал обычно подвергают грохочению, дроблению, сушке, охлаждению и другим подготовительным операциям. Для брикетирования кусковых отходов используют различные прессовые механизмы. Наибольшее распространение получили штемпельные (давление прессования 100- 120 МПа), вальцовые кольцевые (около 200 МПа) прессы различных конструкций.

Брикетирование



Брикетный ленточный штемпельный пресс

Смешение материалов

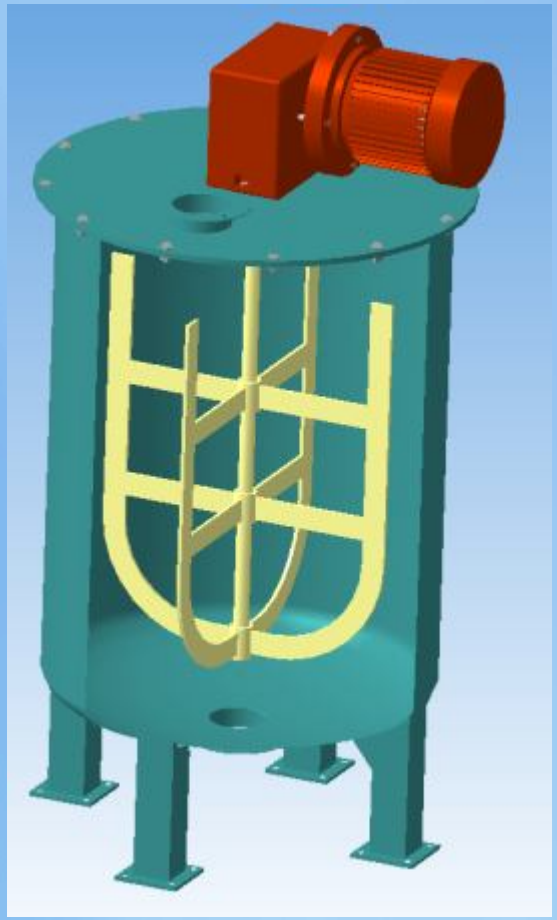
Смешение широко используется при переработке отходов с целью диспергирования материалов друг в друге, получения гомогенной композиции, изменения физического состояния материалов, ускорения химических и физико-химических процессов. Различают смешение в жидкой фазе, когда по крайней мере один из перемешиваемых материалов является жидкостью; смешение в вязкотекучем состоянии, когда хотя бы один из материалов является вязкой жидкостью или расплавом, и смешение в твердой фазе, когда смешиваемые материалы являются сыпучими порошками.

Смешение материалов

Существующие смесительные механизмы периодического и непрерывного действия основаны на использовании ***механических, гравитационных и пневматических*** способов взаимного перемещения частиц обрабатываемых материалов и отличаются большим разнообразием конструкций.

В зависимости от целей смешения, свойств смешиваемых материалов, их физического состояния, особенностей технологического процесса используют ***механическое, барботажное, циркуляционное и поточное*** смешение. Процесс смешения может быть непрерывным и периодическим. При непрерывном смешении необходимая гомогенизация смеси или другое изменение ее состояния достигаются за один проход через непрерывно действующее оборудование.

Смешение материалов



При периодическом смешении композиция многократно перемешивается смесительными органами в какой-либо емкости до достижения необходимого качества смеси, после чего выгружается из смесителя. При переработке различных жидких отходов наиболее часто применяют механическое перемешивание при помощи аппаратов с ***лопастными, пропеллерными, якорными*** и другими мешалками.

Смешение материалов

Некоторые характеристики смесителей с мешалками

Показатели	Виды мешалок				
	лопастные[1]	пропеллерные[2]	якорные[3]	рамные[3]	турбинные открытого типа[3]
Вязкость перемешиваемых материалов, Па·с	0,1 – 50	0,001 – 10	0,1 – 5	1 – 100	0,001 – 5
Объем аппарата, $м^3$	1 – 50	1 – 50	1 – 10	1 – 50	1 – 50
Максимальная окружная скорость мешалки, м/с	1,5 – 5,0	3,8 – 16,0	0,5 – 4,0	0,8 – 7,0	2,5 – 10,0
Диаметр мешалки, мм	700 – 2650	300 – 1000	800 – 2800	800 – 2800	300 – 1000
Скорость вращения, $с^{-1}$	0,11 – 1,5	2,0 – 16,7	0,3 – 0,97	0,3 – 0,97	2,0 – 10,5
Мощность, кВт	0,01 – 17,8	0,04 – 56,8	0,01 – 26,6	0,01 – 63,8	0,06 – 93,8

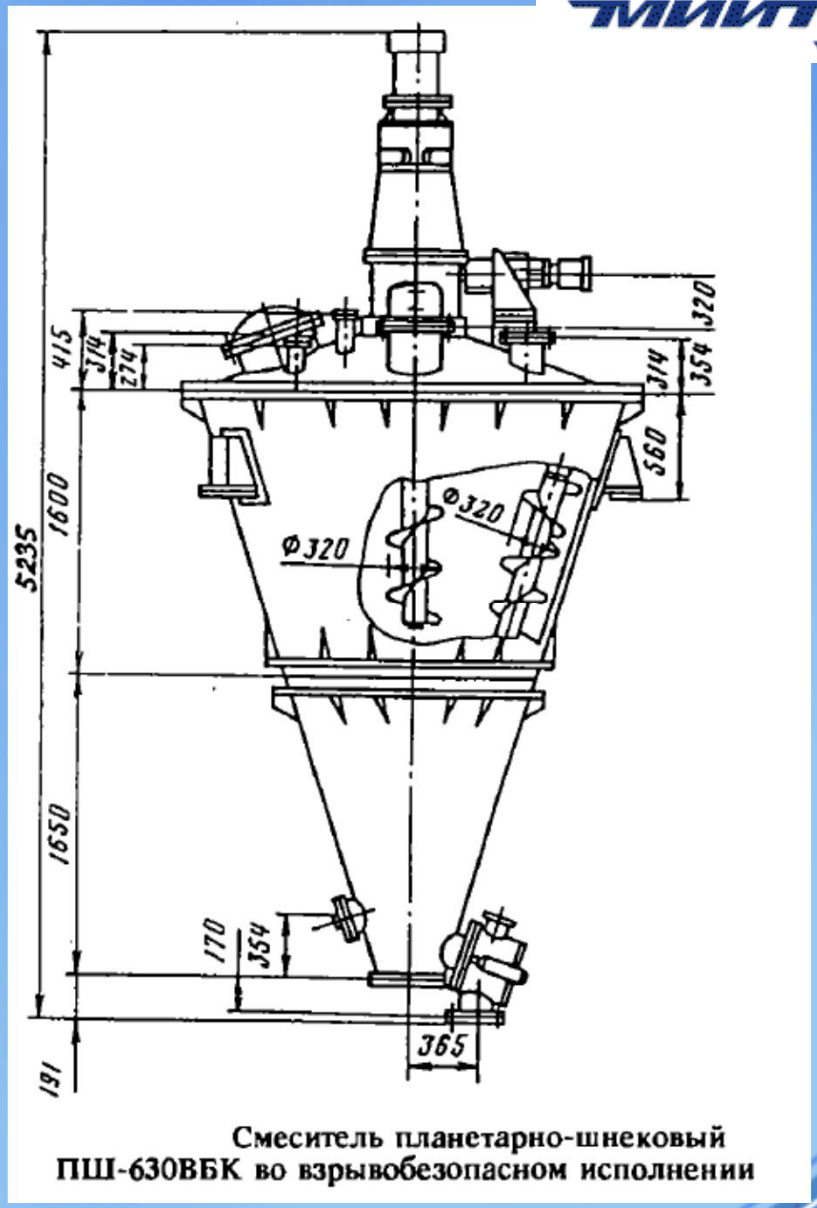
[1] Служат для смешивания жидкостей, растворения твердых веществ в жидкостях, кристаллизации, выравнивания температуры жидкости.

[2] Для смешивания жидкостей, выравнивания температуры.

[3] Для смешивания вязких жидкостей, диспергирования твердых частиц в вязких жидкостях.

Смешение материалов

Для смешения и усреднения сыпучих материалов с крупностью частиц до 5 мм и насыпной плотностью не более 1,3 г/см используют планетарно-шнековые смесители периодического действия, представляющие собой коническую смесительную камеру с расположенными в ней двумя шнеками



Смеситель планетарно-шнековый ПШ-630ВБК во взрывобезопасном исполнении

Смешение материалов

Смесители могут выпускаться с различным объемом смесительной камеры и в разных исполнениях, пригодных для перемешивания взрывоопасных, коррозионноактивных и других материалов. В некоторых процессах утилизации отходов используется барботажное перемешивание. Такой способ заключается в пропускании через жидкость многочисленных пузырьков воздуха, в результате чего она перемешивается с ним. Барботажное перемешивание целесообразно при необходимости интенсифицировать насыщение жидкости кислородом, в частности, оно используегся при сжигании нефтесодержащих отходов, а также в процессах флотационного разделения суспензий и растворов.

Смешение материалов

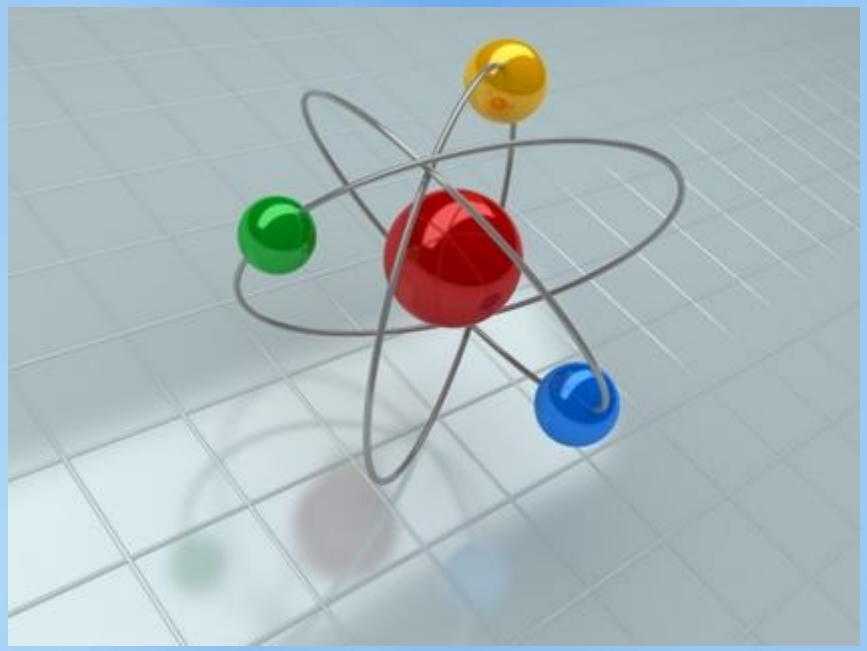
Мешалка лопастная

Смешение материалов

Мешалки

ЛЕКЦИЯ 6

«ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ОТХОДОВ: Физические методы переработки отходов»



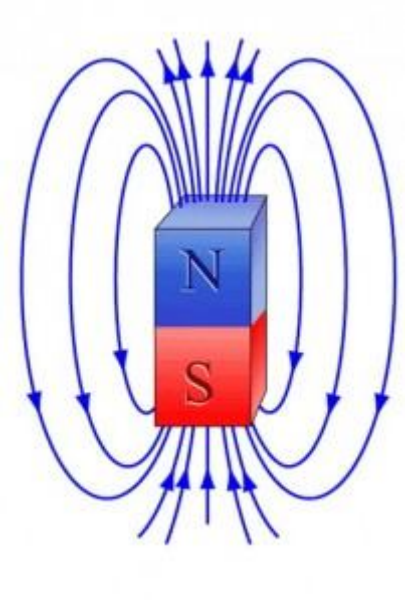
При переработке твердых промышленных отходов используют различные физические методы сепарации, в основе которых лежат различия в магнитных, электрических и других физических свойствах отходов.

Магнитные методы

Магнитные методы тесно переплетаются с гравитационными, а также используются в некоторых видах флотации и тяжелосредной сепарации. Они позволяют создать мощные силы воздействия на материалы, которые превышают силу гравитации в 100 и более раз, что облегчает процессы разделения. Эти методы обладают высокой избирательной способностью, экологической чистотой, простотой обслуживания и низкой себестоимостью.

Магнитные методы используют для отделения парамагнитных (слабомагнитных) и ферромагнитных (сильномагнитных) компонентов смесей твердых материалов от их днамагнитных (немагнитных) составляющих. Магнитной сепарацией можно выделить вещества с удельной магнитной восприимчивостью выше 10 $м^3/кг$.

Магнитные методы



Сильномагнитными свойствами обладают железо и его сплавы, а также магнетит ($FeO \cdot Fe_20_3$), маггелит (Fe_2O_3), пирротин, титаномагнетит, ферросилиций, франклинит, сидерит, слабомагнитные оксиды железа после их обжига и некоторые другие вещества. Ряд оксидов, гидроксидов и карбонатов железа, марганца, хрома и редких металлов относится к материалам со слабомагнитными свойствами. Различные породообразующие минералы (кварц, полевые шпаты, кальцит и т.п.) относятся к немагнитным материалам.

Магнитные методы

Удельной магнитной восприимчивостью $\chi_{уд}$ (м /кг) называют

объемную магнитную восприимчивость вещества $\chi_{об}$ отнесенную к его плотности δ :

$$\chi_{уд} = {}^{\chi_{об}}/_{\delta}$$

Удельную магнитную восприимчивость определяют из уравнения

$$\chi_{уд} = {}^{I}/_{(\mu_0 H)}$$

где I - намагниченность (магнитный момент) вещества; $\mu 0-$ магнитная постоянная; H - напряженность магнитного поля в этом веществе.

Магнитные методы

Магнитная сепарация. В магнитных сепараторах неоднородность магнитного поля создается полюсными наконечниками различной формы.

Для получения магнитных полей с малой величиной grad H применяют естественные или искусственные магниты из специальных сплавов с постоянным магнитным полем. Сильные магнитные поля с высоким градиентом напряженности создаются катушками, питаемыми постоянным током и снабженными стальными сердечинками. При этом чем больше величина намагничивающею тока и количество витков в катушке, тем выше напряженность магнитного поля в рабочем зазоре сепаратора.

Магнитные методы

Магнитная сила $F_{магн}$ действующая на частицу материала, определяется по формуле:

$$F_{магн} = V * \psi * H * grad\, H$$

где V - объем частицы; ψ - объемная магнитная восприимчивость; H - напряженность магнитного поля.

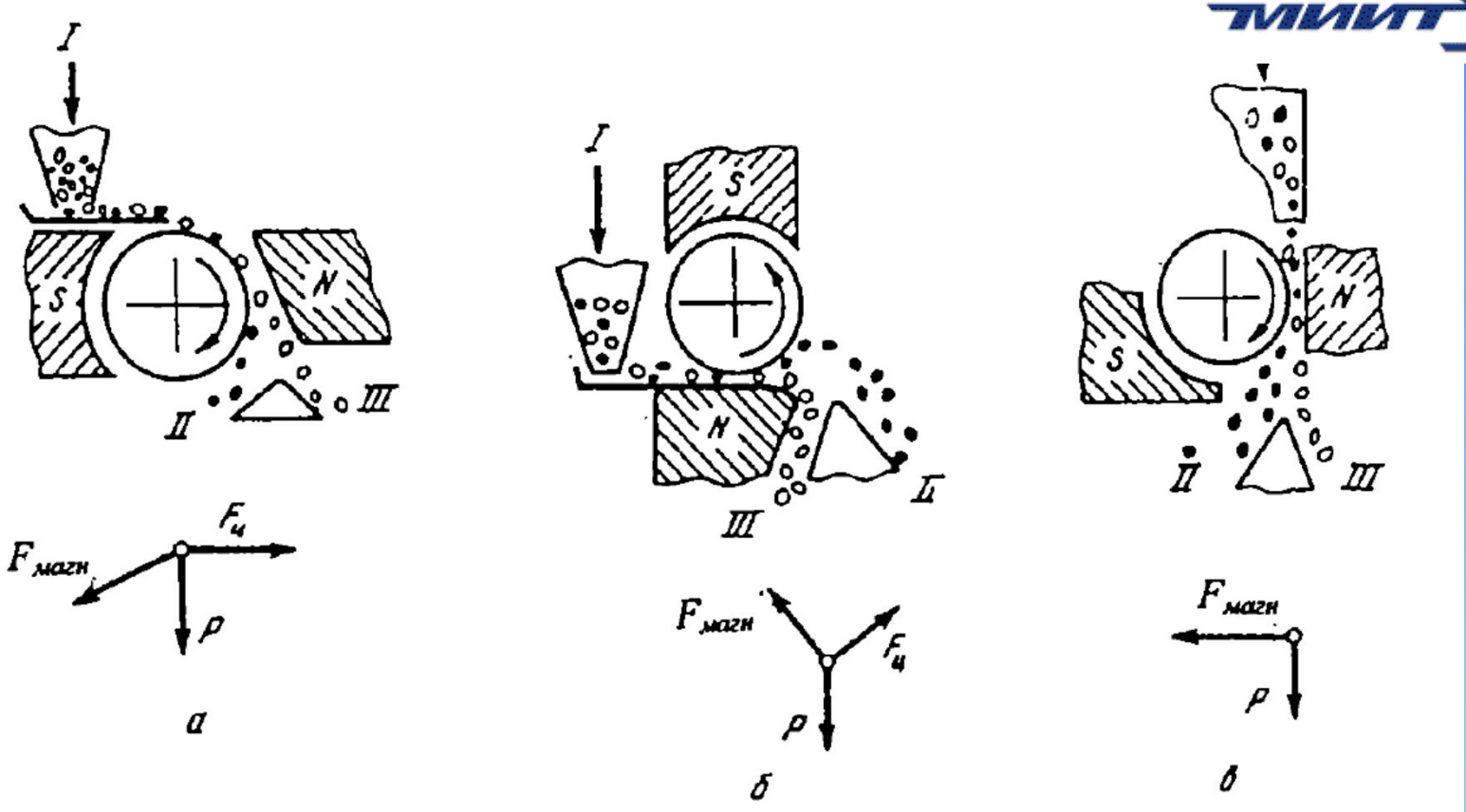
Удельное значение магнитной силы равно:

$$f_{магн} = F_{магн}/Q = \frac{V*\psi*H*gradH}{V*\delta}$$

$$= \chi_{уд} * H * gradH$$

где Q - масса частицы.

Магнитные методы



Принцип работы магнитного сепаратора:

а – верхняя зона; *б* – нижняя зона; *в* – вертикальная зона; *I* – исходное сырье; *II* – магнитный продукт; *III* – немагнитный продукт

Кроме магнитной силы, на частицу, находящуюся в рабочей зоне сепаратора, действуют силы тяжести P, трения $F_п$ центробежная $F_ц$ и сопротивления среды $F_с$.

Магнитные методы

Для успешного разделения магнитных и немагнитных частиц в магнитном поле сепаратора магнитная сила, действующая на магнитные частицы, должна превышать равнодействующую всех механических сил. Взаимодействие между всеми силами зависит от способа подачи сырья в рабочую зону сепаратора, конструктивных особенностей аппарата, режима его работы.

Оценить производительность магнитных сепараторов весьма сложно вследствие влияния на нее многих факторов. Опыт эксплуатации этих аппаратов позволяет в ряде случаев рассчитывать их производительность с использованием выражения:

$$Q = q * n * L_p$$

где Q- производительность сепаратора по сухому исходному питанию, т/ч; q- удельная производительность, т/(м*ч); n- число головных барабанов, валков или роликов в сепараторе; L_p- рабочая длина барабана, валка или ролика, м.

Магнитные методы

Номенклатура электромагнитных сепараторов, используемых для разделения отходов, достаточно велика, и они могут быть классифицированы следующим образом:

- подвесные железоотделители,
- электромагнитные шайбы,
- электромагнитные шкивы,
- Электромагнитные барабаны,
- электромагнитные сепараторы.

Кроме того, выпускаются мобильные электромагнитные установки для отделения магнитных материалов в полевых условиях или в условиях, где нецелесообразно использование стационарной установки.

Различают так же магнитные сепараторы типов:

- Э (электромагнитные);
- П (с постоянным магнитом).

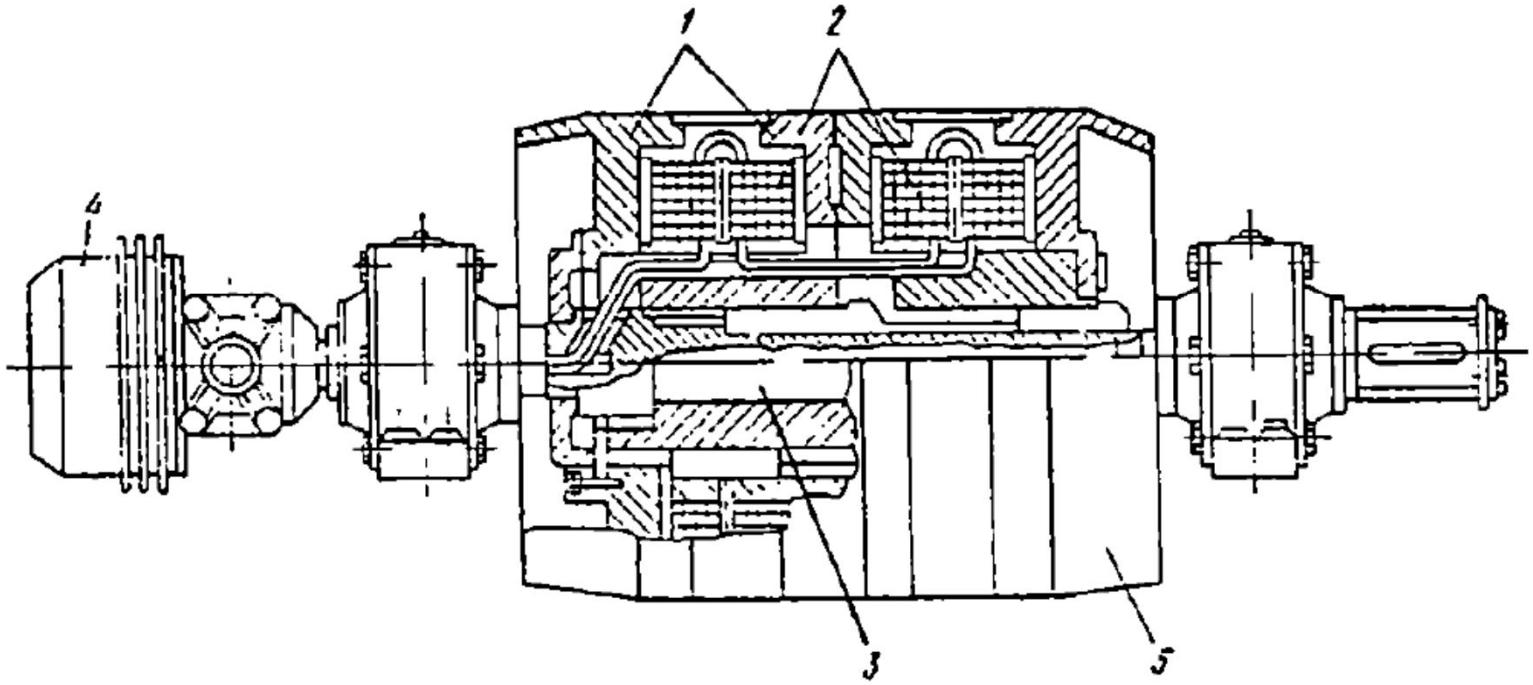
Магнитные методы

Для удаления магнитных материалов из продуктов дробления применяют шкивные электромагнитные сепараторы (железоотделители), которые устанавливаются вместо приводного барабана ленточного конвейера.

Электромагнитный сепаратор состоит из электромагнитной системы, укрепленной на валу, подшипников и токосъемной коробки.

Секции электромагнитной системы неподвижно закреплены на валу, который через редуктор вращается мотором.

Магнитные методы



Электромагнитный шкив ШЭ:

1 – диски-полюсы; *2* – катушка; *3* – вал; *4* – токораспределительная коробка; *5* – корпус шкива

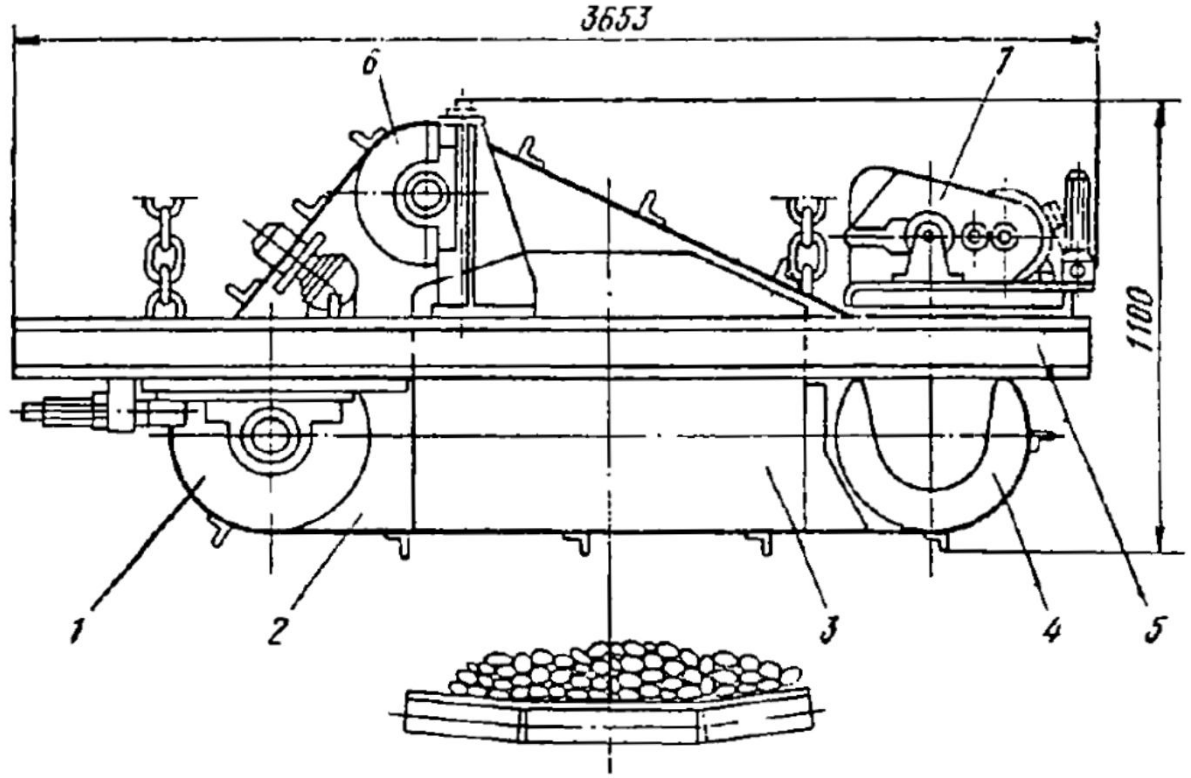
Магнитные методы

Железоотделители подвесные саморазгружающиеся, предназначенные для извлечения и удаления ферромагнитных предметов из сыпучих немагнитных материалов, в том числе из лома и отходов цветных металлов.

Сепараторы типа ПС работают в непрерывном режиме и осуществляют механическую разгрузку конвейера от магнитных материалов.

Магнитные методы

В конструкцию сепаратора входят опорный 1, ведущий 4 и натяжной 6 барабаны, электромагнит 3, разгрузочная лента 2 и привод 7. Все элементы подвесного сепаратора смонтированы на раме 5.



Подвесной электромагнитный сепаратор

Магнитные методы

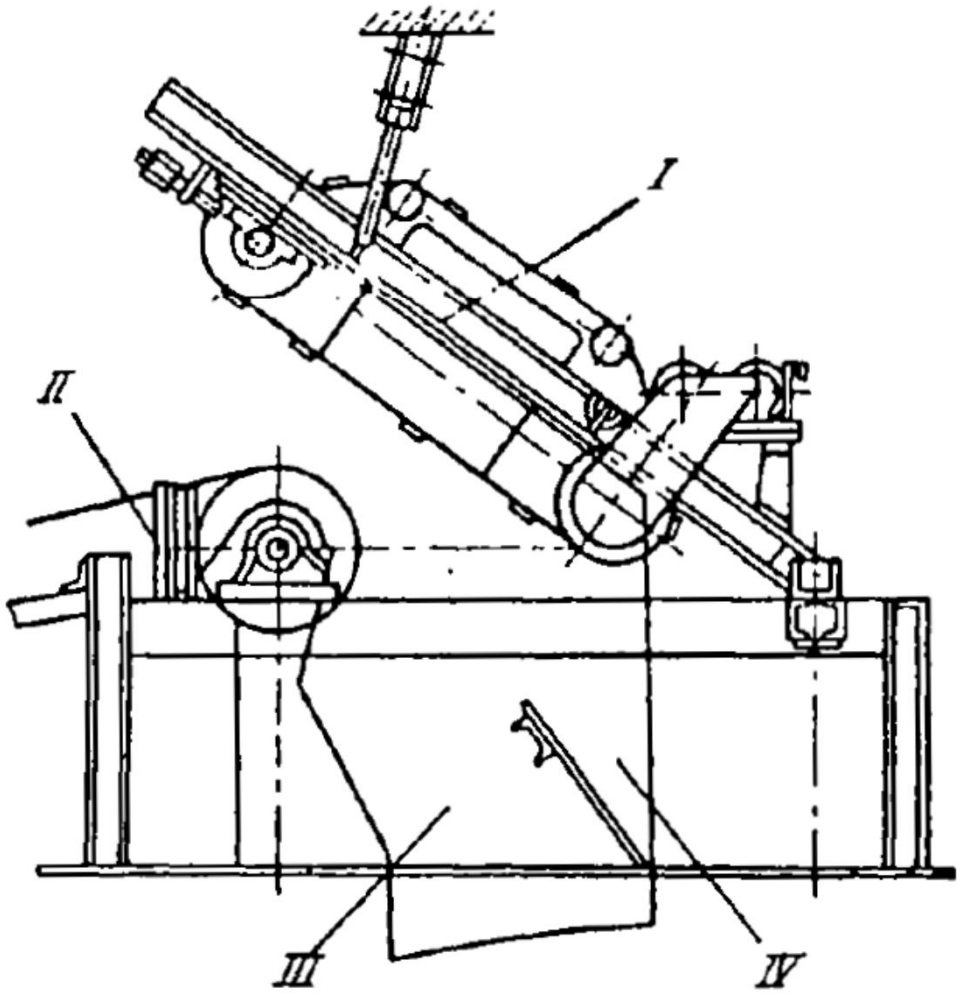
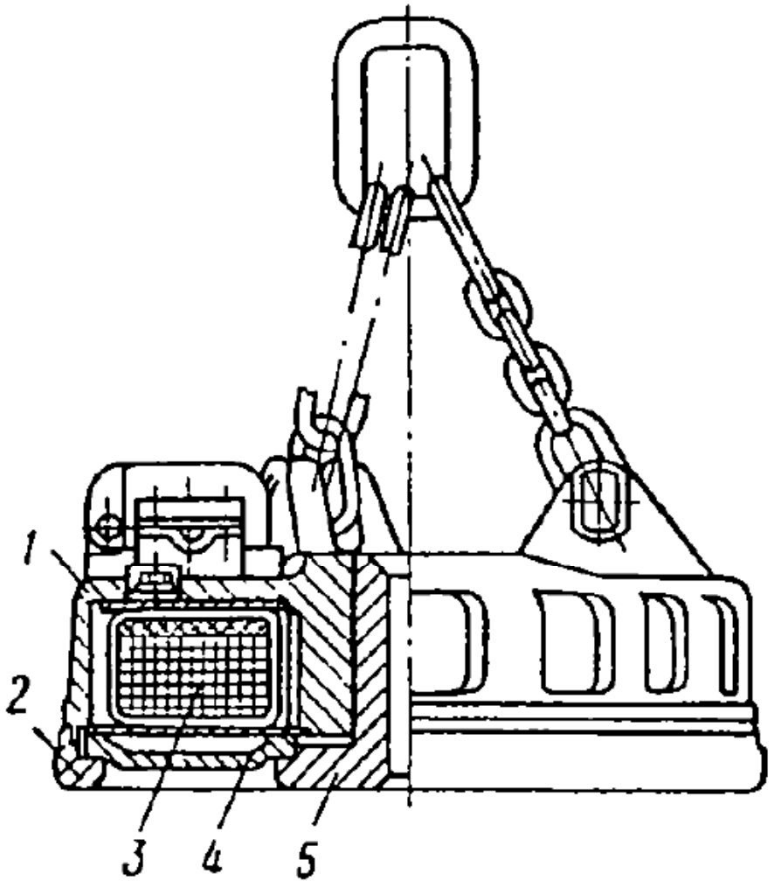


Схема установки железоотделителя (*I*) над барабаном конвейера (*II*) в зоне его разгрузки; *III* – выход цветного металла и *IV* – ферромагнитного материала

Магнитные методы



Электромагнитная шайба:

1 – корпус; *2* – наружный полюс; *3* – катушка; *4* – немагнитная шайба; *5* – внутренний полюс

Для подъема крупных кусков магнитных материалов и транспортировки их для дальнейшего использования применяют грузоподъемные электромагнитные шайбы, которые работают, как правило, в периодическом режиме.

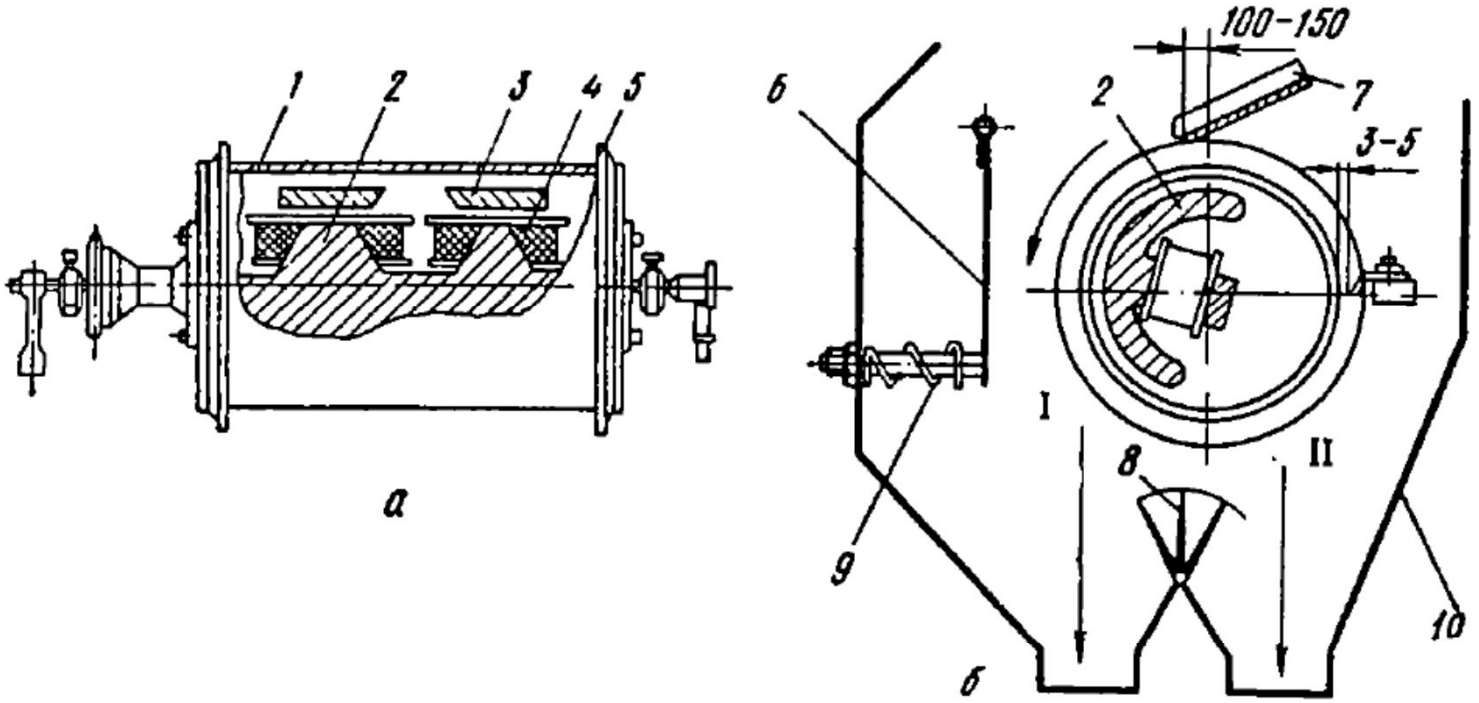
Магнитные методы

Грузоподъемные электромагнитные шайбы

Магнитные методы

Для разделения на фракции потока сыпучих материалов удобны электромагнитные барабаны. Сыпучий продукт, поступающий на барабан, разделяется на два потока: магнитная фракция, притянутая к его поверхности, разгружается в дальнее по ходу вращения барабана приемное устройство, а немагнитная фракция сходит с барабана под действием силы тяжести в ближнюю приемную воронку.

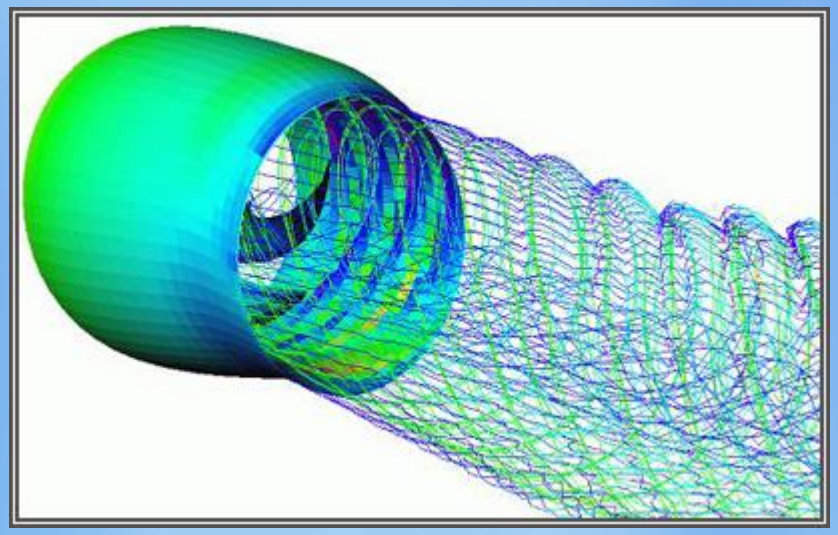
Магнитные методы



Электромагнитный барабан:

а – барабан; *б* – установка барабана в приемном бункере; *I* – немагнитная фракция; *II* – магнитная фракция; *1* – корпус барабана; *2* – полюсная скоба; *3* – полюсные наконечники; *4* – катушки; *5* – крышка; *6* – отбойная плита; *7* – лоток; *8* – распределитель потока; *9* – регулировочный винт; *10* – приемный бункер

Гидро- и аэродинамические процессы, используемые при переработке отходов



Гидродинамические процессы, используемые при переработке промышленных отходов, включают:

- гравитационное отстаивание под действием силы тяжести в отстойниках и флотаторах,
- разделение под действием центробежной силы в центрифугах и гидроциклонах,
- фильтрацию под действием разности давлений через фильтрующую перегородку в различных фильтрах.

Гидро- и аэродинамические процессы, используемые при переработке отходов

Гравитационное отстаивание основано на различии скоростей падения в жидкой или воздушной среде частиц разного размера и плотности. Двухфазные смеси, компоненты которых различаются по плотности, довольно легко разделяются в устройствах, основанных на использовании сил гравитации. В простейшем случае седиментацию можно описать как установившееся движение единичной сферической частицы в безграничном объеме жидкости (газа). Скорость такого движения $\boldsymbol{v}_{ч}$ при ламинарном режиме обтекания частицы определяется формулой Стокса:

$$\boldsymbol{v}_{ч} = \frac{\mathbf{2}}{\mathbf{9}} * \frac{\boldsymbol{g r}_{ч}^{\mathbf{2}}}{\boldsymbol{v}_{ж}} \left(\frac{\boldsymbol{\rho}_{ч}}{\boldsymbol{\rho}_{ж}} - \mathbf{1}\right)$$

где g - ускорение действующего на частицу гравитационного поля; $r_{ч}$ - радиус частицы; $\boldsymbol{v}_{ж}$ - кинематическая вязкость жидкости; $\boldsymbol{\rho}_{ч}$, $\boldsymbol{\rho}_{ж}$ - плотности соответственно частицы и жидкости.

Гидро- и аэродинамические процессы, используемые при переработке отходов

Выделение из воды тонущих или всплывающих примесей отстаиванием является наиболее простым и экономичным процессом, в связи с чем отстойники различных типов получили широкое распространение в промышленности.

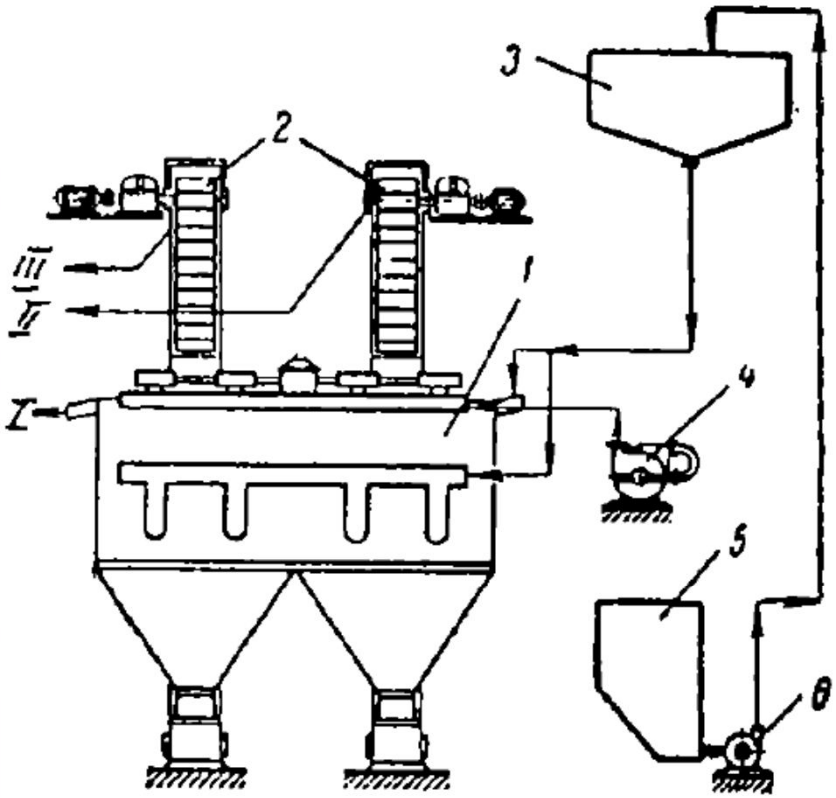
Области применения гравитационных методов обогащения

Метод обогащения	Крупность, мм		Плотность, кг/м^3	
	минимальная	максимальная	минимальная	максимальная
Отсадка	0,074	250	1200	15600
Концентрация на столах	0,074	13	1200	15600
Тяжелосредная сепарация	6,0	300	1200	5200
Обогащение:				
в гидроциклонах	0,074	20	1200	8000
на шлюзах	0,045	30	2500	15600
в винтовых сепараторах	0,045	16	2500	15600
в моечных желобах	6,0	100	1200	2500
в шнековых сепараторах	6,0	50	1200	2500
Гидроклассификация	0,074	2	2500	4200
Пневматическая отсадка	1,0	25	1100	2500
Пневматическая сепарация	6,0	75	1100	2500

Гидро- и аэродинамические процессы, используемые при переработке отходов

Отсадка является высокопроизводительным, экономичным и универсальным способом разделения отходов. Отсадка представляет собой процесс разделения твердых частиц по плотности под действием переменных по направлению вертикальных струй воды (воздуха), проходящих через решето отсадочной машины. Отсадка наиболее эффективна при разделении отходов, содержащих достаточно крупные зерна с сильно различающейся плотностью.

Гидро- и аэродинамические процессы, используемые при переработке отходов



Технологический комплекс отсадки:

1 – отсадочная машина; *2* – элеваторы; 3 – бак оборотной воды; *4* – воздуходувка; *5* – зумпф оборотной воды; *6* – насос

Гидро- и аэродинамические процессы, используемые при переработке отходов

Их производительность Q (т/ч) может быть определена по формуле:

$$Q = 3600 * \gamma_{ср} * B * H * v_t$$

где $\gamma_{ср}$- средняя насыпная плотность материала постели, т/м^3 ; В - ширина отсадочного отделения, м; Н - высота отсадочной постели, м; v_t - средняя скорость продольного перемещения материала в машине, м/с.

Связь производительности отсадочной машины с качеством продуктов отсадки выражается уравнением:

$$Q = \frac{3600 * \gamma_{ср} * B * H * L * K}{\eta}$$

где L- длина отсадочной машины, м; К- коэффициент пропорциональности, характеризующий удельную скорость разделения, с$^{-1}$ (обычно в пределах 0,01 - 0,05 с-); η - критерий точности разделения.

Гидро- и аэродинамические процессы, используемые при переработке отходов

Номенклатура электромагнитных сепараторов, используемых для разделения отходов, достаточно велика, и они могут быть классифицированы следующим образом:

- подвесные железоотделители,
- электромагнитные шайбы,
- электромагнитные шкивы,
- Электромагнитные барабаны,
- электромагнитные сепараторы.

Кроме того, выпускаются мобильные электромагнитные установки для отделения магнитных материалов в полевых условиях или в условиях, где нецелесообразно использование стационарной установки.

Различают так же магнитные сепараторы типов:

- Э (электромагнитные);
- П (с постоянным магнитом).

ЛЕКЦИЯ 7

«ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ОТХОДОВ: Химические методы переработки отходов»

Химические процессы широко используются для очистки газовых выбросов, сточных вод и при переработке твердых отходов. Как правило, в химическом процессе участвует несколько веществ. Скорость и полнота протекания химических процессов зависят от температуры, давления, продолжительности, концентрации веществ, интенсивности перемешивания, активности катализатора и некоторых других параметров. Собственно химический процесс сопровождается переносом вещества и теплоты.

Интенсификации химического процесса способствует использование рециркуляции, т.е. возврата части потока обратно в процесс, так как при этом более полно используются исходные продукты и энергия, улучшаются условия его проведения.

Введение рециркуляции в технологическую схему позволяет решить ряд важных технологических задач:

- наиболее полное использование исходных компонентов (для реакторов с неполным превращением);
- исключение вредных выбросов в окружающую среду;
- рекуперация энергии системы (например, используется теплота реакции для подогрева исходных реагентов);
- создание оптимальных технологических режимов (интенсифицируются начальные стадии автокаталитических реакций, создается избыток одного из реагентов для сдвига равновесия химической реакции в направлении образования целевого продукта; подавляются побочные и интенсифицируются основные химические реакции; создается оптимальный температурный режим);
- наиболее полное использование катализаторов и инертных растворителей, в присутствии которых протекает химическое превращение.

Примером химического процесса, используемого при переработке отходов, является очистка сточных вод с помощью химических реагентов. Метод химического осветления сточных вод основан на том, что при добавлении к ним неорганических и (или) органических коагулянтов (флокулянтов) при соответствующем pH среды происходит интенсивное хлопьеобразование, сопровождаемое удалением из сточных вод фосфора в виде нерастворимых солей - фосфатов и тяжелых металлов (нерастворимые гидроксиды).

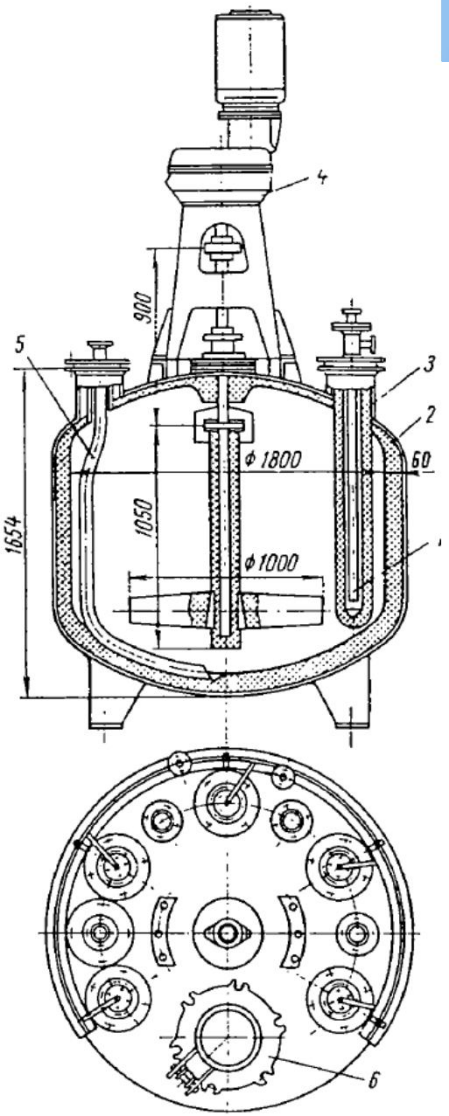
К химическим процессам относятся и некоторые способы регенерации отработанных моторных масел, переработки отходов пластмасс и резины и многие другие.

Сжигание отходов - это также разновидность химических методов переработки отходов, поскольку оно является окислительно-восстановительным процессом. Сжигание является одним из наиболее распространенных и эффективных методов переработки отходов.

Оно сопровождается образованием диоксида углерода, воды и золы, а также токсичных веществ - диоксинов, оксидов серы, азота, тяжелых металлов и др. Поскольку газообразные продукты процесса сжигания отходов содержат вредные примеси, то для снижения их выбросов в атмосферу до требуемых стандартами норм проводят их химическую и физическую обработку, включающую дожигание, нейтрализацию, промывку и фильтрацию.

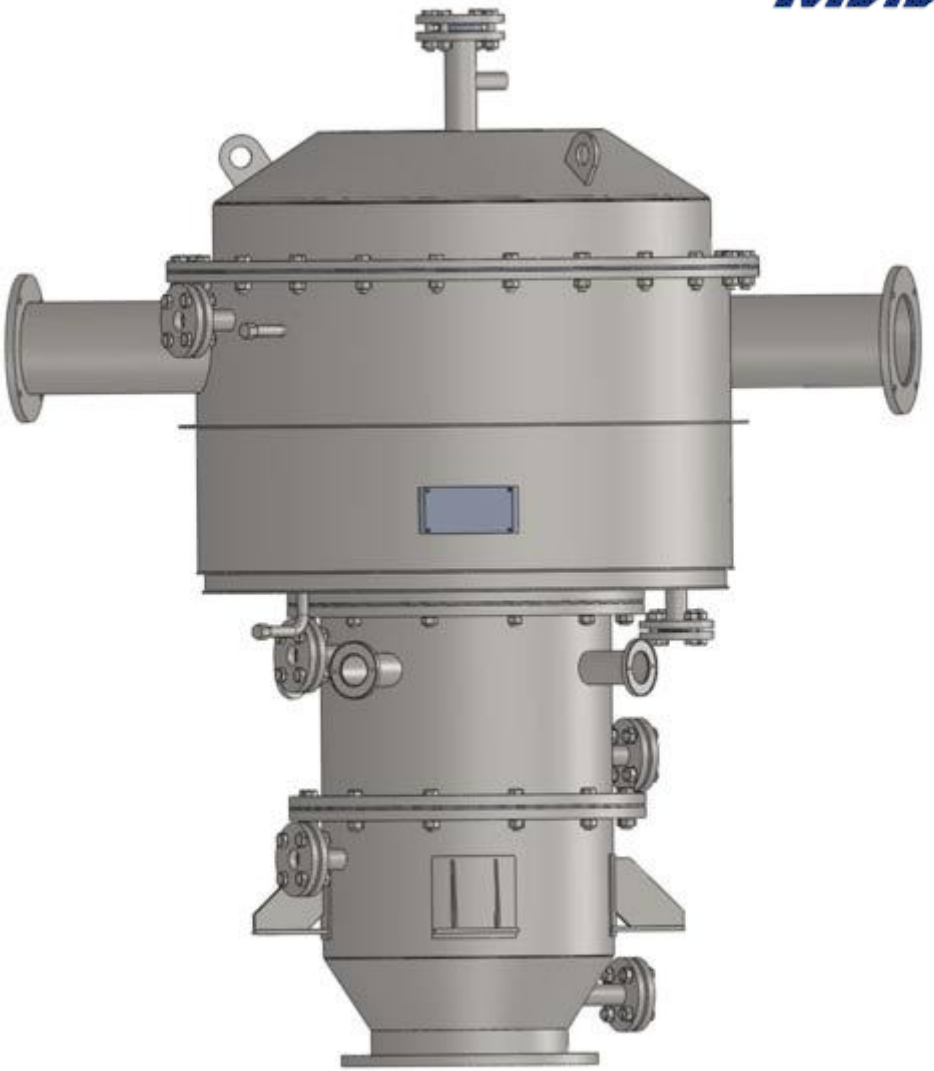
DHL

Любой химический процесс протекает в реакторе, конструкция которого должна позволять создавать необходимые условия для оптимального его проведения. Большое количество воздействующих на процесс факторов, различные пределы их изменения, приводит к тому, что ассортимент реакторов, используемых в промышленности, в том числе и при переработке отходов, достаточно велик. Химические процессы могут проводиться в реакторах непрерывного и периодического, а также в аппаратах полунепрерывного действия. Конструктивно аппараты для проведения химических процессов выполняют в виде реактора, колонны, теплообменника или печи. Выбор конструкции аппарата зависит от условий технологического процесса. Наибольшее влияние на конструктивное исполнение химического аппарата оказывают агрегатное состояние веществ, участвующих в реакции, наличие и конструкция теплообменных устройств и способы перемешивания.

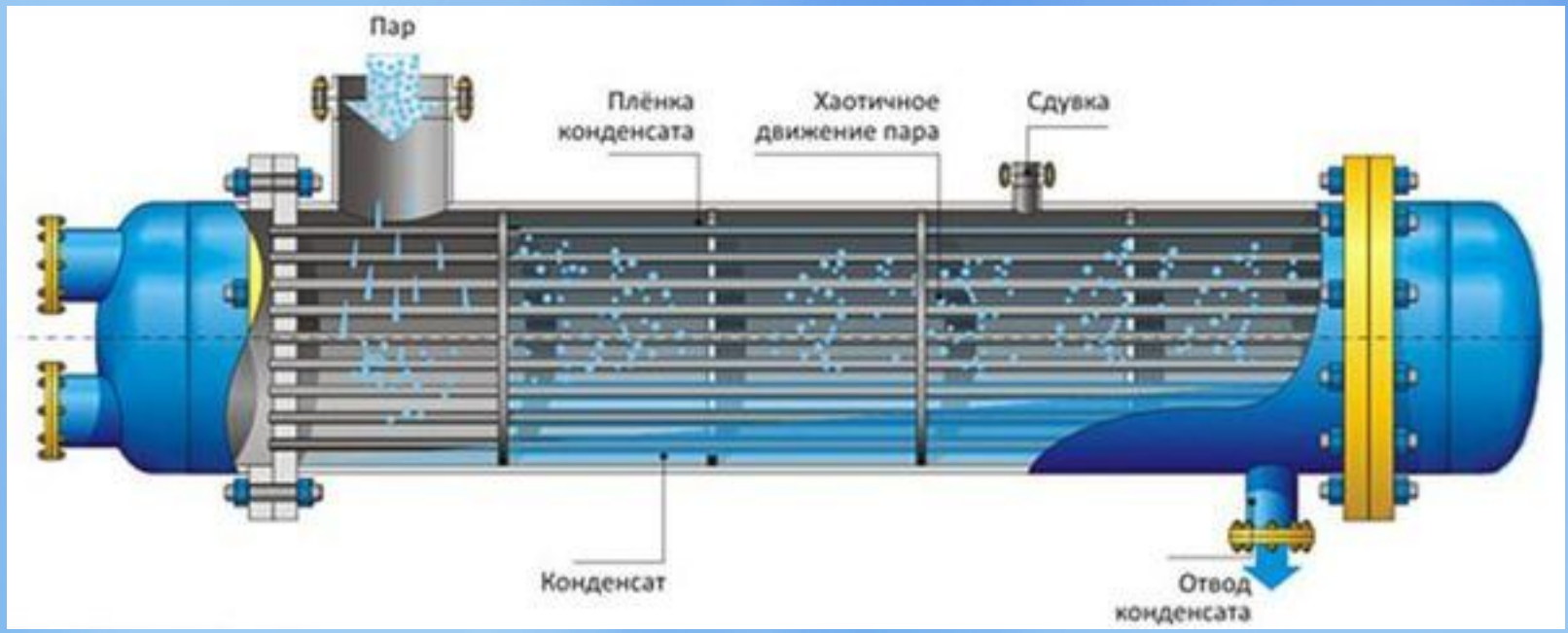


Конструкция химического реактора:

1 – гильза; *2* – корпус; *3* – теплообменник; *4* – привод с мешалкой; *5* – труба для передавливания продукта; *6* – крышка люка



Ректификационные колонны



Кожухотрубный теплообменник

Спасибо за внимание!