

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ  
ФГБОУ ВО «БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра технологического оборудования животноводства  
и перерабатывающих производств

А.И. Купреенко, В.И. Чащинов, Х.М. Исаев, И.Г. Свиридов

# **ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ПИЩЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ**

Учебно – методическое пособие  
для аудиторных и самостоятельных работ по дисциплине  
«Процессы и аппараты пищевых производств»

УДК 664 (075)  
ББК 34.7  
К - 90

**КУПРЕЕНКО А.И. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ПИЩЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ:** учебно-методическое пособие для аудиторных и самостоятельных работ по дисциплине «Процессы и аппараты пищевых производств» / А.И. Купреенко, В.И. Чащинов, Х.М. Исаев, И.Г. Свиридов. – Брянск: Издательство Брянского ГАУ, 2017. – 52 с.

В учебном пособии излагаются основные сведения об оборудовании, используемого в пищевых технологиях. При этом приводятся схемы и рассматривается принцип действия машин и оборудования, применяемого в механических процессах переработки сельскохозяйственного сырья и производстве пищевых продуктов.

Пособие предназначено для студентов, обучающихся по программе бакалавров с направлениями подготовки, связанными с технологией производства продуктов питания, технологией и механизацией переработки сельхозпродукции.

Рецензент: к.т.н , доцент кафедры ТОЖиПП Брянского ГАУ Куличенко А.И.

*Рекомендовано методической комиссией инженерно-технологического института Брянского государственного университета для студентов очного и заочного обучения бакалавров направлений подготовки 19.03.04, 19.03.03 и 35.03.06 протокол № 9 от 14 июня 2017 г.*

© Брянский ГАУ, 2017  
© Купреенко А.И., 2017  
© Чащинов В.И., 2017  
© Исаев Х.М., 2017  
© Свиридов И.Г., 2017

## 1. Краткие сведения о механических процессах

Механические процессы широко используются при переработке сельскохозяйственного сырья и производстве пищевых продуктов. Механические процессы представляют собой процессы чисто механического воздействия на системы, в ходе которых не изменяются основные свойства обрабатываемых продуктов и материалов.

*К основным механическим процессам относятся измельчение, классификация или сортирование сыпучих материалов, прессование и механическое перемешивание сыпучих материалов.*

*Измельчение* – процесс разделения твердых тел на части. Процессы механического измельчения широко применяются в самых различных отраслях перерабатывающей промышленности: в мукомольном, мясоперерабатывающем, консервном, свеклосахарном, пивоваренном, спиртовом и других производствах. Различают два основных вида измельчения: *дробление* и *резание*.

*Дроблением* называют процесс уменьшения кусков твердого материала в результате механического воздействия на них без придания частицам измельченного материала определенной формы.

*Резание* – это процесс измельчения, осуществляемый за счет внедрения в измельчаемый материал режущего инструмента – ножа. При резании частицам измельченного материала зачастую придается определенная форма. Резание является одним из основных технологических процессов пищевой технологии.

Основными способами воздействий при дроблении являются: удар, раздавливание, раскалывание, разламывание и истирание. При этом в измельчающих машинах обычно комбинируются различные виды воздействий: например, удар и истирание или раздавливание и истирание. Выбор того или иного способа воздействий зависит от свойств измельчаемого материала, размера начальных кусков и требуемой степени измельчения.

*Степень измельчения* является одним из основных показателей процесса измельчения, и представляет собой отношение среднего размера кусков материала до измельчения и после него. То есть

$$i = \frac{d_{\text{н}}}{d_{\text{к}}},$$

где  $d_{\text{н}}$  – средний размер кусков до измельчения;

$d_{\text{к}}$  – средний размер кусков после измельчения.

В зависимости от размера кусков до и после дробления условно различают следующие виды дробления (см. таблицу 1.1).

Таблица 1.1

Вид дробления	$d_n, мм$	$d_k, мм$	$i$
Крупное	200...1000	40...250	3...5
Среднее	25...250	10...40	5...25
Мелкое	25...50	1...10	
Тонкое	3...25	0,4...1	7,5...25
Коллоидное	0,1...0,2	$\leq 0,001$	100...200

Обычно размер кусков характеризуется размером отверстий сит, используемых при сортировке материала. Для современных измельчающих машин степень измельчения  $i$  колеблется от 3 до 100 и более. В качестве характерного размера может использоваться эквивалентный диаметр, который для частиц неправильной формы рассчитывается по формуле

$$d_э = \sqrt[3]{\frac{6V}{\pi}},$$

где  $V$  – объем частицы.

Измельчение – процесс энергоемкий, и для уменьшения затрат перед измельчением материал обычно сортируют, отделяя частицы с размером равным или меньшим, чем размер конечного продукта. Кроме уменьшения энергозатрат при этом предотвращается переизмельчение и получается более однородный по размерам частиц состав продукта.

Процесс измельчения может проводиться в **открытом** и **замкнутом** циклах.

В **открытом** цикле измельчаемый материал проходит измельчаемую машину 1 раз. В **замкнутом** цикле после прохождения материалом из-

мельчающей машины крупные куски возвращаются на повторное измельчение. Замкнутый цикл позволяет получать более однородный по размеру частиц конечный продукт.

**Классификация** – разделение однородного сыпучего материала по размерам частиц в соответствии с требованиями технологии. Путем классификации сыпучий материал разделяют на фракции (классы), ограниченные определенными пределами размеров частиц (кусков).

Классификация используется как вспомогательная операция при подготовке материала к измельчению (удаление мелочи) или при возврате крупных частиц материала на повторное измельчение. Иногда классификацию применяют и в качестве самостоятельной операции, например, при выделении готового продукта заданного фракционного состава.

В практике используют три вида классификации:

- механическая классификация (грохочение) – рассев сыпучего материала на ситах, решетках или других устройствах;
- гидравлическая классификация – разделение смеси твердых частиц на фракции по величине скорости осаждения их в жидкости;
- воздушная классификация (сепарация) – разделение смеси твердых частиц на фракции по величине скорости их осаждения в воздухе.

Наибольшее практическое применение в пищевых технологиях находит механическая классификация.

В результате механической классификации получают два продукта: **отсев (проход)** и **отход (сход)**. **Отсев** составляют частицы, прошедшие через рассеивающее устройство, а **отход** – куски (частицы), не прошедшие через рассеивающее устройство.

Классификация бывает **однократной** и **многократной**. При однократной классификации материал просеивают через одно сито, при многократной – через несколько сит. При просеивании через несколько сит материал разделяют на фракции (классы). Классы зерен материала обозначают по размерам отверстий сит, через которые просеивался материал. Так, если материал просеивался последовательно на ситах № 2 и № 1, то сход с сита № 1 представляет фракцию или класс, который обозначается так:  $(-2 +1)$ .

Многократная классификация может осуществляться тремя способами (рис. 2):

- от мелкого к крупному – через последовательный ряд сит с увеличивающимися размерами отверстий;
- от крупного к мелкому – через расположенные друг под другом сита с уменьшающимися размерами отверстий;
- комбинированный.

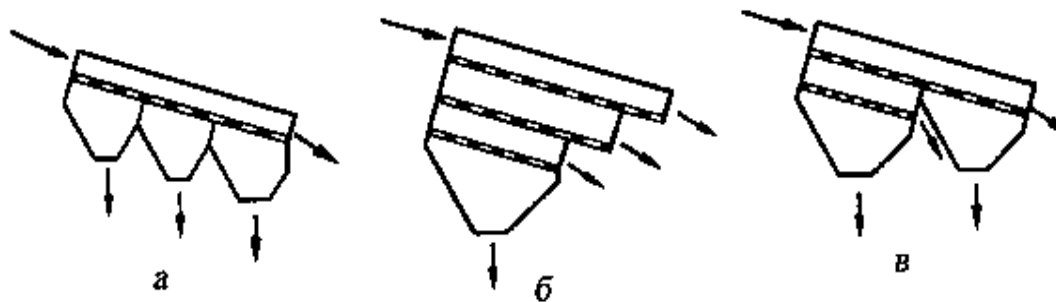


Рис. 1.1. Способы сепарирования:

а – от мелкого к крупному; б – от крупного к мелкому;  
в - комбинированный

При первом способе сепарирования обеспечивается удобство смены сит и распределения материала по фракциям. Однако, этому способу присущи такие недостатки как пониженная эффективность разделения, повышенный износ мелких сит и повышенное крошение хрупких материалов при сепарировании.

При втором способе достигается более высокая эффективность сепарирования, меньший износ сит вследствие первоочередного отсеивания крупных кусков, меньшее крошение материала, компактность установки. К недостаткам этого способа относится сложность ремонта и смены сит, а также неудобства, связанные с разгрузкой всех фракций у одного конца грохота.

**Прессование** состоит в обработке материалов внешним давлением с помощью специальных прессов. Процессы прессования используют для обезвоживания, брикетирования твёрдых материалов, гранулирования и формования пластичных продуктов в пищевой промышленности.

По целевому назначению обработку материалов давлением можно разделить на следующие виды:

- отжатие;
- брикетирование.
- формование и штампование.

**Отжатие** заключается в отделении жидкости от твердой фазы под действием давления на обрабатываемый материал. Этот процесс неразрывно связан с фильтрацией жидкости через капилляры материала и уплотнением остатка. С определенным основанием процесс отжатия можно отнести к гидромеханическим процессам. Процесс отжатия производят для выделения жидкости, когда она является ценным компонентом или когда с обезвоживанием ценность продукта увеличивается. Его осуществляют под действием избыточного давления поршня в прессах, которое прикладывается к материалу.

Отжатие используется в жировом производстве для выделения из семян подсолнечника растительного масла, в сахарном производстве для отжима воды из свекловичного жома, сока из сахарного тростника, в производстве соков для выделения его из ягод и плодов и в других производствах.

Для повышения эффективности процесса отжатия материал часто проходит предварительную механическую обработку в виде дробления с целью разрушения клеточных оболочек, либо подвергается гидротермической, тепловой, ферментационной или электрической обработке. Эта обработка приводит к такому изменению структуры, либо свойств материала, при которых облегчается отделение жидкости.

**Брикетирование** – процесс связывания частиц зернистых материалов в более крупные агрегаты (брикеты) при помощи связующей жидкости и соответствующего давления. Брикетирование, т.е. получение брикетов или брусков спрессованного материала определенной формы, применяют в сахарном производстве для получения брикетов свекловичного жома и сахара-рафинада, в производстве пищевых концентратов, в кондитерском и комбикормовом производствах, в процессах утилизации отходов пищевой промышленности и др.

Брикеты небольшого размера называют таблетками, а процесс их производства – **таблетированием**. Таблетки имеют размеры порядка 12...50 мм и обычно производятся способом прессования.

При прессовании происходит уплотнение материала, которое зависит от действующего давления и вида брикетируемого материала. Брикетирование производят на специальных прессах до плотности, при которой

брикет не может самопроизвольно разрушаться. В процессе прессования уплотнение происходит за счет сближения частиц материала (уменьшения порозности), а также в результате деформаций этих частиц. Остаточные (необратимые) деформации приводят к более плотной укладке частиц. Необратимые деформации могут протекать с разрушением частиц (хрупкие деформации) и без их разрушения (пластические деформации). При достижении определенной плотности брикета преобладающими становятся упругие деформации материала, и при этом даже значительное повышение давления не приводит к заметному увеличению плотности. Важным показателем процесса прессования является коэффициент уплотнения прессуемого материала

$$\beta = \frac{V_1}{V_2},$$

где  $V_1$  – объем материала до прессования;  
 $V_2$  – объем материала после прессования.

Коэффициент уплотнения показывает, во сколько раз увеличивается плотность материала при брикетировании. Его значение зависит от величины давления и от свойств материала. Иногда в качестве характеристики процесса используют коэффициент прессования, являющейся величиной обратной коэффициенту уплотнения

$$k_{\text{п}} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{\rho_1}{\rho_2},$$

где  $\rho_1$  – плотность материала до прессования;  
 $\rho_2$  – плотность материала после прессования.

При одностороннем прессовании из-за трения продукта о стенки матрицы плотность брикета оказывается неравномерной по его высоте. Более равномерную плотность брикета обеспечивает двустороннее прессование, что приводит к улучшению его качества.

Как разновидности брикетирования можно рассматривать *дражирование* и *гранулирование*. Гранулы и драже имеют размеры в пределах 1...20 мм. При производстве гранул и драже используется агдезионное



связывание (слипание) частиц материала. Производство драже называют дражированием и осуществляют обычно способом окатывания. При дражировании семена, зерна, орешки, изюм или другие ядра будущих драже при наличии клеящего вещества перекатываются в агдезионном барабане и на них наслаиваются оболочки из порошков какао, сахарной пудры и других материалов. При дражировании посевных материалов на поверхность семян наносится слой из пестицидов и протравителей.

Гранулирование обычно осуществляют из растворов, суспензий и пульп с использованием газообразного сушильного агента. Процесс гранулирования производят в псевдоожиженном слое, либо во встречных закрученных потоках. В обоих случаях подсушиваемые частицы суспензий или пульп при достижении определенной влажности слипаются, образуя более крупные агрегаты. При достижении определенных размеров и массы вновь образованные частицы (гранулы) выпадают из взвешенного состояния и отводятся как готовый продукт. Гранулирование может осуществляться и способом прессования на специальных грануляторах.

Брикетирование, таблетирование и гранулирование применяют с целью повышения качества и продолжительности использования продукта, уменьшения потерь, улучшения транспортировки и т.д.

**Формование и штампование** – процесс придания пластическим материалам определенной геометрической формы путем воздействия давлением без отделения жидкости.

Формование пластичных материалов применяют в пищевых концентратах, хлебопекарном, кондитерском, макаронном, комбикормовом и других производствах для придания изделию заданной формы. При этом часто используют **экструзию** – технологический процесс обработки крахмалосодержащего сырья комплексным воздействием на него влаги, температуры, давления и напряжений сдвига с целью направленного изменения физико-химических свойств сырья и получения как полуфабрикатов, так и продуктов, готовых к употреблению.

Экструзию пищевых продуктов проводят в экструдерах путём размягчения или пластификации и придания им формы продавливанием через экструзионную головку, сечение которой соответствует конфигурации изделия. Экструдировать, что буквально означает «**выталкивать наружу**», можно различными способами.

Экструзия бывает *холодной, тёплой* и *горячей (варочной)*. При холодной – происходит только механическое формование пластического сырья в результате продавливания его через матрицу. Этот вид экструзии применяют при выработке мучных изделий, макарон, плавленых сыров, конфетных масс, мясного фарша и других продуктов. Тёплую экструзию используют для частичной клейстеризации крахмалосодержащих материалов влажностью 20...30% с последующей обжаркой или выпечкой. При горячей (варочной) экструзии во время нагревания (температура процесса обработки сырья превышает 100°С) в перерабатываемом материале происходят необратимые биохимические изменения, прежде всего, белков, крахмала и клетчатки. Этот процесс проводится при высоких скоростях и давлениях, значительном переходе механической энергии в тепловую. Полученный таким образом экструдированный продукт затем сушат или обжаривают и покрывают вкусовыми добавками. Способом варочной экструзии получают сухие завтраки, хлебцы, сухие напитки, супы, мясопродукты, детское питание, гранулированные корма.

Готовый продукт или полуфабрикат, произведённый на экструдере, называют экструдатом. Его форма определяется конфигурацией отверстий в матрице, которую устанавливают на выходе материала из экструдера. Особое значение имеют такие параметры, как количество тепловой энергии, образующейся в процессе экструдирования за счёт механического преобразования энергии, температура во время ведения процесса, влажность экструдированной массы.

## **2. Оборудование для механических процессов**

### **2.1. Общие требования к машинам и оборудованию, используемому в пищевых технологиях**

Машины и аппараты пищевых производств должны удовлетворять целому ряду технологических, эксплуатационных, эргономических, экономических и других требований. К числу основных требований можно отнести:

- высокую производительность;
- малую энергоёмкость и материалоемкость;
- высокую надежность;
- удобство в эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте;

- обеспечение безопасности в процессе эксплуатации;
- устойчивость к коррозии;
- эстетичность.

## **2.2. Машины и оборудование для измельчения**

Как отмечалось в разделе 1, различают два вида измельчения – дробление и резание, для каждого из которых используется соответствующее оборудование.

### **2.2.1. Оборудование для дробления**

Машины для осуществления дробления называются дробилками. Дробилки для мелкого, тонкого и сверхтонкого дробления называют мельницами. При всем многообразии материалов и технологий, где применяются измельчающие машины, к ним предъявляется ряд общих требований:

- конечный продукт должен иметь частицы примерно равного размера;
- раздробленный материал должен бесперебойно удаляться из дробилки, чтобы избежать переизмельчения материала и уменьшить энергозатраты;
- возможность быстрой и легкой переналадки для изменения степени измельчения;
- возможность быстрой и легкой смены наиболее изнашивающихся частей (в первую очередь дробящих элементов);
- наличие предохранительных элементов, предотвращающих аварию всей конструкции при попадании особо крупных и прочных кусков;
- по возможности малое пылеобразование при измельчении сухих материалов.

Существует довольно большое количество видов дробилок, отличающихся принципом действия и основными конструктивными признаками. Основные типы дробилок с указанием их назначения приведены ниже в таблице 2.1.

Виды и назначение дробилок

Вид дробилки	Основное назначение
Щековая	Крупное и среднее дробление
Конусная (гирационная)	Крупное и среднее дробление
Вальковая	Среднее, мелкое и тонкое дробление
Молотковая	Среднее, мелкое и тонкое дробление для хрупких и не слишком твердых материалов
Штифтовые мельницы	Мелкое и тонкое дробление (помол) для хрупких и не слишком твердых материалов
Шаровые (стержневые) мельницы	Мелкое и тонкое дробление (помол)
Вибрационные мельницы	Тонкое и сверхтонкое дробление (помол)
Мельницы с вращающимися истирающими частями	Мелкое и тонкое дробление (помол)
Струйные дробилки	Тонкое и сверхтонкое дробление
Коллоидные мельницы	Сверхтонкий помол

Ниже на рисунках даны схемы некоторых типов дробилок, которые дают представление об их устройстве и принципе действия.

В приведенных дробилках измельчение происходит при комбинации различных способов воздействий на измельчаемый материал, возможно, с преобладанием одного из них. Так в щековых дробилках основной способ воздействия – раздавливание. В гирационных дробилках наряду с раздавливанием существенную роль играет истирание.

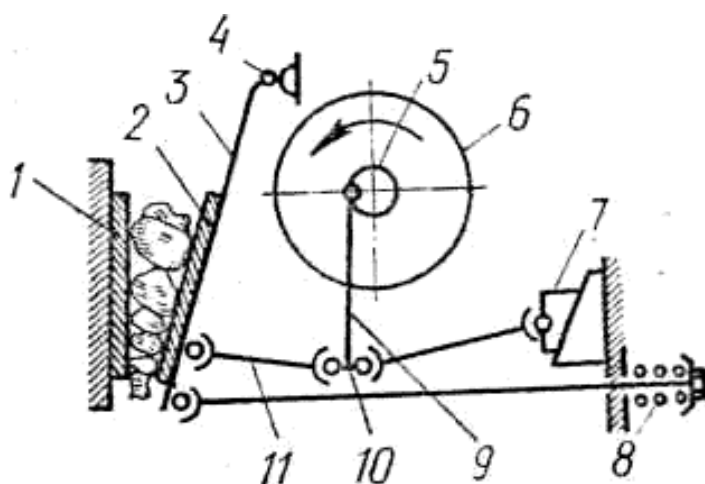


Рис. 2.1. Схема щековой дробилки

- 1 – неподвижная броневая плита; 2 – подвижная броневая плита;  
 3 – подвижная щека; 4 – ось подвижной щеки;  
 5 – эксцентриковый вал; 6 – маховик; 7 – клин; 8 – пружина;  
 9 – шатун; 10 – тяга; 11 – распорные плиты

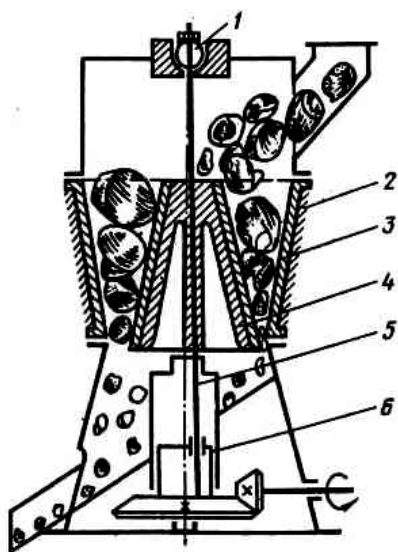


Рис. 2.2. Схема конусной (гирационной) дробилки  
 1 – шаровая опора; 2 – корпус;  
 3 – броневая плита;  
 4 – дробящая головка;  
 5 – главный вал; 6 – эксцентрик

В молотковых дробилках преобладающим воздействием является удар. При этом материал разрушается не только от удара шарнирно прикрепленных к быстровращающемуся диску молотков, но и при ударе отбрасываемых частиц о броневые плиты.

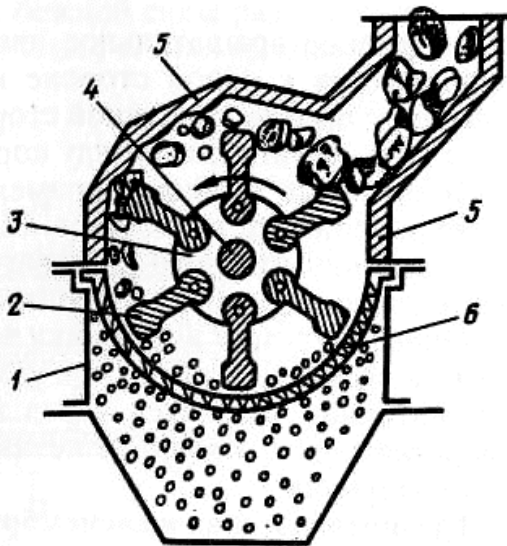


Рис. 2.3. Схема молотковой дробилки

1 – корпус; 2 – дробящий молоток; 3 – диск; 4 – вал; 5 – броневая плита; 6 – колосниковая решетка

В вальцовых дробилках (мельницах) сочетается раздавливание и истирание, а при рифленых вальцах и раскалывание.

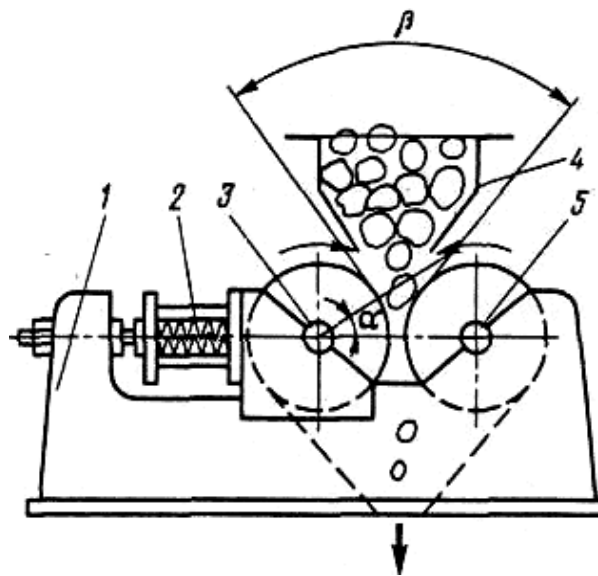


Рис. 2.4. Схема валковой дробилки (мельницы)  
1 – станина; 2 – пружина; 3 – подвижный валок;  
4 – бункер; 5 – неподвижный валок

В штифтовых мельницах на вращающихся дисках по концентрированным окружностям расположены пальцы-била. Каждый ряд пальцев одного диска расположен с небольшим зазором между двумя рядами пальцев другого диска. Машина с двумя вращающимися дисками называется

дезинтегратором. В них материал поступает через загрузочный бункер и измельчается за счет ударов вращающихся пальцев. При этом может иметь место излом и истирание частиц, попадающих между двумя пальцами-билами.

Машина, в которой роль второго диска выполняет неподвижная крышка, с расположенными на ней по концентрированным окружностям пальцами, называется дисмембратором. Дисмембраторы широко применяются для измельчения пряностей и других продуктов.

Шаровые мельницы представляют собой вращающийся барабан, покрытый изнутри броневыми плитами. Барабан заполняют измельчаемым материалом вместе с шарами, изготовленными из твердого прочного материала (сталь, диабаз, фарфор и др.) Наряду с шарами используют также цилиндрические стержни. Измельчение материала происходит под действием ударов падающих шаров или стержней и истирания между шарами и внутренней поверхностью барабана.

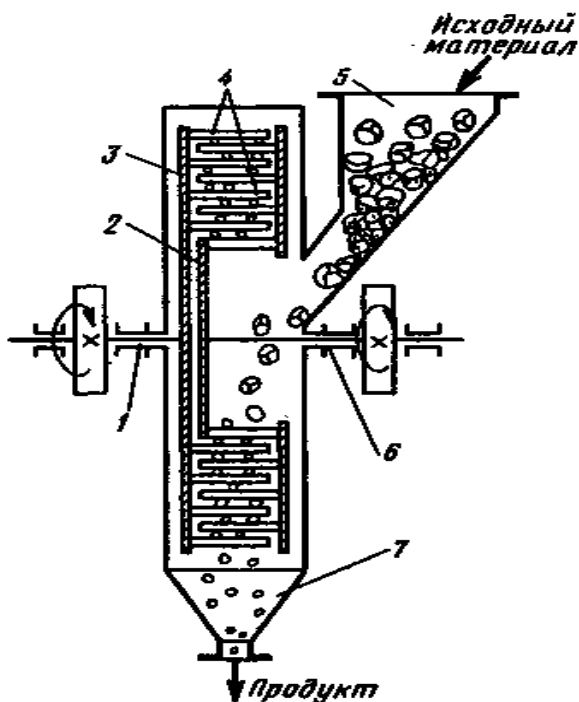


Рис. 2.5. Схема дезинтегратора

1, 6 – валы; 2, 3 – диски; 4 – пальцы-била; 5 – загрузочная воронка; 7 – разгрузочная воронка

К мельницам с вращающимися истирающими частями относятся дисковые мельницы, жернова, бегуны и терки. Измельчение в них осуществляется за счет раздавливания и истирания материала, находящегося между неподвижной поверхностью и вращающимися истирающими элементами (диском, жерновами, катками).

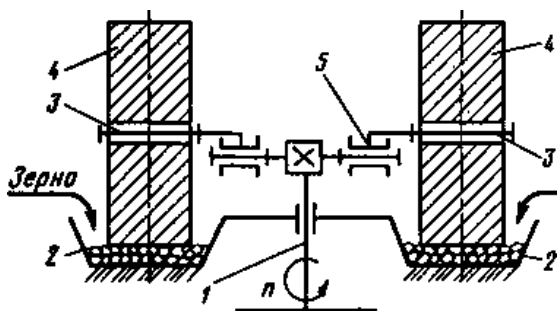


Рис. 2.6. Бегуны

1 – вертикальный вал; 2 – чаши; 3 – горизонтальные оси; 4 – жернова (катки); 5 – кривошип

В вибрационных мельницах в барабан также загружается материал вместе с измельчающими элементами, например шарами, и корпусу сообщается вибрация с определенной частотой и амплитудой колебаний. В результате ударного и истирающего воздействия измельчающих тел на материал при вибрации происходит его тонкое измельчение.

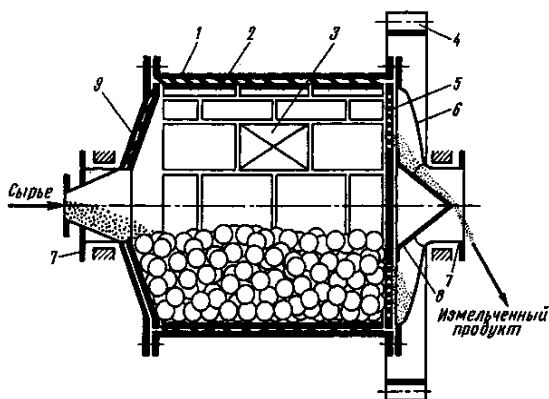


Рис. 2.7. Шаровая мельница  
1 – корпус барабана; 2 – броневая плита; 3 – люк; 4 – приводная шестерня; 5 – решетка; 6 – крышка; 7 – полые цапфы; 8 – направляющий конус; 9 – крышка

В струйных мельницах зернистый сыпучий материал струей воздуха через сопло с высокой скоростью направляется на броневую плиту, при соударении с которой и происходит измельчение материала.

Коллоидные мельницы используются для сверхтонкого измельчения, в том числе для измельчения мокрым способом, то есть измельчения суспензий. По конструкции коллоидные мельницы бывают как коническими, так и дисковыми с вертикальной осью вращения. Основной способ воздействия на материал в этих мельницах – истирание.

Для измельчения мягкого и сочного растительного сырья (некоторых видов овощей, фруктов и ягод) используются протирочные машины. Протирочные машины кроме измельчения сырья обеспечивают разделение обрабатываемого сырья на две фракции: жидкую с мякотью, и твердую, представляющую собой отходы (кожица, семена, косточки, плодоножки и т.п.).



Принцип действия протирочных машин основан на продавливании сырья через перфорированную разделяющую поверхность (обычно перфорированный барабан). Представление об устройстве протирочных машин дает рисунок 2.8.

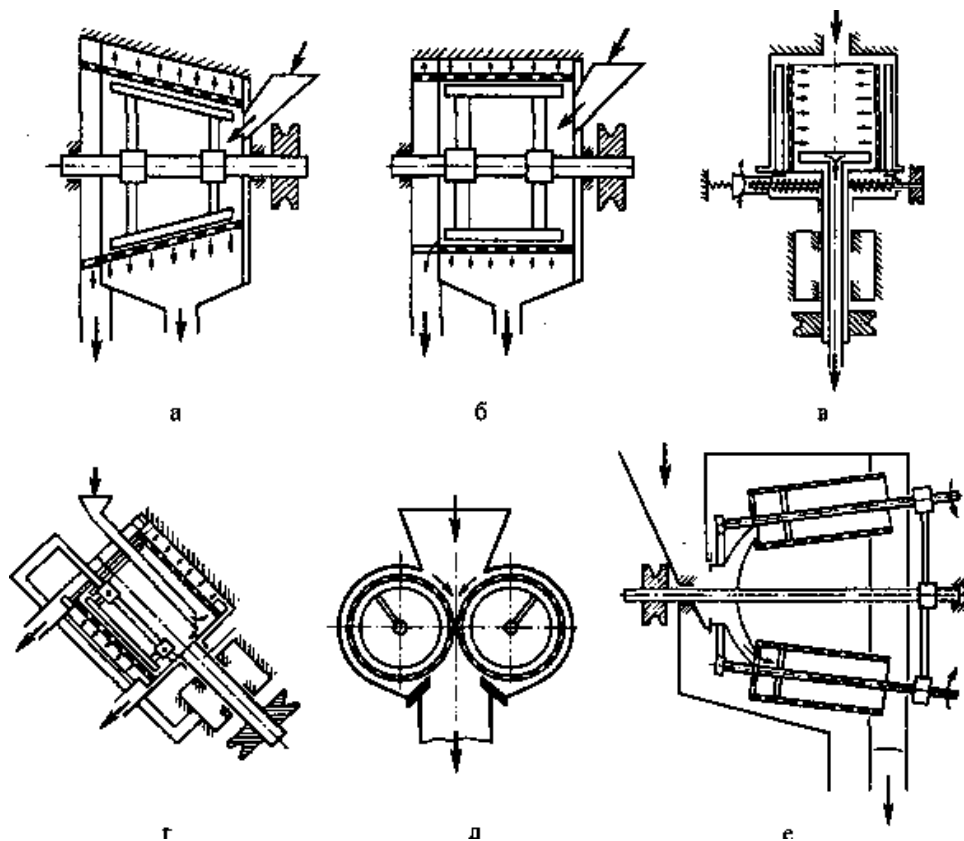


Рис. 2.8. Основные схемы протирочных машин  
 а – с коническим ситчатым барабаном; б – с цилиндрическим ситчатым барабаном; в – с вращающимся вертикальным ситчатым барабаном при наружной подаче сырья; г – с наклонным вращающимся ситчатым барабаном и внутренней подачей сырья; д – двухбарабанная безбичевая; е - трёхбарабанная безбичевая

На предприятиях общественного питания достаточно широко используются измельчающие машины сравнительно невысокой производительности, работа которых основана на истирании продукта. Примеры такого оборудования приведены на рис. 2.9. и 2.10.

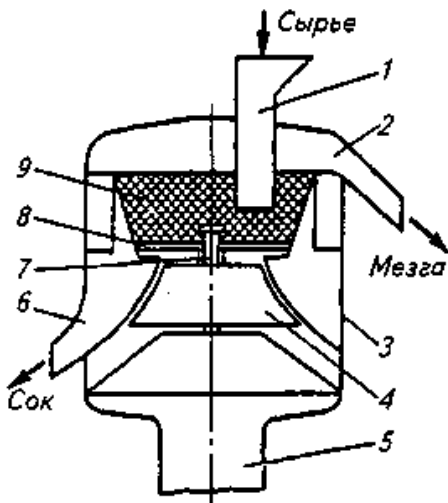


Рис. 2.9. Измельчающая машина для фруктов и ягод

1 – воронка; 2 – патрубок для мезги; 3 – корпус; 4 – ротор; 5 – двигатель; 6 – патрубок для выхода сока; 7 – вал; 8 – измельчающий диск; 9 – корзина

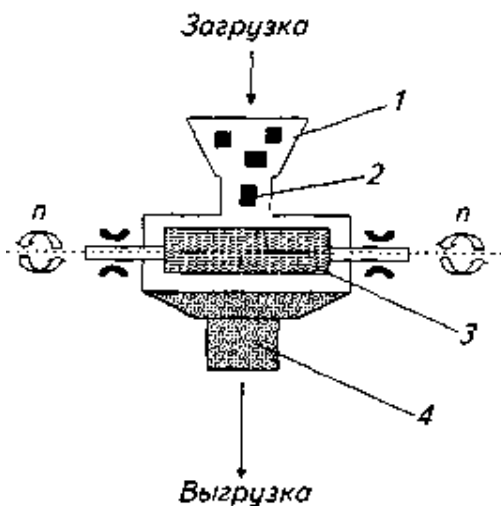


Рис. 2.10. Машина для истирания сыра

1 – воронка для загрузки сыра; 2 – корпус; 3 – цилиндрическая терка; 4 – воронка для выгрузки измельченного сыра

### 2.2.2. Оборудование для резания

Как уже отмечалось, при резании измельчение происходит за счет внедрения в измельчаемый материал режущего инструмента – ножа, который является одним из основных элементов устройства машин для резания (резок).

Режущие инструменты могут иметь разнообразную конструкцию и форму: пластинчатые прямоугольные и серповидные, дисковые, роторные, ленточные, струнные и др. При резании происходит относительное движение режущего инструмента и материала. Это относительное движение может обеспечиваться за счет перемещения ножа, за счет перемещения материала при неподвижном режущем инструменте, так и за счет перемещения и ножа и измельчаемого материала. При этом режущие инструменты могут

совершать вращательное, возвратно-поступательное, плоско-параллельное, поворотное, колебательное или вибрационное движение.

Резательные машины в зависимости от принципа действия и конструкции режущих устройств делят следующие группы:

- центробежные (с неподвижными режущими устройствами), в которых ножевые рамы закреплены в пазах вертикального корпуса, а продукт прижимается к ножам за счет центробежной силы и заклинивающего действия лопастей вращающегося ротора;
- дисковые (с подвижными режущими устройствами), в которых ножи крепятся к вращающему диску, а продукт прижимается к ножам специальными прижимами и под действием собственного веса;
- барабанные (с подвижными режущими устройствами), в которых ножевые рамы крепятся в пазах стенки горизонтального вращающегося барабана, а продукт прижимается к ножам специальными устройствами;
- Комбинированные, в которых имеются две и более групп ножей. При этом одна группа ножей совершает вращательное движение, а другая, как правило, неподвижная. При этом она находится в плоскости перпендикулярной к первой.

В отечественной свеклосахарной промышленности наиболее распространенными являются центробежные свеклорезки. Они позволяют заменять ножи на ходу, и достаточно просто регулировать производительность и параметры стружки. Однако эти свеклорезки имеют сложную конструкцию и потребляют большое количество энергии.

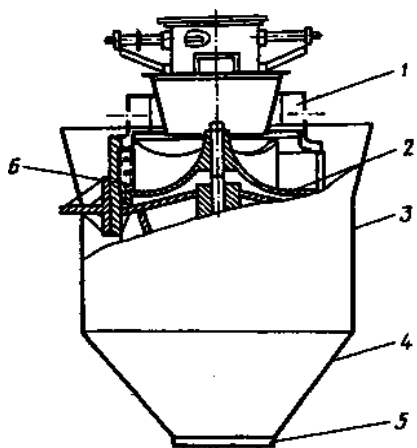


Рис. 2.11. Центробежная свеклорезка

1 – загрузочный бункер; 2 – трехлопастная улитка (ротор); 3 – верхний кожух; 4 – нижний кожух; 5 – люк; 6 – ножевые рамы

За рубежом более широко применяют дисковые свеклорезки. В этих машинах ножи с рамами устанавливают в пазах горизонтально вращающегося диска. Свекла в них прижимается к ножам под действием собственной массы и при помощи специальных прижимов.

Дисковые свеклорезки потребляют меньше энергии по сравнению с центробежными и при хорошей очистке свеклы выдают свекловичную стружку хорошего качества. Однако при плохой очистке свеклы дисковые свеклорезки требуют больших эксплуатационных затрат на техническое обслуживание и ремонт.

Примером оборудования, обеспечивающего нарезание продукта на ломти определенной толщины, может служить хлеборезательная машина, кинематическая схема которой приведена на рисунке 2.12.

На предприятиях общественного питания довольно распространенными являются устройства с электроприводом для нарезки хлеба, сыра, колбасы и других продуктов на ломти определенной толщины.

Одним из распространенных видов современного технологического оборудования предприятий общественного питания и супермаркетов являются слайсеры – устройства для нарезки колбас, сыров, мясных деликатесов, рыбы, овощей ломтиками разной толщины.

Слайсер имеет дисковый нож с электроприводом, каретку, на которой закрепляется нарезаемый продукт и которая может устанавливаться под определенным углом к плоскости резания и регулятор толщины нарезки. Цикл резания происходит за один подвод – отвод каретки с продуктом к вращающемуся ножу. В полуавтоматических слайсерах подвод каретки и ее отвод осуществляется вручную, в автоматических слайсерах все операции осуществляются без участия оператора.

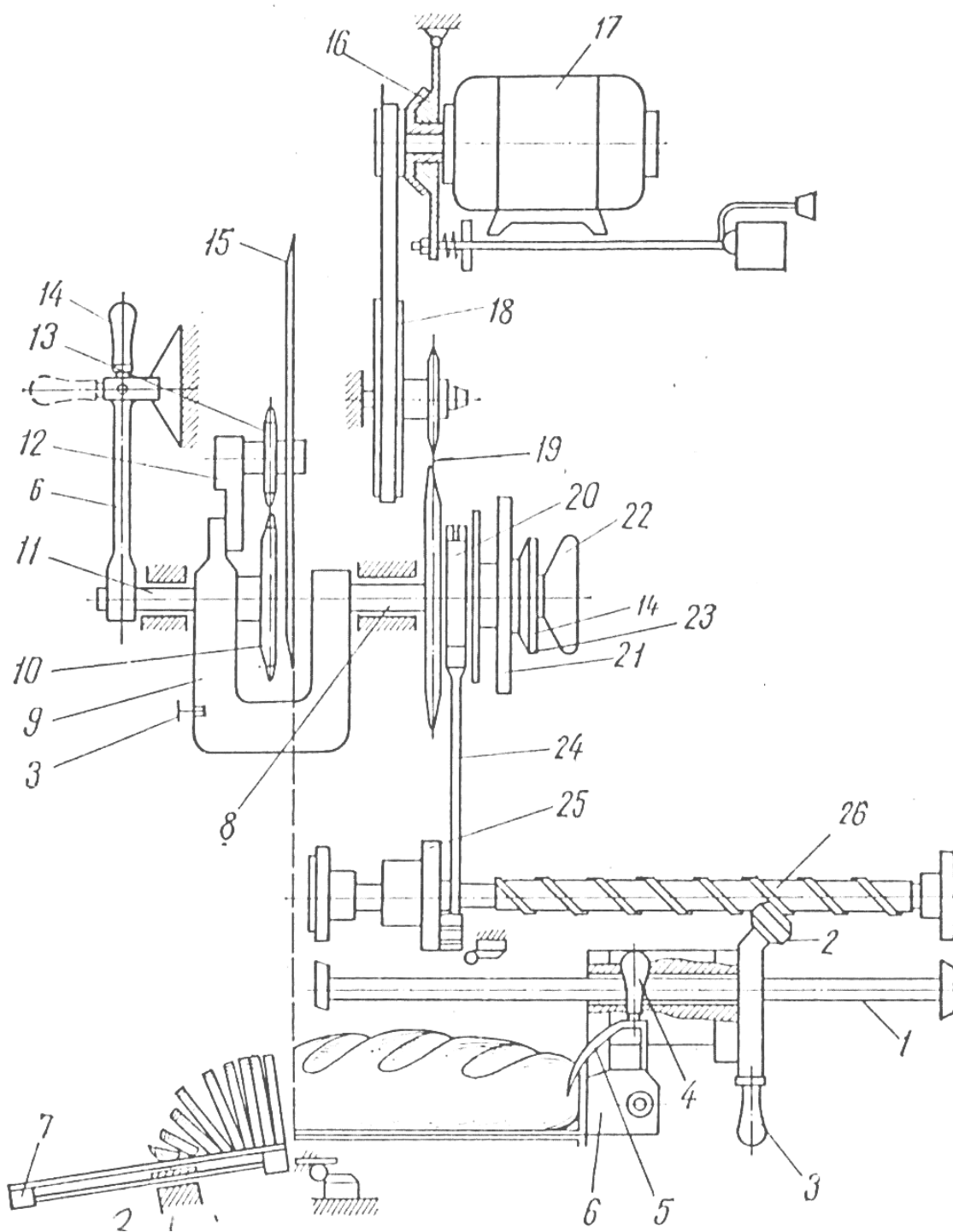


Рис. 2.12. Кинематическая схема хлебрезательной машины МРХ-180:

1 – направляющий стержень; 2 – ролик; 3,4 – рукоятки; 5 – вилка; 6 – толкатель; 7 – съёмный лоток; 8 – вал; 9 – коленчатый вал; 10 – неподвижная звездочка; 11 – неподвижная ось; 12 – водило; 13 – подвижная звездочка; 14 – рукоятка; 15 – нож; 16 – тормоза; 17 – электродвигатель; 18 – клиноременная передача; 19 – цепная передача; 20 – эксцентрик; 21 – диск; 22 – гайка; 23 – лимб; 24 – шатун; 25 – коромысло; 26 – ходовой винт

Для измельчения мясного сырья обычно используются мясорубки с электроприводом, основные схемы которых приведены ниже.

В мясоперерабатывающей промышленности основными режущими машинами для измельчения сырья служат волчки, куттеры и шпигорезки.

Волчек по своей конструкции напоминает бытовую мясорубку и предназначен для среднего, мелкого измельчения мясного сырья. Основными механизмами волчка являются питающий и режущий. Режущий механизм волчка обычно состоит из нескольких режущих ножей и решеток.

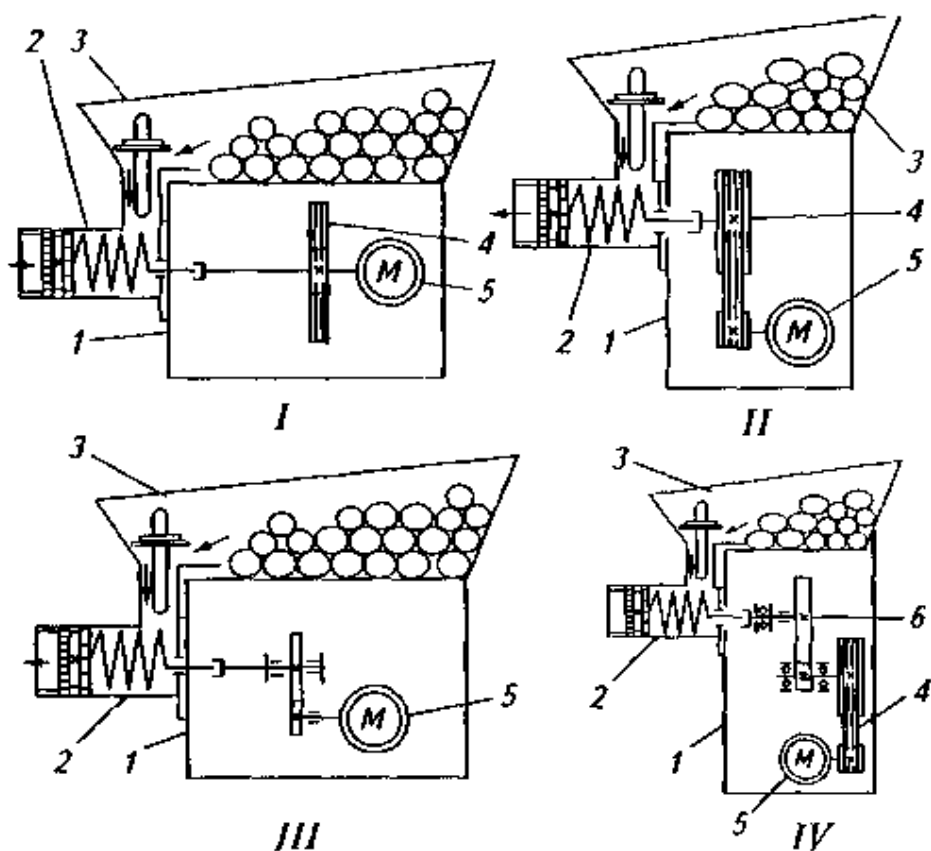


Рис. 2.13. Кинематические и принципиальные схемы мясорубок

I – 2ММ и 4ММ; II – 8ММ; III – МИМ-300; МИМ-600; IV – МИМ-500  
 1 – корпус; 2 – мясорубка; 3 – загрузочная чаша; 4 – клиноременная передача; 5 – электродвигатель; 6 – цилиндрический редуктор

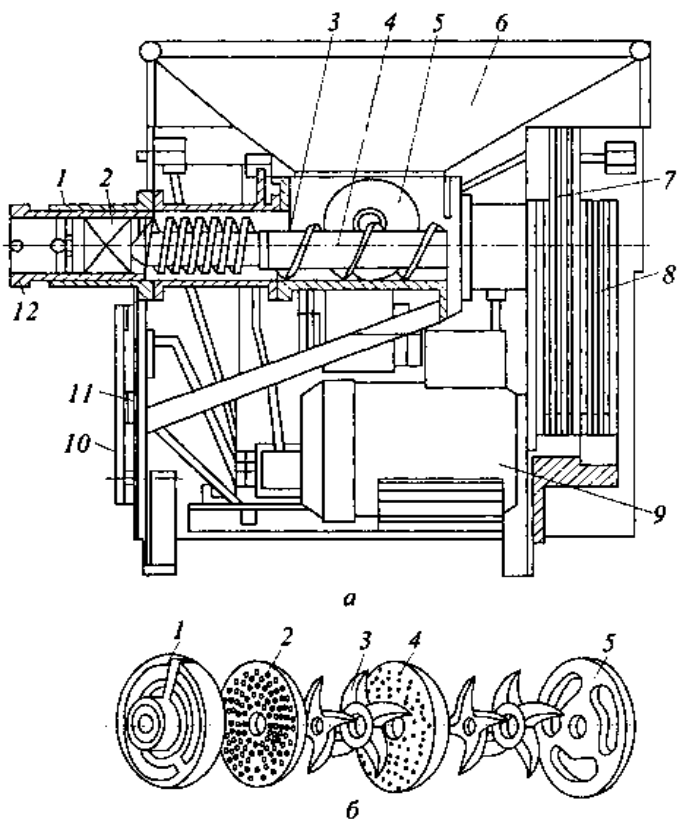


Рис. 2.14. Волчек

**а – общий вид**

(1 – решетка; 2 – режущий механизм; 3 – ножевой вал; 4 – шнек; 5 – одновитковая лопасть; 6 – бункер; 7 – клиноременная передача; 8 – редуктор; 9 – электродвигатель; 10 – площадка; 11 – желоб; 12 – трубчатая насадка);

**б – режущий механизм**

(1 – подпорная решетка; 2 – ножевая решетка; 3 – нож; 4 – промежуточная решетка; 5 – приемная решетка)

Куттеры предназначены для тонкого измельчения мясного мягкого мясного сырья и превращения его в однородную гомогенную массу.

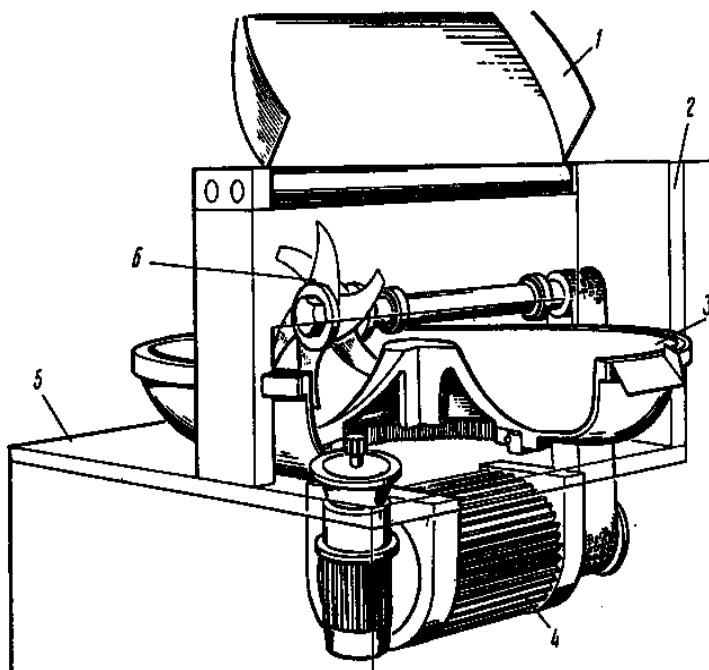


Рис. 2.15. Куттер

1 – крышка; 2 – стенка; 3 – чаша; 4 – привод; 5 – станнина; 6 – режущий инструмент

В куттерах измельчение осуществляется серповидными ножами, вращающимися на горизонтальном валу. Ножи попеременно погружаются в

медленно вращающуюся чашу с сырьем, и при этом наряду с измельчением осуществляется перемешивание содержимого чаши.

Примером резательных машин, обеспечивающих придание кусочкам измельчаемого материала определенной формы, могут служить двухкаскадная мясорезательная машина и машина Я2-ФИА.

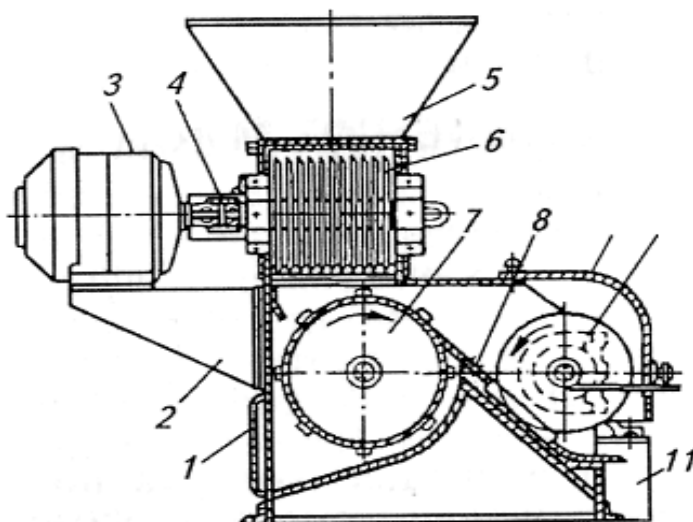


Рис. 2.16. Двухкаскадная мясорезательная машина:

1 – станина; 2 – укосина; 3 – электродвигатель; 4 – муфта; 5 – приемный бункер; 6 – ножи первого каскада; 7 – поворотный барабан; 8 – съемный нож; 9 – кожух; 10 – ножи второго каскада; 11 – бункер для измельченного продукта

В двухкаскадной мясорезательной машине мясо измельчается вращающимися дисковыми ножами первого каскада и подается на поворотный барабан, после чего попадает на дисковые ножи второго каскада, расположенные перпендикулярно первому. В результате прохождения ножей первого каскада мясо нарезается на полоски, после второго оно представляет собой отдельные кусочки. Измельчение на этой машине может использоваться как процесс предшествующий измельчению на волчках и куттерах.

Режущий механизм машины Я2-ФИА как и у большинства шпигорезок состоит из двух ножевых рам с плоскими ножами, которые закрепляются в рамах перпендикулярно друг другу и совершают возвратно-поступательное движение во взаимно-перпендикулярных направлениях. Проталкиваемый через этот механизм материал разрезается на полоски, которые на выходе из режущего механизма планетарным ножом рассекаются на кусочки с прямоугольным поперечным сечением.



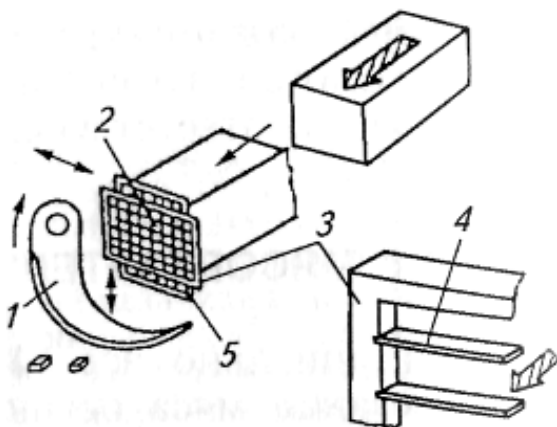


Рис. 2.17. Режущий механизм Я2-ФИА

1 – планетарный нож; 2 – ножевая рама; 3 – горизонтальный режущий механизм; 4 – плоский нож; 5 – вертикальный режущий механизм

### 2.3. Оборудование для классификации

Основным способом для механической классификации является грохочение – процесс, когда сортируемый материал просеивается через перфорированную поверхность.

Устройства для рассеивания сыпучих материалов при механической классификации называют грохотами или сепараторами. По своей конструкции и принципу действия различают следующие основные виды грохотов:

- колосниковые;
- качающиеся (гирационные);
- инерционные (вибрационные);
- барабанные.

Колосниковые грохоты используются для грубой сепарации. Для рассеивания сепарируемого материала в них применяются колосниковые решетки, то есть решетки, составленные из параллельных стержней – колосников. Колосники обычно имеют трапецеидальное сечение и устанавливаются так, чтобы зазоры между ними расширялись книзу. Это предотвращает забивание щелей между колосниками материалом при его сепарировании.

Для тонкого сепарирования применяются вибрационные грохоты.

Кроме этих видов грохотов применяются также дисковые и роликовые грохоты, в которых просеивающая поверхность образована дисками или роликами, насаженными на вращающиеся горизонтальные валы. За счет вра-

щения дисков и роликов обеспечивается продвижение материала вдоль рассеивающей поверхности и встряхивание его.

При рассеивании материала используются сита или решета. Решета изготовляют из металлических перфорированных листов. Форма отверстий бывает круглой, овальной, квадратной, прямоугольной, а для сепарирования гречихи – треугольной. Сита изготавливают плетеными из круглой металлической проволоки или ткаными из шелковых, капроновых, нейлоновых или перлоновых нитей. Размер отверстий может составлять от 0,04 мм до 100 мм.

Основными характеристиками сита являются рабочий размер и коэффициент живого сечения. В качестве рабочего размера для сит с круглыми отверстиями принимают диаметр отверстий, для треугольных – длину стороны треугольника, для прочих – минимальный размер отверстий в свету. Под коэффициентом живого сечения сита понимают отношение суммарной площади сечения отверстий к общей площади сита, его значение обычно лежит в пределах 0,5...0,7. Пропускная способность сита зависит от его живого сечения. Количество материала, проходящего через сито в единицу времени называют *севкостью*. При одних и тех же размерах и форме отверстий севкость зависит от материала сита, вида просеиваемого материала (его скользкости) а также от способа просеивания.

Решета и плетеные сита обозначают номерами. Номер сита соответствует рабочему размеру в миллиметрах. Для тканых сит номер сита может соответствовать числу отверстий, приходящихся на 1 см или на 1 дюйм (25,4 мм).

По своей форме сита бывают плоскими либо цилиндрическими (призматическими). Цилиндрические или призматические грохоты применяются в барабанных грохотах или сепараторах.

При классификации должно происходить перемещение материала относительно рассеивающей поверхности. Это может достигаться за счет сил гравитации при наклонной неподвижной перфорированной поверхности, либо за счет инерционных сил при движущейся поверхности. Основные виды движений представлены на схемах просеивающих машин (рис. 2.18.).

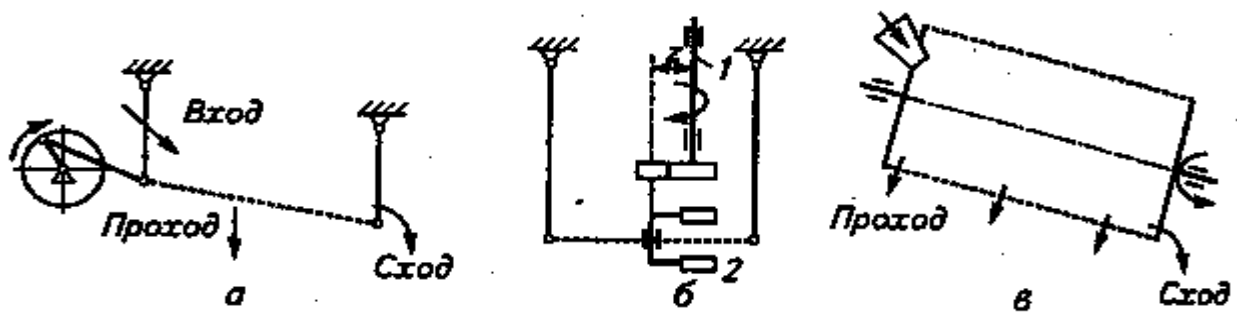


Рис. 2.18. Схемы рассеивающих машин:

*а* – с возвратно-поступательным движением; *б* – с круговым движением (о – эксцентриситет; 1 – веретено; 2 - уравнивающие грузы); *в* – ротационный рассев (бурат)

Ниже приводятся схемы некоторых видов машин для механической классификации сыпучих материалов.

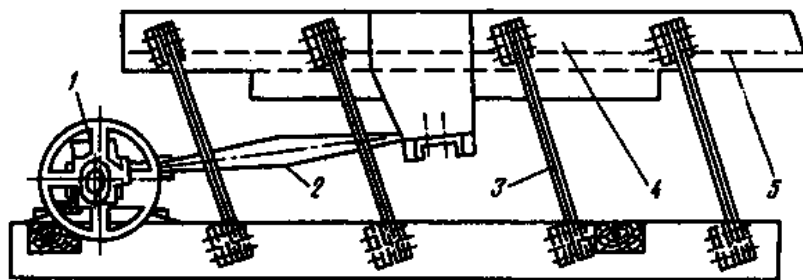


Рис. 2.19. Качающийся грохот:

1 – эксцентрик; 2 – шатун; 3 – пружина; 4 – корпус; 5 – сито

Представленный на рисунке грохот приводится в колебательное движение с помощью кривошипно-шатунного механизма. При работе грохота обеспечивается сотрясение материала и его перемешивание, в результате чего отсев проваливается в отверстия сита, а отход перемещается вдоль сита и сгружается на его конце. Для отбора нескольких фракций сепарируемого материала применяют многоярусные качающиеся грохоты, работающие по схеме – от крупного к мелкому. Качающиеся грохоты имеют высокую производительность и эффективность сепарирования, компактны и достаточно удобны в обслуживании и ремонте. Главный недостаток качающихся грохотов заключается в неуравновешенности конструкции, что вызывает дополнительные динамические нагрузки на ее элементы.

Для очистки зерна, крупяных и бобовых культур от примесей используют горизонтальные и вертикальные барабанные сепараторы. В них используются металлические сита, в которых размеры отверстий увеличиваются по ходу движения разделяемого материала. Разделение смеси в вертикальных сепараторах происходит под действием центробежных сил, а в горизонтальных – под действием сил гравитации и благодаря перемешиванию и сотрясению материала при вращении и вибрации барабана.

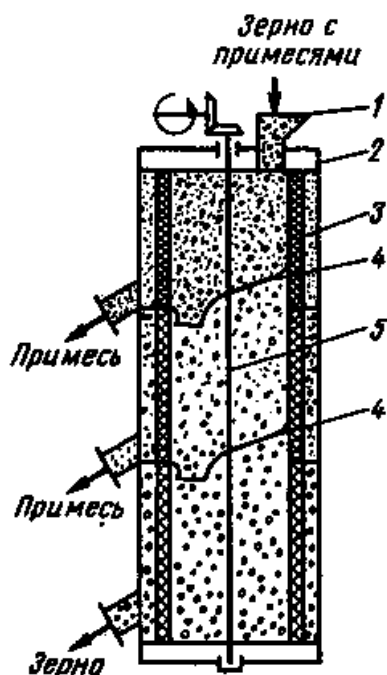


Рис. 2.20. Барабанный центробежный сепаратор:

- 1 – воронка; 2 – корпус; 3 – барабан;
- 4 – перегородка с каналом; 5 - вал

Разделение смесей из частиц примерно одинакового сечения, но различной длины производят не на ситах, а на триерных (ячеистых) поверхностях. Устройства для разделения таких смесей называются триерами. Триеры широко используются для очистки зерна от примесей семян сорняков.

По конструкции различают цилиндрические и дисковые триеры. Принцип их действия проиллюстрирован рисунком 2.21.

В цилиндрических триерах на внутренней поверхности цилиндра имеются штампованные ячейки, диаметр которых меньше длины частиц, которые должны быть выделены из смеси. При вращении барабана в ячейки попадают частицы, длина которых меньше диаметра ячеек, и, поднимаясь вверх до уровня выше верхней грани лотка, выпадают из ячеек в лоток, откуда выводятся наружу шнеком. Остающиеся в барабане длинные частицы выходят с другой стороны цилиндра.

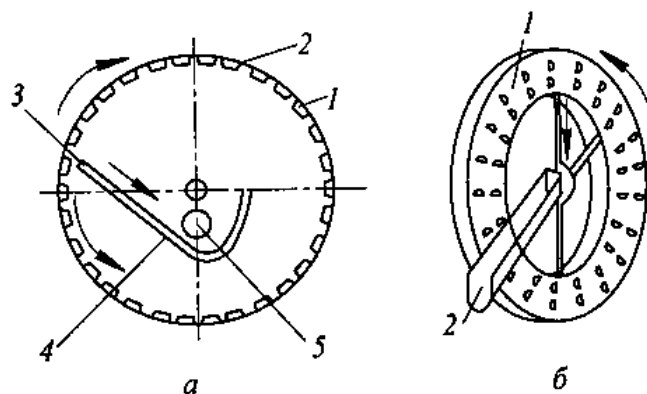


Рис. 2.21. Схемы цилиндрического и дискового триеров  
 а – цилиндрический триер (1 – цилиндр; 2 – ячейки; 3 – лоток;  
 4 – желоб; 5 – шнек); б – дисковый триер (1 – диск; 2 – желобок)

В дисковых триерах ячейки выполнены на поверхности чугунных дисков. При вращении этих дисков, нижней частью погруженных в разделяемую смесь, короткие зерна поднимаются вверх до определенного уровня, после чего выпадают в желобки и выводятся из машины.

Для очистки сыпучего материала от ферромагнитных примесей применяются магнитные сепараторы. На рисунке 2.22 приведена схема барабанного электромагнитного сепаратора.

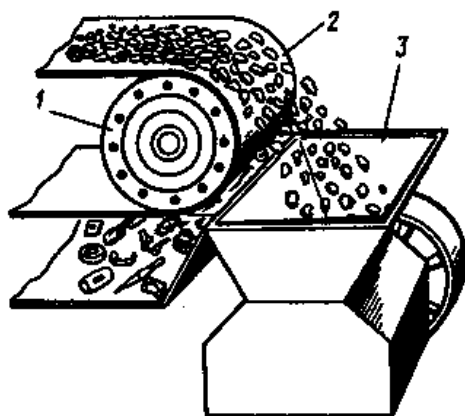


Рис. 2.22. Магнитный барабанный сепаратор:  
 1 – сепаратор; 2 – конвейер;  
 3 - бункер

На этом сепараторе эксцентрично установлен электромагнит так, что поверхность вращающегося барабана располагается в непосредственной близости от полюсов магнита. Движущиеся по конвейеру ферромагнитные частицы попадают в зону сильного магнитного поля и удерживаются на поверхности барабана, в то время как сыпучий материал, не обладающий магнитными свойствами сыпается в приемный бункер. Чугунные и

стальные предметы и частицы отпадают вне бункера после выхода из зоны действия электромагнита.

## 2.4. Оборудование для обработки материалов давлением

В пищевой промышленности для обработки продуктов прессованием применяют прессы различных конструкций, которые по типу привода можно разделить на две группы: гидравлические и механические. По типу основного рабочего органа отжимающие прессы бывают поршневыми, шнековыми и вальцовыми. Шнековые и вальцовые прессы являются машинами непрерывного действия, поршневые – периодического действия. Конструктивно прессы могут отличаться также количеством рабочих органов и их расположением. Ниже на рисунках представлены схемы некоторых отжимающих прессов.

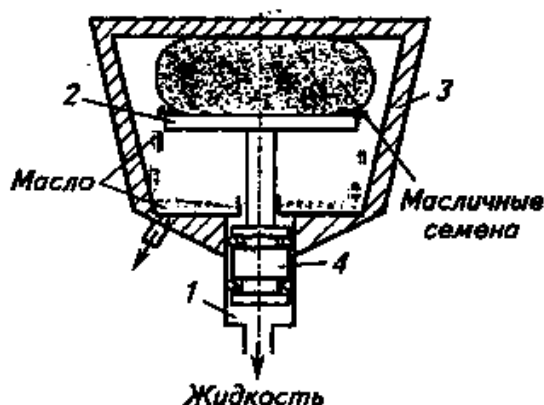


Рис. 2.23. Гидравлический отжимающий пресс:  
1 – гидроцилиндр; 2 – подъемный стол; 3 – корпус; 4 – поршень

Изображенный на рисунке 2.23 пресс периодического действия. При его работе прессуемую массу в пакетах из прочной ткани укладывают слоями на поддон, установленный на подъемном столе, разделяя слои стальными листами. Рабочий цикл пресса при выжимке растительного масла составляет 20...25 минут и состоит из загрузки сырья, предварительного поджатия до давления около 5 МПа, выдержки с целью оттока основной массы выжатого масла, повышения давления до 8 МПа, выдержки и опускания подъемного стола.

Представленный на рисунке 2.23. пресс называют открытым, поскольку рабочая зона является полностью открытой. Наряду с открытыми прессами применяют полузакрытые, закрытые или зерновые прессы. В зе-

ерных прессах прессуемая масса помещается в перфорированные коробки (зееры), и отжатая жидкость стекает через отверстия в зеерах.

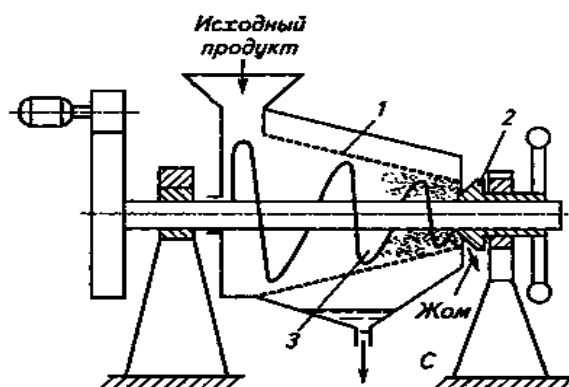


Рис. 2.24. Схема шнекового зернового пресса:

- 1 – зер (перфорированный корпус); 2 – регулирующий конус;
- 3 – шнек

В наклонном отжимающем прессе сжатие обрабатываемого материала достигается благодаря шнеку с уменьшающимся в направлении перемещения материала объемом камер шнека.

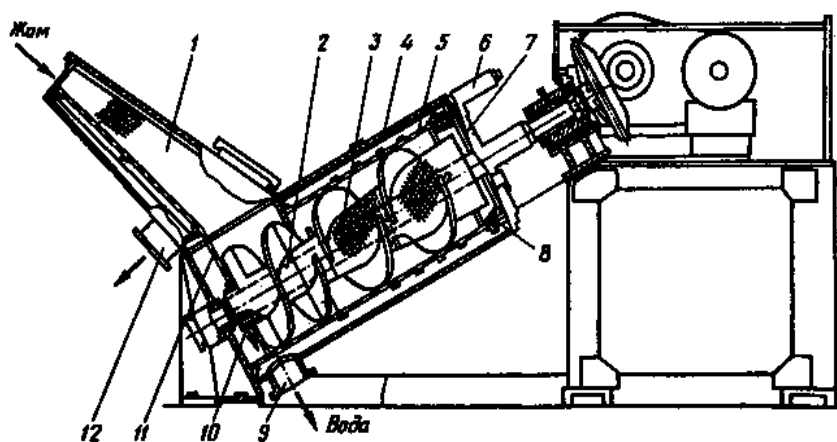


Рис. 2.25. Схема наклонного отжимного пресса:

- 1 – сепаратор; 2 – вал шнека; 3 – сито; 4 – отжимной шнек; 5 – цилиндрическое сито; 6 – регулировочное приспособление; 7 – отверстие для выгрузки жомов; 8 – коническое сито; 9, 12 – штуцеры для отвода воды;
- 10 – отверстие для удаления воды; 11 – дополнительная поверхность фильтрации

Обрабатываемый жом загружается в пресс через сепаратор 1, где из него частично удаляется вода, которая отводится из нижней части сепаратора че-

рез штуцер 12. Выдавленная из материала жидкость в корпусе шнека отводится через цилиндрическое сито 5 и штуцер 9, а частично через сито 3 поступает в полый вал, откуда отводится через сливное отверстие 10. Обезвоженный жом выгружается через кольцевой зазор между коническим ситом и корпусом отжимного шнека

В вальцовом отжимном прессе (рис.2.26) измельченный продукт на перфорированной резиновой ленте проходит между тремя валками, которые сжимают слой продукта. Отжатый сок стекает в емкость, расположенную под прессом.

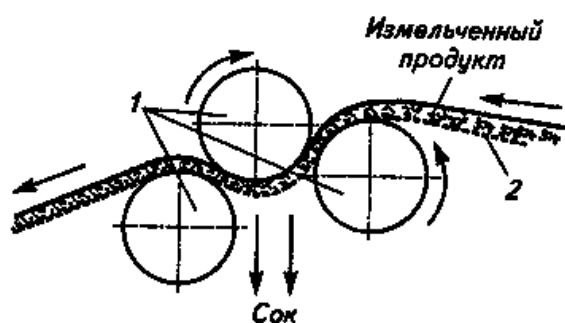


Рис. 2.26. Схема вальцового отжимающего пресса:  
1 – валки; 2 – перфорированная резиновая лента

Для брикетирования и таблетирования применяют штемпельные и ротационные прессы. В штемпельных прессах матрица является неподвижной, а пуансон (штемпель) совершает возвратно-поступательное движение. В ротационных прессах прессующий узел состоит из прессующих валков и вращающейся матрицы, которая может быть плоской, либо цилиндрической.

На рисунке 2.27 представлена схема работы дискового (карусельного) пресса. Дисковый пресс, используемый в производстве прессованного сахара-рафинада, имеет вращающийся стол, который представляет собой диск со вставленными в его отверстия латунными матрицами. Стол вращается против часовой стрелки. За время одного оборота стол делает четыре остановки, при которых последовательно осуществляются следующие операции: I – заполнение матрицы рафинадной крошкой; II - формование при движении пуансона вверх с расположенным над матрицей упором; III – вы-



талкивание бруска сахара пуансоном из матрицы; IV – очистка пуансона от остатков сахара и натирка мастикой.

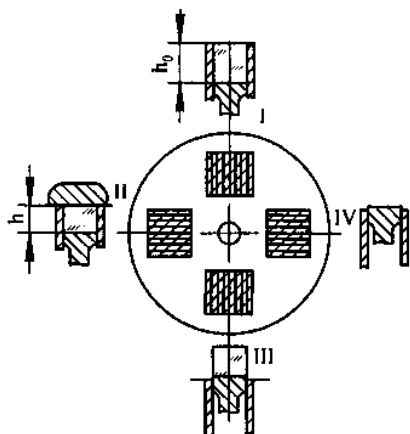


Рис. 2.27. Схема работы дискового пресса

Для таблетирования в основном используются ротационные машины. В них продукт подвергается двухстороннему прессованию пуансонами, смонтированными на двух уровнях во вращающийся ротор. Пуансоны перемещаются вдоль вертикальной оси, благодаря наличию специальных копиров. При вращении ротора пуансоны, двигаясь в матрице, заполненной прессуемым материалом, сжимают его с двух сторон. Полученная таким образом таблетка выталкивается из матрицы нижним пуансоном при отведенном верхнем.

На рисунке 2.28 приведена схема прессующего механизма гранулятора с плоской матрицей.

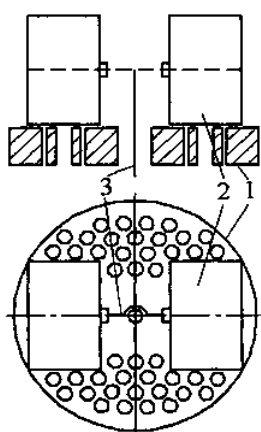


Рис. 2.28. Схема прессующего механизма гранулятора:

1 – матрица; 2 – прессующие ролики; 3 - водило

При работе этого гранулятора сыпучий продукт непрерывно подают на рабочую поверхность матрицы. Прессующие ролики перекатываются по слою продукта, сжимают его и проталкивают в фильеры толстостенной мат-

рицы. За один проход прессующего ролика гранула проталкивается в фильере и выдвигается из выходного отверстия матрицы на несколько миллиметров. Под матрицей устанавливают вращающиеся ножи, которые срезают гранулы.

Формующие и штампующие машины различаются способом создания давления на обрабатываемый материал: штампование; прокатывание; нагнетание. По типу основного рабочего органа их подразделяют на эксцентриковые, ротационные, барабанные, ленточные, шнековые, дисковые, поршневые, валковые, винтовые, шестерённые и комбинированные,

Формующие машины также могут быть классифицированы по отдельным конструктивным признакам рабочих органов, их расположению и частоте вращения. К отдельной группе формующих машин можно отнести экструдеры, которые бывают одно- и двухшнековыми.

Ниже приведены схемы некоторых формующих машин.

На рисунке 2.29 показана схема (анфас и план) раскатывания тестовой заготовки в цилиндрический батон ленточной прокатывающей машиной.

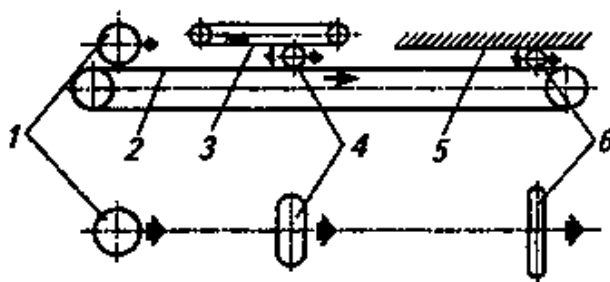


Рис. 2.29. Схема ленточной прокатывающей машины:

- 1 – кусок теста; 2, 3 – конвейеры; 4 – кусок теста цилиндрической формы;  
5 – неподвижная плоскость; 6 – кусок теста в форме батона

На рисунке 2.30 представлена схема одношнекового экструдера. Особенностью экструдеров состоит в том, что перерабатываемый продукт подвергается не только механическому, но и тепловому воздействию. Корпус, как правило, обогревается электрическими нагревателями, а шнеки при необходимости могут охлаждаться водой, циркулирующей через отверстия в секциях корпуса или в пустотелых валах шнеков. При этом по длине шнека может меняться фазовое состояние и физико-химические свойства продукта.

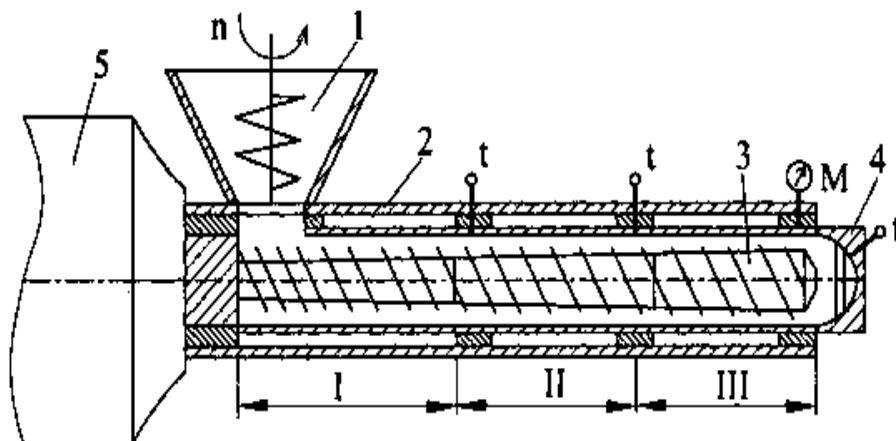


Рис. 2.30. Схема одношнекового экструдера  
 1 – загрузочная воронка; 2 – корпус; 3 – шнек; 4 – фильтры;  
 5 – привод; t – термопары; М – датчик давления

На приведенной схеме экструдера зона I соответствует материалу в увлажненном состоянии, зона II – в пластическом состоянии, в зоне III материал представляет собой аморфную текучую массу.

Одношнековые экструдеры имеют как достоинства, так и недостатки. Они проще по конструкции и в изготовлении, но по некоторым параметрам сложны в эксплуатации. В одношнековых экструдерах недостаточно хорошее смешивание обрабатываемого продукта. При переходе с одного сырья на другое требуется очистка камеры и шнека с разборкой экструдера. Это приводит к большим простоям при чистке, а также большим трудозатратам по обслуживанию экструдеров.

Двухшнековые экструдеры, несмотря на большую сложность и стоимость обеспечивают более высокое качество продукции. В них достигается точное объемное дозирование, лучшее перемешивание продукта, самоочистка и способность перерабатывать смеси с высоким содержанием жира и сахара.

В мясоперерабатывающей отрасли довольно часто осуществляется формование продукции путем нагнетания вязкой пластической массы в оболочку с помощью шприцев различного принципа действия.

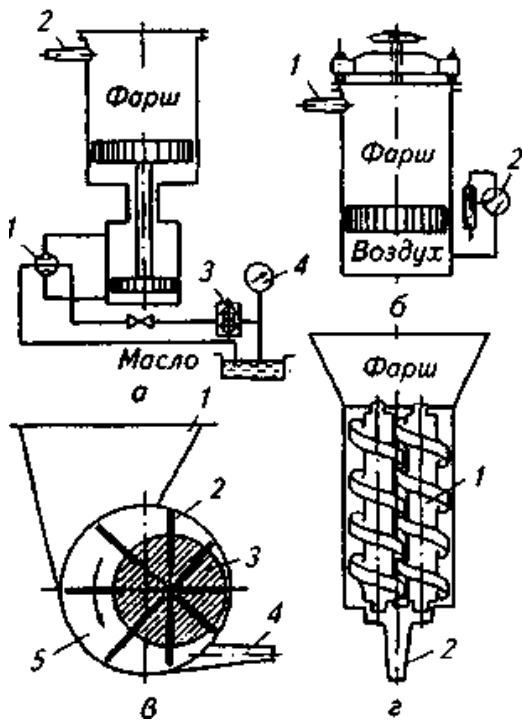


Рис 2.31. Схемы шприцев

- а** – гидравлический периодического действия (1– гидрокран; 2 – штуцер; 3 – масляный шестеренный насос; 4 – манометр);
- б** – пневматический периодического действия (1– штуцер; 2 – пневмокран);
- в** – ротационно-лопастной непрерывного действия (1–бункер; 2 – лопасть; 3 – ротор; 4 –цевка; 5 – корпус);
- г** – шнекового непрерывного действия (1– шнеки; 2 – цевка)

## 2.5. Прочее оборудование для механических процессов

Смешивание и перемешивание пищевых сред относятся к достаточно распространенным процессам в пищевых технологиях.

Смесители сыпучих продуктов по организации процесса работы делятся на аппараты периодического и непрерывного действия. По конструктивным признакам смесители делят на лопастные, шнековые, барабанные, ударные и центробежные. Среди шнековых смесителей можно выделить ворошители и конвейеры. Схемы основных видов смесителей сыпучих материалов приведены на рисунке 2.32.

Лопастные смесители обычно имеют два ротора, вращающихся в противоположных направлениях.

Шнековые смесители одновременно с перемешиванием осуществляют транспортирование материала. Ворошитель представляет собой шнековый смеситель, с несколькими вертикальными шнеками (может быть более восьми) установленными на подвижной раме, которая может перемещаться над перемешиваемым материалом.

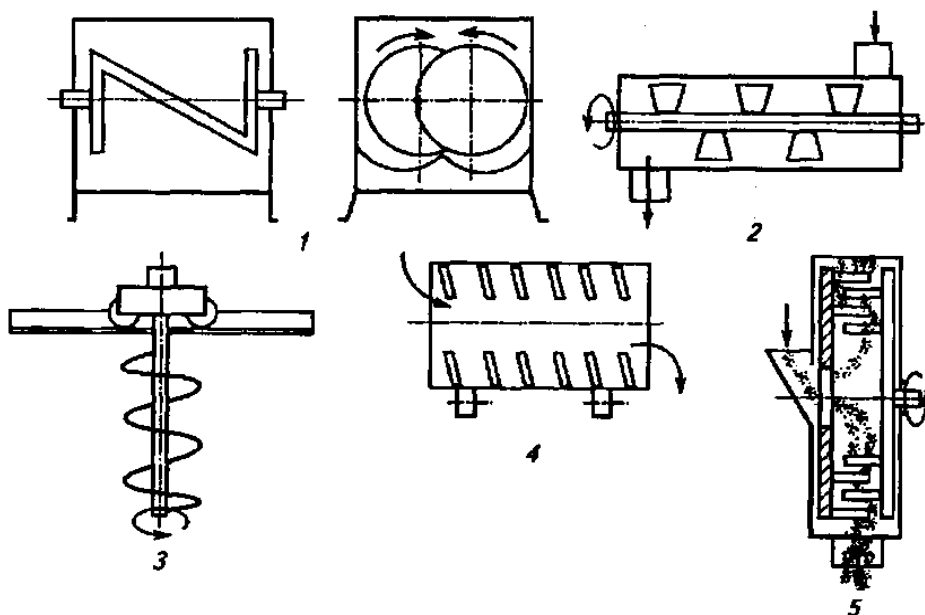


Рис. 2.32. Схемы смесителей сыпучих продуктов:  
 1 – лопастной; 2 – шнековый; 3 – ворошитель; 4 – барабанный;  
 5 – ударный

В барабанном смесителе перемешивание происходит при пересыпании материала в процессе вращения барабана, снабженного внутренними лопатками. Материал подается в барабан и удаляется из него питающим шнеком.

Ударный смеситель по своей конструкции аналогичен дезинтегратору. Перемешивание в нем осуществляется за счет удара бил о частицы материала, в результате чего происходит дробление частиц и перемещение их в пространстве.

Для перемешивания сыпучих материалов используются также центробежные и вибрационные смесители.

В центробежном смесителе (рис. 2.33) создается интенсивная внутренняя циркуляции материала, возникающая при вращении материала в корпусе смесителя. При такой циркуляции материала внутри аппарата происходит его перемешивание. Для интенсивной внутренней циркуляции материала в этом смесителе применяют вращающийся конус, установленный в корпусе с конической нижней частью. При вращении конуса 1 засыпанный в корпус материал вовлекается во вращение и под действием центробежных сил движется по внутренней поверхности конуса вверх и сбрасывается в кольцевое пространство между конусом и корпусом. Но-

вые порции материала поступают внутрь конуса из кольцевого пространства через окно 6. При такой циркуляции материала внутри аппарата происходит его перемешивание. Вращающаяся вместе с конусом лопастная мешалка 5 увеличивает подвижность материала нижней части корпуса. Для материалов с плохой сыпучестью в корпусе устанавливают свободно вращающуюся раму 15 с лопастями и скребком. Рама вовлекается во вращение материалом, а ленточный тормоз 14 позволяет установить скорость вращения рамы, отличающуюся от скорости вращения материала. Это способствует улучшению процесса смешивания материала.

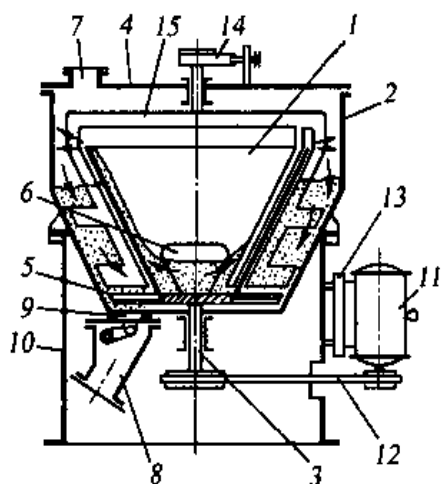


Рис. 2.34. Схема центробежного смесителя  
 1 – конус; 2 – корпус; 3 – вал; 4 – крышка; 5 – мешалка; 6 – окно; 7 – патрубок; 8 – клапанная коробка; 9 – клапан; 10 – подставка; 11 – электродвигатель; 12 – клиноременная передача; 13 – плита; 14 – тормоз; 15 – рама

В вибросмесителях перемешивание материала происходит за счет вибрации, придаваемой корпусу аппарата вращающимися дебалансами или эксцентриками.

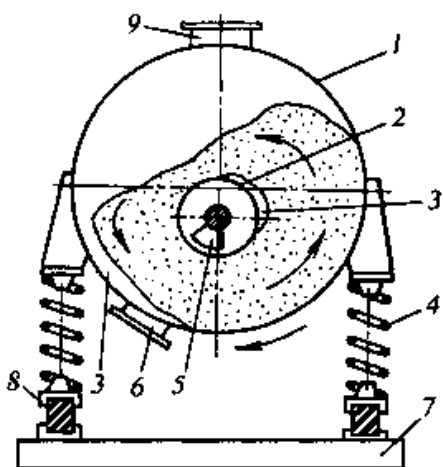


Рис. 2.35. Схема вибросмесителя  
 1 – корпус; 2 – труба; 3 – зазор; 4 – пружина; 5 – дебаланс; 6, 9 – патрубок;  
 7 – станина; 8 – прокладка

Примером смесителя со сложным движением основных рабочих органов является приведенный на рисунке 2.36 спаренный планетарно-червячный смеситель, предназначенный для смешивания зернистых материалов с диаметром частиц не более 10 мм.

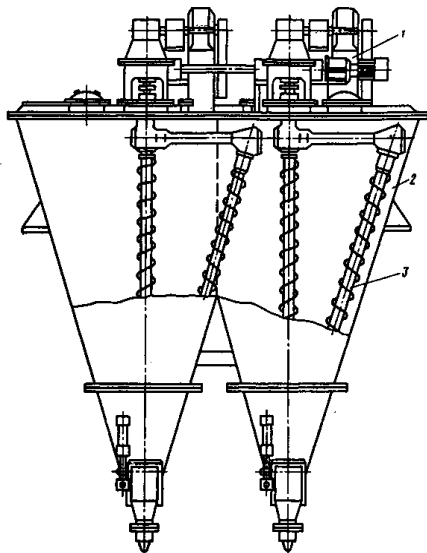


Рис. 2.36. Смеситель-усреднитель с планетарным червячным перемешивающим устройством  
1 – привод; 2 – конический корпус;  
3 – перемешивающее устройство

Внутри конического корпуса смесителя расположен наклонный червяк, который вращается одновременно вокруг собственной оси и при помощи водила вокруг конического корпуса смесителя.

Частицы материала перемещаются червяком вдоль стенок корпуса вверх, а затем падают вниз под действием сил гравитации. Частота вращения червяка –  $60 \text{ мин}^{-1}$ , водила –  $1,58 \text{ мин}^{-1}$ . Приводы червяков и водила установлены на общей крышке сдвоенного конического корпуса смесителя. Этот смеситель обеспечивает хорошее смешивание при небольшом расходе энергии.

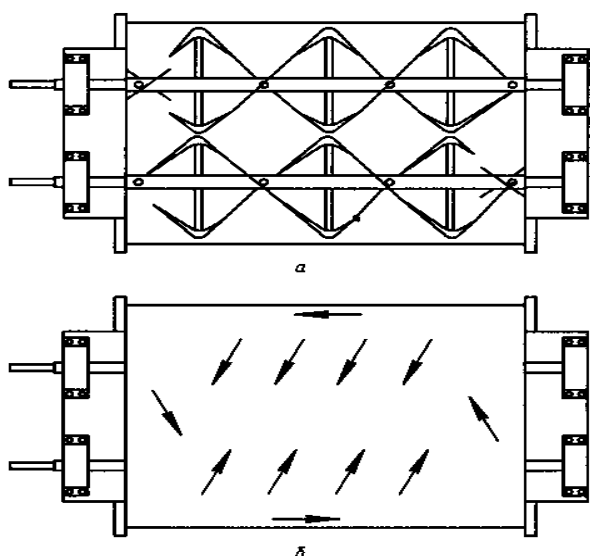


Рис. 2.37. Двухвальный смеситель  
а – схема рабочего органа; б –  
схема направлений потоков  
при перемешивании

На рисунке 2.37 показана схема двухвального ленточного смесителя, который может использоваться для эффективного перемешивания сыпучих материалов с добавлением до 50% жидких продуктов.

Наряду с рассмотренными выше смесителями находят применение гравитационные смесители, в которых компоненты смешиваются при движении сыпучего материала в корпусе смесителя под действием сил тяжести. Схемы гравитационных смесителей приведены на рисунке 2.38.

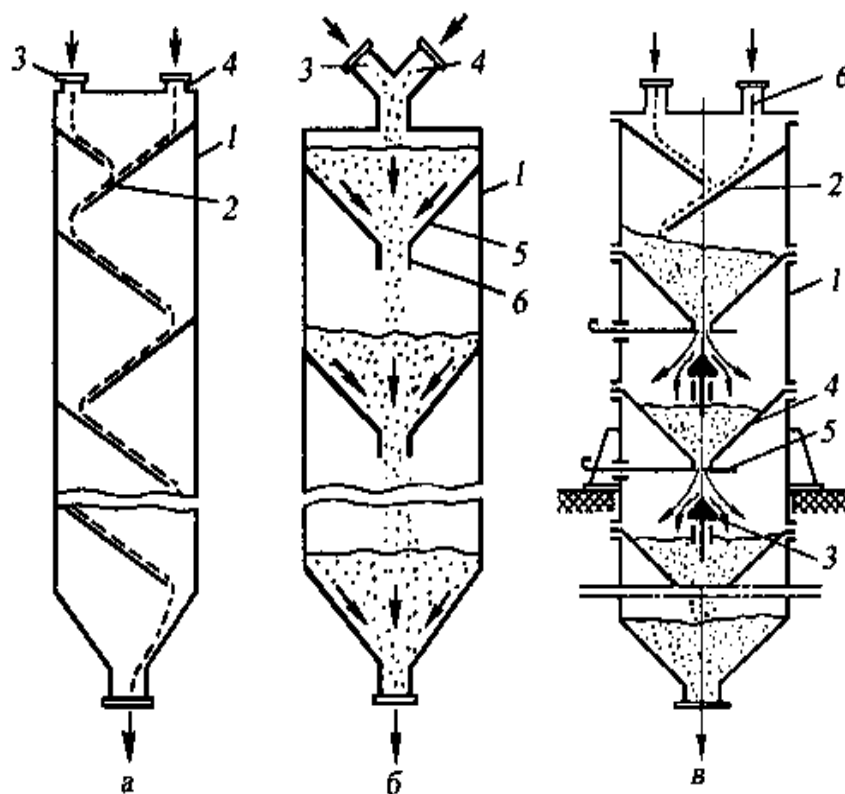


Рис. 2.38. Схемы гравитационных смесителей:

- а* – лотковый: 1 – корпус; 2 – лотки; 3, 4 – штуцеры;  
*б* – бункерный: 1 – корпус; 3, 4 – штуцеры; 5 – конические днища;  
 б - выпускные отверстия; *в* – ударно-распылительный: 1 – корпус;  
 2 – лотки; 3 – ударно-распылительный наконечник; 4 – днище;  
 5 – шибер; 6 – патрубки.

В лотковом смесителе (рис. 2.38, *а*) внутри корпуса прямоугольного сечения установлены друг над другом наклонные лотки. Смешиваемые компоненты подаются в корпус непрерывным потоком сверху через два штуцера и стекают тонким слоем по лоткам вниз. Смешивание компонентов происходит при встрече потоков, стекающих с первых двух лотков и при дальнейшем их движении по лоткам и при пересыпании с лотка на лоток.



Более благоприятные условия для перераспределения частиц сыпучего материала и их смешивания созданы в бункерном гравитационном смесителе. В цилиндрическом корпусе смесителя этого типа друг над другом располагаются пять или шесть бункеров с коническими днищами. Диаметр выпускных отверстий  $b$  в днищах выбирается с таким расчетом, чтобы при пересыпания материала из бункера в бункер в них всегда находилось определенное количество материала.

Гравитационный ударно-распылительный смеситель (рис.2.38, в), состоит из нескольких секций с коническими днищами. В днищах имеются выпускные отверстия с шиберами. Выходящая из отверстия днища струя материала попадает на наконечник 3 и распыляется в виде факела из частиц перемешиваемого материала. Оседающие из факела частицы распределяются по слою материала, находящегося в бункере нижележащей секции. Смешивание компонентов происходит как при движении материала в бункерах, так и в факелах, образующихся при попадании на распылительный наконечник.

Перемешивание сыпучих зернистых материалов может производиться также в аппаратах с псевдооживлением.

Перемешивание высоковязких пластических материалов с помощью механических устройств по существу можно отнести к механическим процессам. При перемешивании пластичных масс, в частности при получении теста, не только осуществляется смешивание различных компонентов, но тесто при этом разминается, насыщается воздухом и приобретает механические новые свойства.

Смесители для пластичных масс бывают как периодического, так и непрерывного действия. Рабочие органы смесителей имеют шнековую, ленточную или лопастную конструкцию с вертикальной или горизонтальной осью вращения. В некоторых смесителях рабочий орган совершает сложное пространственное движение. Для обработки эластично-упругих масс (например, пшеничного теста) применяют смесители с двумя месительными органами, вращающимися навстречу друг другу с разными скоростями. На рисунке 2.39 приведены схемы рабочих органов некоторых смесителей для пластичных масс, а на рисунке 2.40 – схема аппарата для приготовления теста пирожных.

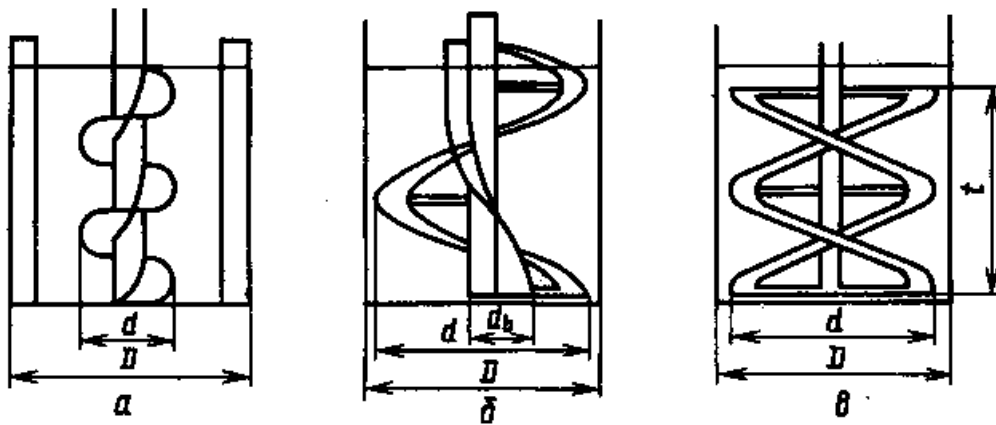


Рис. 2.39. Схемы мешалок для пластичных масс:

*a* – шнековая; *б, в* – ленточные

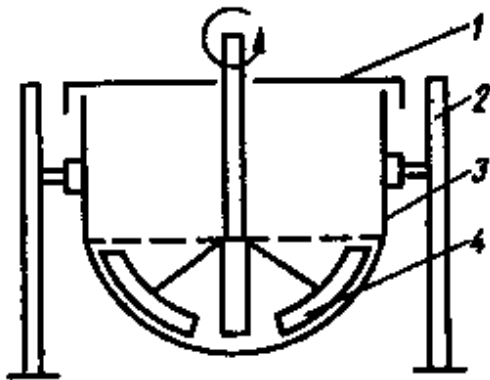


Рис. 2.40. Схема аппарата для приготовления теста:

1 – крышка; 2 – стойка; 3 – корпус;  
4 – месительное устройство

На рисунке 2.41 приведена схема смесителя непрерывного действия с комбинированным рабочим органом.

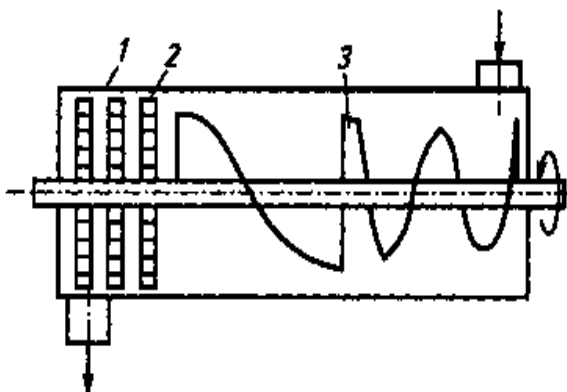


Рис. 2.41. Схема смесителя непрерывного действия:

1 – корпус; 2 – стойки; 3 – шнек

В кулинарном и хлебопекарном производстве используются различные тестомесильные машины, отличающихся кинематическими схемами, конструкцией и траекторией движения рабочих органов.

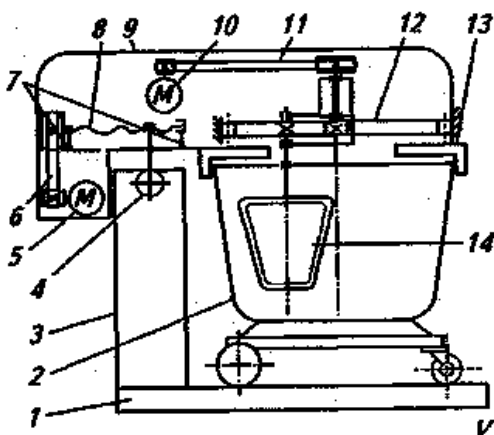
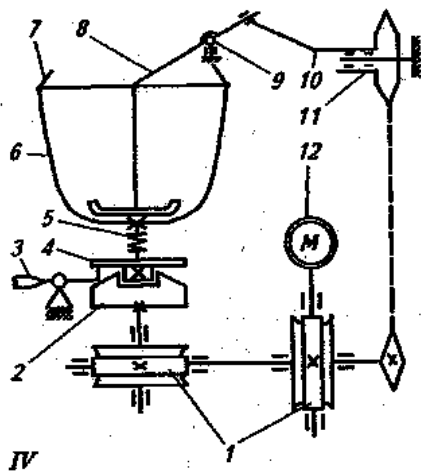
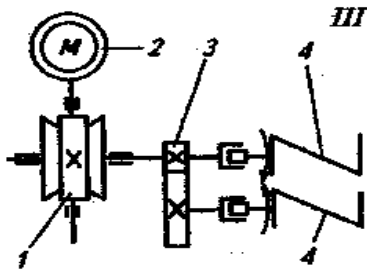
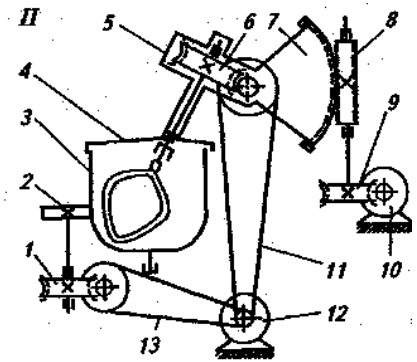
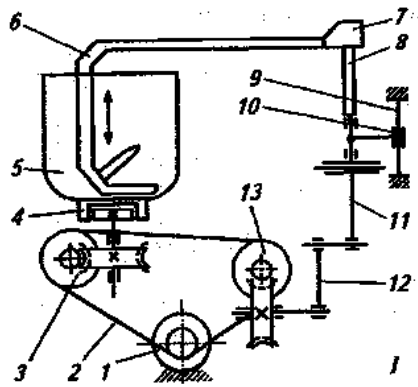


Рис. 2.42. Кинематические схемы тестомесильных машин:

*I* – МТМ-60 (1 – электродвигатель; 2 – клиноременная передача; 3, 13 – червячные редукторы; 4 – диск; 5 – бачок; 6 – месильный орган; 7 – головка; 8 – ползун; 9 – палец; 10 – рычаг; 11 – шатун; 12 – кривошип);

*II* – МБТМ-140 (1, 6, 9 – червячные редукторы; 2 – валик; 3 – дежа; 4 – крышка; 5 – траверса; 7 – червячный сектор; 8 – червяк; 10 – реверсивный электродвигатель; 11, 13 – клиноременные передачи; 12 – электродвигатель);

*III* – МТМ-15 (1 – клиноременная передача; 2 – электродвигатель; 3 – цилиндрическая передача; 4 – Z-образные месильные лопасти);

*IV* – ТММ-1М: 1 – червячные редукторы; 2 – диск с квадратным отверстием; 3 – педаль; 4 – упор дежи; 5 – пружина; 6 – дежа; 7 – предохранительные щитки; 8 – месильный рычаг; 9 – шарнир; 10 – кривошип; 11 – цепная передача; 12 – электродвигатель);

*V* – А2-ХТМ: (1 – фундаментная плита; 2 – дежа; 3 – станина; 4 – ось поворота; 5, 10 – электродвигатель; 6, 11 – клиноременная передача; 7 – концевые переключатели; 8 – винт; 9 – траверса; 12 – планетарная передача; 13 – крышка; 14 – рабочий орган).

Среди прочего оборудования для механических процессов следует назвать оборудование для очистки растительного и животного сырья от наружного покрова (обочные и щеточные машины, машины для шелушения и шлифования зерновых культур, бичерушки, гребнеотделители, машины для отделения шелухи и плодоножек, машины для очистки картофеля и корнеплодов, машины для снятия шкур с животных и для снятия оперения с птиц и т.п.).

### 3. Элементы расчета механического оборудования

Расчеты машин для осуществления механических процессов можно подразделить на расчеты по определению основных технологических параметров оборудования (производительности, мощности привода), кинематические и прочностные расчеты.

#### 3.1. Элементы расчета дробилок

При расчете измельчающих машин основными задачами являются определение производительности, затрат мощности на привод и прочностные расчеты.

При расчете производительности щековой дробилки исходят из того, что за один оборот вала дробилки из неё выпадает количество материала, равное объему призмы, заключенной между щеками, и сечение которой имеет высоту  $h$  (см. рис. 3.1).

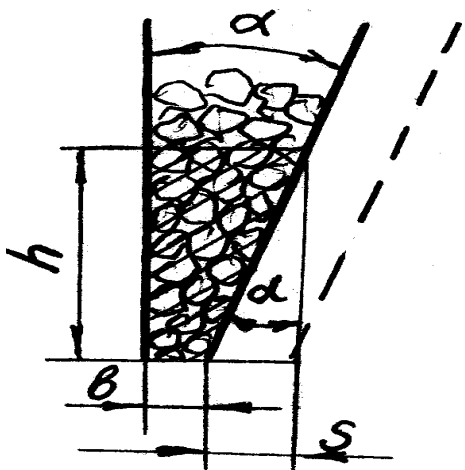


Рис. 3.1. К расчету производительности щековой дробилки

Расчетная формула для производительности в этом случае имеет вид:

$$P = 60 \cdot n \cdot \frac{2b + s}{2} \cdot \frac{s}{\operatorname{tg}\alpha} \cdot l \cdot \rho \cdot \varphi \quad , \quad (3.1)$$

где

$P$  – производительность, кг/ч;

$n$  – частота вращения вала дробилки, об/мин.;

$b$  – минимальная ширина выпускной щели, м;

$s$  – ход щеки, м;

$l$  – длина выпускной щели (щеки), м;

$\alpha$  – угол захвата;

$\rho$  – плотность материала, кг/м<sup>3</sup> ;

$\varphi$  – коэффициент разрыхления измельченного материала.

Угол захвата не должен превышать удвоенного угла трения для измельчаемого материала и обычно лежит в пределах  $\alpha \leq 15^\circ \dots 22^\circ$ .

Для чаще всего применяемых в пищевой технологии дробилок среднего размера коэффициент разрыхления составляет  $\varphi = 0,5 \dots 0,7$ .

Частота вращения для щековых дробилок  $n = 150 \dots 280$  об/мин.

Часовая производительность вальцовой дробилки определяется в зависимости от размеров щели и окружной скорости валков

$$P = 60 \pi D n \cdot b \cdot l \cdot \rho \cdot \varphi \quad , \quad (3.2)$$

где

$P$  – производительность, кг/ч;

$D$  – диаметр валка, м;

$n$  – частота вращения валка, об/мин.;

$b$  – ширина щели, м;

$l$  – длина щели (валка), м;

$\rho$  – плотность материала, кг/м<sup>3</sup> ;

$\varphi$  – коэффициент неравномерности питания валков (при измельчении зерна  $\varphi = 0,5 \dots 0,7$ ).

Для обеспечения нормальной работы вальцовых дробилок должно быть обеспечено определенное соотношение между диаметром валка, размером измельчаемых частиц и шириной щели. Для гладких валков

обычно  $D/d = 20 \dots 25$ , а для рифленых –  $D/d = 10 \dots 12$ .

Для лучшего истирания измельчаемого материала используют вальцовые дробилки с разной частотой вращения валков при соотношении  $n_1/n_2 = 1/1,3 \dots 1/2,5$ .

Для дробилок с разной частотой вращения валков

$$\Pi = \omega_{\text{ср}} \cdot b \cdot l \cdot \rho \cdot \varphi \quad , \quad (3.3)$$

где  $\omega_{\text{ср}}$  – средняя окружная скорость валков, м/с.

$$\omega_{\text{ср}} = \frac{\omega_1 + \omega_2}{2} \quad .$$

При расчете молотковых дробилок определяется окружная скорость для обеспечения достаточной для разрушения материала силы удара. Расчетная формула вытекает из закона сохранения количества движения

$$\omega = \frac{P \cdot \tau}{m} \quad , \quad (3.4)$$

где

$\omega$  – окружная скорость молотков, м/с;

$P$  – расчетное усилие, Н;

$\tau$  – длительность удара, с (обычно принимают для зерна  $10^{-5}$  с.);

$m$  – масса измельчаемой частицы, кг.

Производительность дробилки может быть найдена по эмпирической формуле

$$\Pi = \frac{k \cdot D^2 \cdot l \cdot n^2}{3,6(i - 1)} \quad , \quad (3.5)$$

где

$\Pi$  – производительность, кг/ч;

$D$  – диаметр ротора, м;

$l$  – длина ротора, м;  
 $n$  – частота вращения, об/мин;  
 $i$  – степень измельчения.

Мощность на привод дробилок, как уже отмечалось выше, обычно находят по эмпирическим формулам. В частности, для молотковых дробилок мощность на привод может быть найдена по формуле

$$N = (0,1 \dots 0,15) П \cdot i , \quad (3.6)$$

где

$П$  – производительность дробилки, т / ч;  
 $i$  – степень измельчения.

### 3.2. Основы расчета грохотов

Одной из главных задач расчета грохотов является определение их производительности. Производительность гирационного грохота определяют по формуле

$$П = 3600 \cdot \omega \cdot \rho_n \cdot S \cdot \varphi \quad (3.7),$$

где

$П$  – производительность, кг/ч;  
 $\omega$  – скорость перемещения материала по сити, м/с ;  
 $\rho_n$  –насыпная плотность материала, кг/м<sup>3</sup> ;  
 $S$  – площадь поперечного сечения материала на грохоте, м<sup>2</sup> ;  
 $\varphi$  – коэффициент заполнения сита ( $\varphi = 0.40 \dots 0,60$ ).

При ширине сита грохота  $B$  и толщине слоя материала  $h$  площадь сечения материала на грохоте  $S = h \cdot B$ . При этом толщину слоя материала принимают равной  $h \approx 1,5d_{max}$  (здесь  $d_{max}$  – размер наиболее крупных частиц сепарируемого материала).

Значение скорости перемещения материала по сити лежит в пределах  $0,1 \dots 0,3$  м/с и может быть найдено по эмпирической формуле

$$\omega = 0,23 \cdot n \cdot r \cdot f \cdot \operatorname{tg} \alpha , \quad (3.8)$$

где

$n$  – частота вращения вала привода, об/мин.;

$r$  – эксцентриситет привода, м ( $r = 0,01 \dots 0,02$  м);

$f$  – коэффициент трения материала о сито ( $f = 0,3 \dots 0,4$ );

$\alpha$  – угол наклона пружин грохота к вертикали (обычно  $\alpha \approx 20^\circ$ ).

Максимальные обороты привода определяют с учетом его эксцентриситета

$$n_{max} = 30 / \sqrt{r \cdot \operatorname{tg} \alpha} . \quad (3.9)$$

Производительность барабанных сепараторов находят по эмпирической формуле

$$П = 720 \cdot \varphi \cdot \rho_n \cdot n \cdot \operatorname{tg}(2 \alpha) \cdot \sqrt{R^3 h^3} , \quad (3.10)$$

где

$П$  – производительность, кг/ч;

$\varphi$  – коэффициент разрыхления материала ( $\varphi = 0,6 \dots 0,8$ );

$\rho_n$  – насыпная плотность материала, кг/м<sup>3</sup>;

$n$  – частота вращения вала привода, об/мин.;

$\alpha$  – угол наклона барабана к горизонту (обычно  $\alpha \approx 20^\circ$ ).

$R$  – радиус барабана, м;

$h$  – высота слоя материала на сите, м.

Объемную производительность вибрационных грохотов определяют по эмпирической формуле

$$П_v = A \cdot F(55 + a)(60 + b)\sqrt{d} , \quad (3.11)$$



где

$P$  – производительность, м<sup>3</sup>/ч;

$A$  – эмпирический коэффициент ( $A = 0,00047$  – для горизонтальных грохотов и  $A = 0,00029$  – для наклонных);

$F$  – площадь сита, м<sup>2</sup>;

$a$  – содержание нижнего продукта в исходном материале, %;

$b$  – содержание в нижнем продукте частиц, размером меньше половины отверстия сита, %;

$d$  – размер отверстия сита, мм.

### 3.3. Элементы расчета отжимающих прессов

Наиболее распространенными отжимающими прессами являются шнековые прессы. Обычно производительность прессы определяют по выходу отжатого жома по формуле

$$P = 60 \cdot n \cdot F \cdot t \cdot \rho \cdot \varphi, \quad (3.12)$$

где

$P$  – производительность прессы, кг/ч;

$n$  – частота расчета вращения шнека, мин<sup>-1</sup>;

$F$  – площадь выходного отверстия или, в случае перфорированного диска, сумма площадей отверстий диска, м<sup>2</sup>;

$t$  – шаг витка шнека в выходной щели, м;

$\rho$  – плотность отжатого жома, кг/м<sup>3</sup>;

$\varphi$  – отношение площади, занятой прерывистыми витками шнека к площади винтовой поверхности (для одного витка у выходной щели).

Объемная производительность шнека в  $i$ -м сечении определяется по выражению

$$P_i = 60 \cdot n \left[ \frac{\pi(D^2 - d^2) \cdot S_i \cdot K_{при}}{4} - V_{ви} \right], \quad (3.13)$$

где

$P_i$  – производительность шнека, м<sup>3</sup>/ч;

$n$  – частота расчета вращения шнека,  $\text{мин}^{-1}$ ;  
 $D$  – наружный диаметр шнека, м;  
 $d$  – диаметр корпуса шнека, м;  
 $S_i$  – шаг витка на данном участке, м;  
 $K_{\text{при}}$  – коэффициент перемещения, учитывающий проворачивание жома;  
 $V_{\text{в}i}$  – объем, занимаемый витками шнека на длине одного шага,  $\text{м}^3$ .

В случае, когда в процессе отжатия целевым компонентом является отжимаемая жидкость, производительность оборудования может определяться по её выходу с использованием формулы

$$P_{\text{ж}} = P_{\text{и}} \cdot w \cdot \frac{\varphi}{100}, \quad (3.14)$$

где

$P_{\text{ж}}$  – производительность по отжимающей жидкости, кг/ч;  
 $P_{\text{и}}$  – производительность по перерабатываемому сырью, кг/ч;  
 $w$  – выход отжимаемой жидкости, %;  
 $\varphi$  – коэффициент, учитывающий неравномерность поступления сырья.

Поскольку процессы отжатия отличаются определенной сложностью, обычно для определения выхода отделяемой жидкости пользуются эмпирическими формулами. Так, для расчета выхода масла отжатием из семян масличных культур используют эмпирическую зависимость

$$w = c \cdot w_0 \cdot \frac{\sqrt{p}}{\nu^a} \cdot \sqrt[6]{\tau}, \quad (3.15)$$

где

$w$  – выход масла, % ;  
 $c$  – постоянная, зависящая от вида материала;  
 $w_0$  – содержание масла в исходном материале, % ;  
 $p$  – давление при отжатии, Па;  
 $\tau$  – продолжительность отжатия, с;  
 $\nu$  – кинематическая вязкость масла,  $\text{м}^2/\text{с}$  ;  
 $a$  – показатель, зависящий от вида масла.

## Литература

1. Кавецкий Г.Д., Васильев Б.В. Процессы и аппараты пищевой технологии. – М.: Колос, 2008.
2. Плаксин Ю.М. и др. Процессы и аппараты пищевых производств – М.: Агропромиздат, 2008.
3. Процессы и аппараты пищевых производств. В 2 кн. / под ред. А.Н. Острикова. – Санкт-Петербург: «ГИОРД», 2007.
4. Процессы и аппараты пищевых производств / под ред. А.Н. Острикова. – Санкт-Петербург: «ГИОРД», 2012.
5. Чащинов В.И. Практикум по процессам и аппаратам. Ч. I. Учебное пособие. – Брянск: Издательство БГСХА, 2010.
6. Чащинов В.И. Процессы и аппараты. Курс лекций. Ч. I. – Брянск: Издательство БГСХА, 2012.

Учебное издание

Купреенко Алексей Иванович,  
Чащинов Валерий Иванович,  
Исаев Хафиз Мубариз - оглы,  
Свиридов Игорь Геннадьевич

## **ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ПИЩЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ**

Учебное пособие по дисциплинам

*«Процессы и аппараты пищевых производств»*  
*«Процессы и аппараты»*

для студентов по направлениям подготовки бакалавров

19.03.04, 19.03.03 и 35.0306, связанным с механизацией переработки

и технологией производства продуктов питания

Редактор Осипова Е.Н.

---

Подписано в печать 14.09.2017 г. Формат 60×84  $\frac{1}{16}$   
Бумага офсетная. Усл. печ. л. 3,02. Тираж 25 экз. Изд. № 5373.

---

Издательство Брянского государственного аграрного университета  
243365, Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ