

**ОСНОВНЫЕ ВИДЫ КЛАССИФИКАЦИИ  
ЗЕРНИСТОГО МАТЕРИАЛА**

Полученный в результате измельчения твердый материал требуется разделить с выделением фракций, различающихся по размерам частиц. Такое разделение твердого зернистого материала называют *классификацией* или *сортировкой*. В промышленности применяются следующие основные виды классификации (сортировки) зернистого материала.

**Классификация при помощи сит**, имеющих те или иные размеры отверстий. Частицы меньшего размера проходят через отверстия сита, в то время как более крупные задерживаются на его полотне. Просеивая зернистый материал последовательно через ряд сит с различными размерами отверстий, можно выделить из него фракции с частицами определенных заданных размеров. Такой метод классификации называется *прохождением*.

**Гидравлический способ** классификации основывается на различии скорости оседания частиц различных размеров в жидкости. Такая классификация осуществляется пропусканием жидкости или газа через слой исходного материала, при этом частицы, скорость осаждения которых меньше линейной скорости восходящего потока, выносятся из слоя, остальные частицы остаются в нем. При классификации гидравлическим способом материал разделяется не только по размерам частиц, но и по их плотности. При заданной скорости потока из слоя выносятся не только мелкие частицы, но и более крупные, имеющие меньшую плотность.

Классификация гидравлическим способом может осуществляться также путем отстаивания суспензии, причем скорость оседания частиц зависит от размера частиц и их плотности. В первую очередь из суспензий (в осадок) будут выпадать наиболее крупные и тяжелые частицы, в последующем размер отстаивающихся частиц постепенно убывает.

**Классификация при помощи газовых (воздушных) классификаторов.** При таком способе классификации материал разделяется в газовом (воздушном) потоке под действием сил тяжести, центробежных или инерционных. В поле этих сил крупные и тяжелые частицы последовательно отделяются от более мелких.

## Сита

**Сита.** При грохочении применяются сита, выполненные как из металла, так и из других материалов. Отверстия в ситах обычно имеют прямоугольную или круглую форму. Сита изготавливаются из листов с отверстиями либо из плетеных сеток.

Существуют различные системы сит. По российскому стандарту сита выпускаются под номерами, соответствующими номинальному размеру стороны отверстия в свету (в миллиметрах или микронах). Так, сито № 5 имеет квадратное отверстие со стороной 5 мм и т.д.

За рубежом принято характеризовать сита числом отверстий на 1 линейный дюйм (25,4 мм), называемым числом «меш». Так, например, сито, имеющее 100 отверстий на 1 линейный дюйм, называют ситом в 100 меш.

Важной характеристикой сита является число отверстий, приходящихся на единицу площади сита. Для иллюстрации ниже приводятся выборочные данные по числу отверстий сит в зависимости от их размера.

Размер стороны отверстия в свету, мм.....	5	1	0,25	0,105	0,0042
Число отверстий на 1 см <sup>2</sup> .....	2,3+2,7	40+48	540+660	2640+3270	16900+19300

Определение гранулометрического состава измельченного твердого материала с использованием сит называют *ситовым анализом*. Он устанавливает взаимосвязь между размерами частиц, их массовым или объемным содержанием в исходной смеси. Частицы, прошедшие через сито, называют *просевом*, частицы, оставшиеся после отсева на сите, — *остатком* или *отсевом*.

При отсеиве зернистого материала не всегда удается получить в просеве все частицы соответствующих размеров, содержащихся в исходном материале. Некоторое количество частиц данного размера может остаться на сите. Полнота (четкость разделения) отсева зависит от многих факторов, в том числе от формы и размеров отверстий сита и кусков материала, толщины полотна сита, влажности материала, скорости перемещения материала на сите, продолжительности отсева, способности материала к агломерации, истиранию частиц и др.

**Грохоты.** При классификации с выделением зерен ряда фракций применяют многократное грохочение с использованием одного из следующих способов (рис. XX-1):

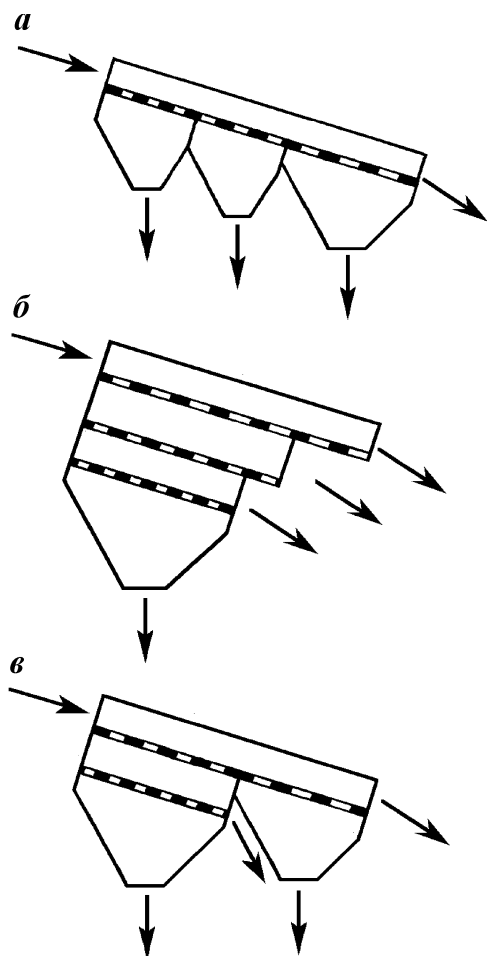
от мелкого к крупному. Осуществляется путем пропуска материала через ряд последовательно установленных сит с увеличивающимся размером отверстий;

от крупного к мелкому. Сита с уменьшающимся размером отверстий расположены одно над другим;

комбинированный.

По основным признакам грохоты подразделяются на группы: неподвижные и подвижные; плоские и барабанные; колосниковые и решетчатые.

**Неподвижные грохоты** вследствие их малой производительности применяются сравнительно редко. Они устанавливаются под углом наклона несколько большим угла естественного откоса разделяемого (классифицируемого) материала; подлежащий разделению материал высыпает на наклонную перфорированную поверхность грохота, по которой он ссыпается. При движении материала по поверхности грохота мелкие частицы просеиваются, т.е. происходит разделение материала на две фракции (больше или меньше размера отверстий сита).



**Рис. XX-1. Способы грохочения:**

*а* — от мелкого к крупному; *б* — от крупного к мелкому; *в* — комбинированный

**Подвижные грохоты** чаще применяются в промышленности. Большое распространение получили барабанный, качающийся и вибрационный грохоты.

**Барабанный грохот** (рис. XX-2, *а*) состоит из наклонно установленного вращающегося барабана 2 цилиндрической или многогранной формы с перфорированными стенками, привода 3 и опорных роликов 4. При вращении барабана сыпучий материал сползает вниз; на этом пути мелкая фракция частиц при движении проваливается через отверстия в стенке барабана, а крупная удаляется через выходное сечение барабана. В некоторых случаях барабанные грохоты устанавливаются горизонтально; их выполняют в виде усеченного конуса, по наклонной поверхности которого происходит перемещение разделяемого материала.

Для разделения материала на несколько фракций применяют барабаны, состоящие из нескольких сит с отверстиями разных размеров, причем сита располагаются последовательно (рис. XX-2, *б*) или соосно (рис. XX-2, *в*). В первом случае исходный сыпучий материал подается на сито с наименьшими отверстиями, во втором — с наибольшими. Конструкция ба-

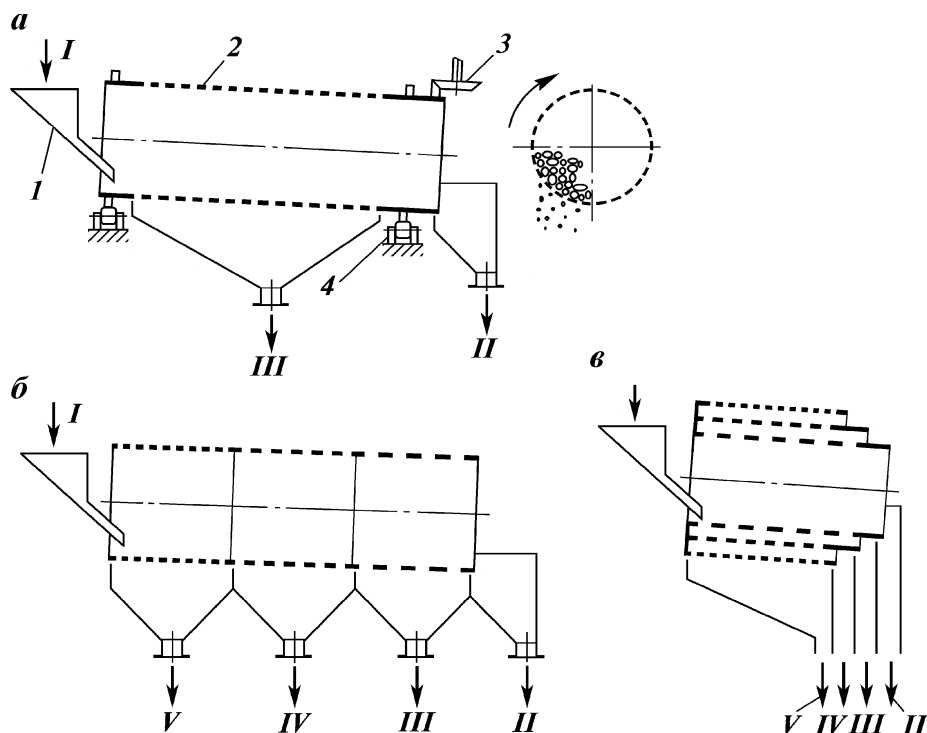


Рис. XX-2. Схемы барабанных грохотов:

а — с одинарным ситом: 1 — лоток для подачи исходного материала, 2 — барабан, 3 — привод, 4 — опорный ролик; б — с последовательным расположением сит; в — с соосным расположением сит. Поток: I — исходный материал; II — крупная фракция; III, IV, V — фракции с уменьшающимся размером частиц

рабанного грохота с последовательным расположением сит приведена на рис. XX-3.

Достоинством барабанных грохотов является их динамическая уравновешенность (отсутствие качающихся и вибрирующих масс), существенным недостатком — низкая степень использования поверхности сит (20÷30 %) вследствие малого коэффициента заполнения барабана (15÷18 %).

**Качающиеся грохоты** представляют собой наклонные плоские сита или колосники, приводимые в колебательное движение; схема такого грохота показана на рис. XX-4.

Корпус 2 с просеивающей решеткой, закрепленный на опорной стойке 3, качается благодаря приводному эксцентрики 1.

Качающиеся грохоты могут выполняться в виде многоярусных агрегатов, для различных ярусов которых используются сита различных размеров. Размер отверстий сит убывает от верхнего яруса к нижнему. Остаток на сите данного яруса последовательно перемещается слева направо и отводится в виде отдельных фракций.

Качающийся грохот с разносторонним уклоном сит (рис. XX-5) состоит из опорной рамы 1, нижнего короба с ситом 7, верхнего короба с ситом 4, установленного на опорах 6, и приводного механизма, включающего эксцентриковый вал 2, шатун 5, двигатель 3 и клиноременную пере-

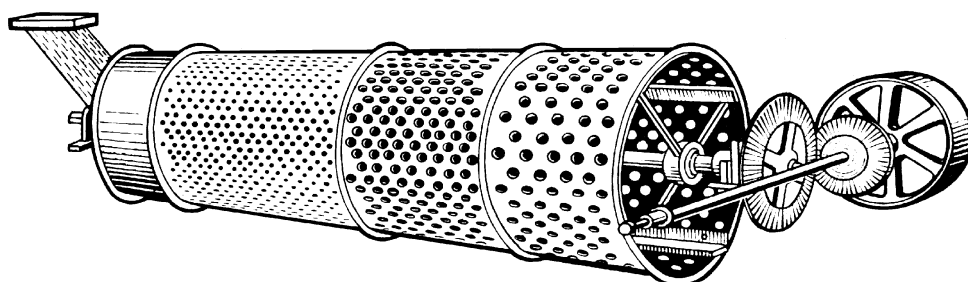


Рис. XX-3. Конструкция барабанного грохота с последовательным расположением сит

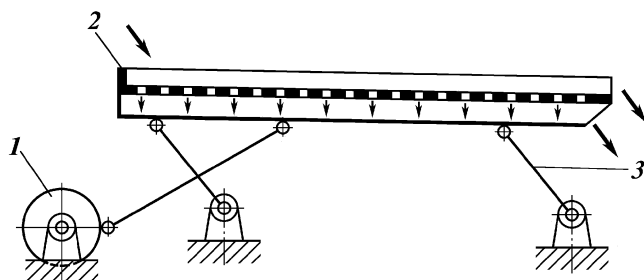


Рис. XX-4. Схема качающегося грохота:  
1 — эксцентрик; 2 — корпус; 3 — опорная стойка

дачу. Эксцентрики привода верхнего короба находятся под углом  $180^\circ$  к эксцентрикам нижнего короба, благодаря чему сита движутся в разных направлениях при условии равновесия качающихся масс.

Разделяемая сыпучая смесь поступает на сито верхнего короба и, продвигаясь по нему, делится на две фракции: верхнюю (крупную) и нижнюю (мелкую). Верхняя фракция в конце сита отводится по назначению, а нижняя из-под сита верхнего короба направляется в нижний короб. Двигаясь по ситам нижнего короба, эта фракция снова делится на две: верхнюю и нижнюю.

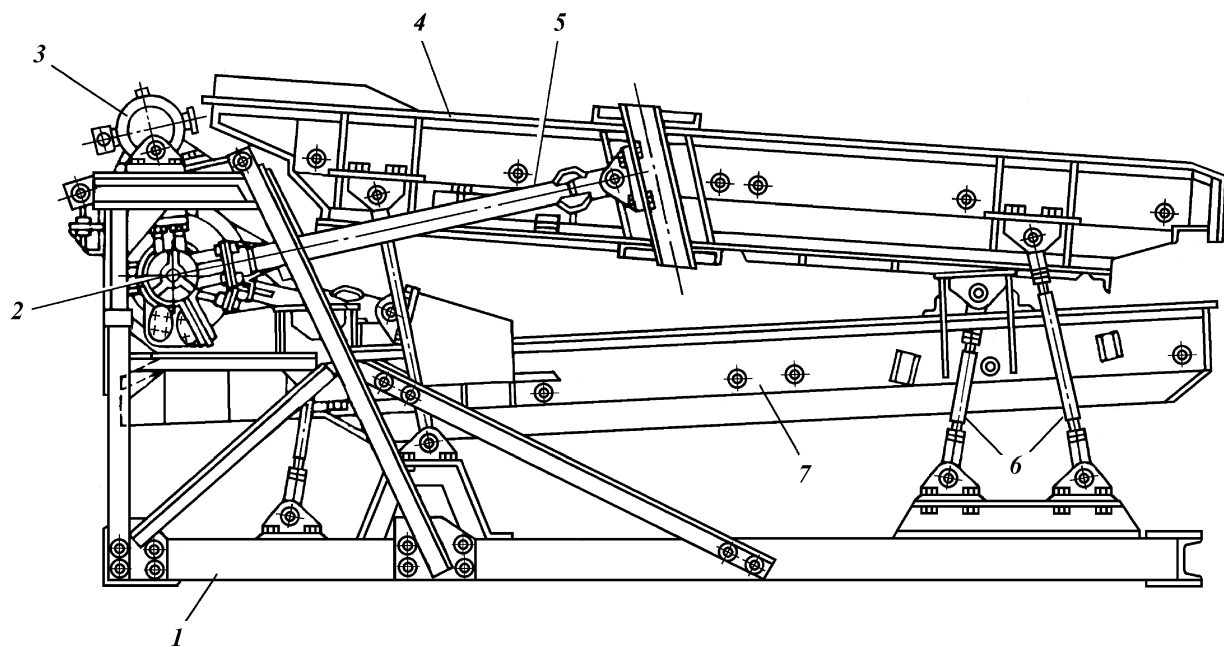
Качающиеся грохоты по сравнению с барабанными отличаются более высокой производительностью и эффективностью, компактны и удобны в обслуживании.

**Вибрационные грохоты.** Классификация материала осуществляется и на вибрационных грохотах, у которых наклонное сито совершает частые колебательные движения при помощи вибратора; схема такого грохота представлена на рис. XX-6.

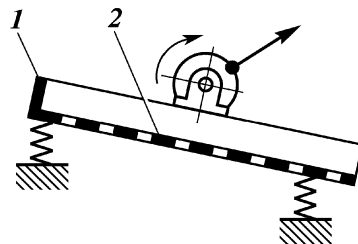
Вибрационные грохоты по сравнению с ранее рассмотренными типами имеют ряд достоинств: меньшую засоряемость поверхности благодаря высокой частоте колебаний сита; высокую производительность и четкость разделения; возможность использования для разделения разнообразных материалов, в том числе и влажных; компактность и удобство в эксплуатации; сравнительно невысокий расход энергии.

**Гидравлические центробежные классификаторы.** Классификация твердых частиц по размерам гидравлическим способом с использованием центробежной силы может осуществляться таким же образом, как это отмечалось ранее при описании работы гидроциклонов (см. гл. XIV).

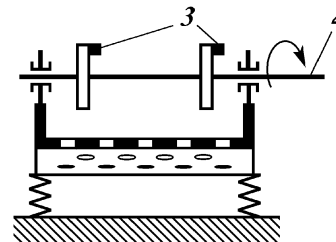
**Воздушные классификаторы.** На рис. XX-7 показан центробежный воздушный сепаратор (классификатор). В центробежном воздушном классификаторе на приводном валу 1 жестко закреплен разбрасывающий диск 3, с которым соединен вентилятор 2, при помощи которого в классифика-

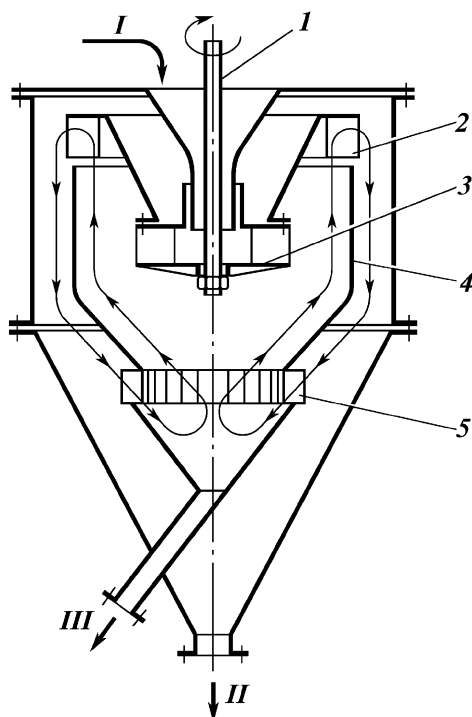


**Рис. XX-5. Конструкция качающегося грохота с разносторонним уклоном сит:**  
 1 — опорная рама; 2 — эксцентриковый вал; 3 — двигатель; 4 — верхний короб с ситом; 5 — шатун; 6 — опоры; 7 — нижний короб с ситом

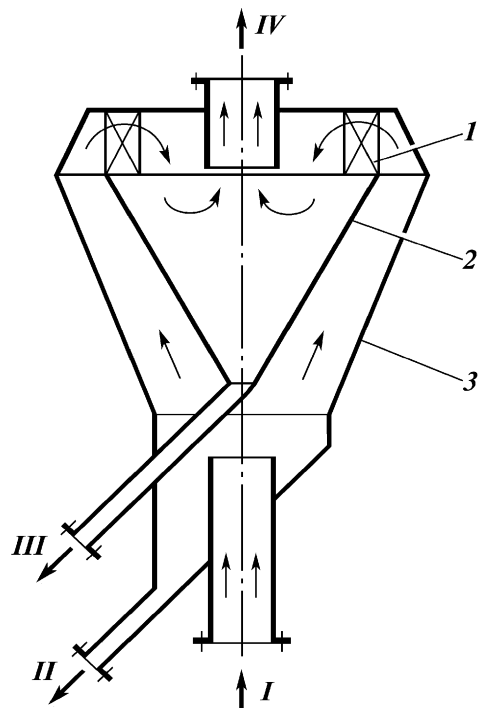


**Рис. XX-6. Схема вибрационного грохота:**  
 1 — корпус; 2 — сито; 3 — дебалансы; 4 — вал





**Рис. XX-7. Схема центробежного воздушного сепаратора:**  
 1 — приводной вал вентилятора и разбрасывающий диск; 2 — вентилятор; 3 — разбрасывающий диск; 4 — внутренняя камера; 5 — жалюзийное распределительное устройство. Поток: I — исходный сыпучий материал; II — мелкие частицы; III — крупные частицы



**Рис. XX-8. Схема воздушно-проходного сепаратора:**  
 1 — поворотные лопатки; 2 — внутренний конус; 3 — наружный конус. Поток: I — воздух вместе с исходным сыпучим материалом; II — крупные частицы; III — средние частицы; IV — воздух вместе с мелкими частицами

торе обеспечивается замкнутая циркуляция воздуха. Подлежащий разделению материал непрерывно подается на вращающийся разбрасывающий диск 3, с которого под действием центробежной силы отбрасывается к стенкам внутренней камеры 4. При движении материала по стенкам камеры через его слой продувают восходящий воздушный поток, выносящий к вентилятору мелкие частицы.

Крупные частицы из внутренней камеры отводятся через наклонный патрубок, а мелкие частицы отбрасываются лопатками вентилятора к наружным стенкам корпуса и через нижнее коническое днище выводятся из аппарата.

В воздушно-проходном сепараторе (рис. XX-8) подлежащий разделению материал вносится потоком воздуха в кольцевое пространство сепаратора между внутренним 2 и наружным 3 конусами. Вследствие снижения скорости движения потока в этом сечении происходит отделение от потока наиболее крупных частиц, которые в дальнейшем выводятся из сепаратора. Мелкие частицы, двигаясь вместе с потоком воздуха, огибают верхний край внутреннего конуса и через поворотные лопатки 1 направляются



во внутренний конус 2. Интенсивность отделения частиц во внутреннем конусе зависит от расположения лопаток; при тангенциальном их расположении отделение происходит под действием центробежной силы, а при радиальном расположении — под действием инерционных сил, обусловленных изменением направления потока. Средние по размеру частицы выводятся в нижней части внутреннего конуса, а более мелкие частицы вместе с воздухом выводятся через центральный патрубок.

## ÂÎ ÇÈÐÎ ÂÂÎ ÈÂ ÒÂÂÐÄÛÕ Ì ÀÒÂÐÈÂÈÎ Â

Под дозированием понимают отмеривание или отвешивание определенного количества (дозы) материала и перемещение этой дозы к рабочим органам машины или аппарата, выполняющего технологические операции. В нефтегазопереработке и нефтехимии дозирование материалов осуществляют при компаундировании товарных нефтепродуктов, приготовления масел, смазок, присадок; подаче реагентов, деэмульгаторов, ингибиторов; каталитическом крекинге нефти; разделении и очистке газов; сушке дисперсных продуктов; получении полимерных материалов и в других технологических процессах.

Дозирование материалов осуществляют с помощью механических и автоматических устройств, которые широко применяются в периодических и непрерывных технологических процессах. Величиной, характеризующей процесс дозирования, является расход дозируемого материала (объемный или массовый).

*Дозатор*, используемый на установке в качестве устройства для равномерной подачи материалов из бункеров к транспортирующим или перерабатывающим машинам и аппаратам, обычно называются *питателем*. В некоторых производственных процессах питатели используются как простые, надежные и дешевые объемные дозаторы небольшой точности, они также выполняют функцию *запорного устройства*.

Рассмотрим принцип действия питателей наиболее распространенных типов.

**Шнековый питатель** (рис. XX-9) представляет собой расположенный в корпусе непрерывно вращающийся шнек. Исходный материал поступает через загрузочную воронку 2, подхватывается шнеком и перемещается вдоль корпуса до разгрузочного патрубка 5.

Производительность такого типа питателей регулируется изменением числа оборотов шнека. Подобный дозатор обеспечивает не только подачу материала, но и благодаря уплотнению перемещающегося шнеком материала создает в аппарате затвор, разобщающий газовое пространство зон А и Б.

**Шлюзовой питатель** (рис. XX-10) состоит из корпуса 1 и вращающегося в нем ротора с ячейками 2, установленного на приводном валу 3. Исходный материал поступает в ячейки ротора и затем перемещается в направлении его движения до разгрузочного патрубка. Производительность таких питателей зависит от числа оборотов ротора. Ротор имеет коническую форму и оснащен винтовым устройством, обеспечивающим передвижение ротора относительно вала, что дает возможность изменять зазор между ротором и корпусом. При небольшом зазоре между корпусом и ротором такой аппарат обеспечивает хороший затвор.

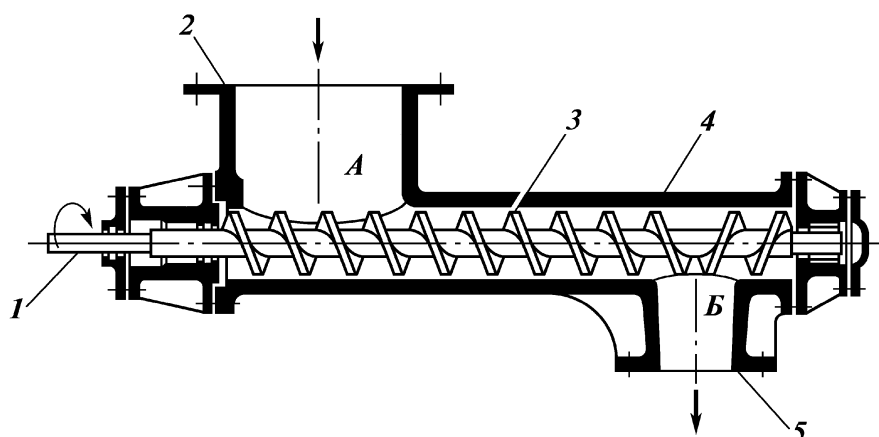


Рис. XX-9. Схема шнекового питателя:  
1 – вал; 2 – загрузочная воронка; 3 – шнек; 4 – корпус; 5 – разгрузочный патрубок

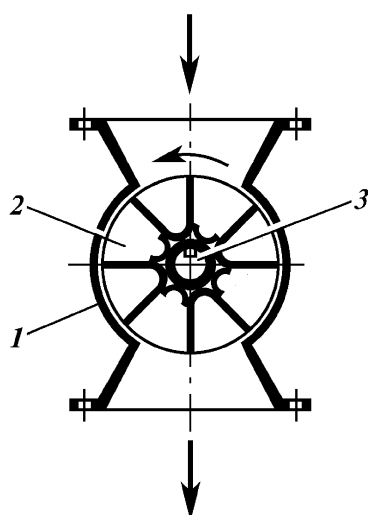


Рис. XX-10. Схема шлюзового питателя:  
1 – корпус; 2 – ротор с ячейками; 3 – приводной вал

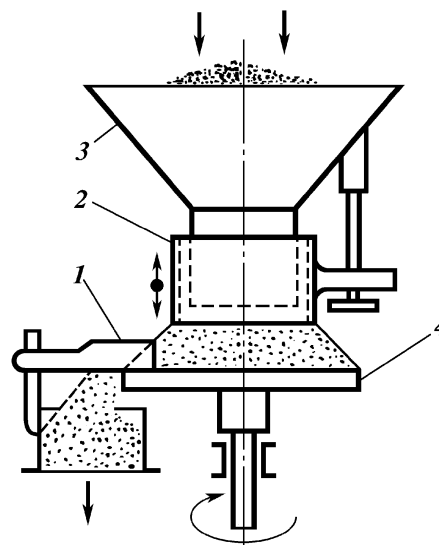
Шлюзовой питатель предназначен для подачи хорошо сыпучих порошкообразных и зернистых материалов с размером гранул не более 10 мм, насыпной плотностью не более  $1800 \text{ кг/м}^3$  при температурах от 5 до  $250^\circ\text{C}$ . Применяется для установки под бункерами и на вертикальных участках материалопроводов в качестве подающих устройств и шлюзовых затворов.

**Тарельчатый питатель** (рис. XX-11) представляет собой вращающуюся тарелку, на которую подается исходный материал, сбрасываемый с поверхности тарелки поворотным ножом.

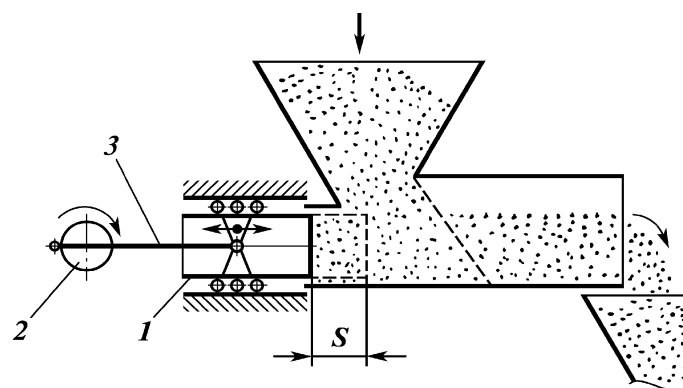
Производительность такого питателя регулируется перемещением цилиндра: при перемещении цилиндра вверх производительность питателя увеличивается и наоборот.

Тарельчатые питатели предназначены для подачи хорошо сыпучих зернистых материалов насыпной плотностью не более  $1800 \text{ кг/м}^3$  при температурах от 5 до  $100^\circ\text{C}$ . Допустимый размер гранул для разных модификаций тарельчатых питателей изменяется от 3 до 10 мм.

**Рис. XX-11. Схема тарельчатого питателя:**  
 1 — сбрасывающий поворотный нож; 2 — манжета; 3 — приемный бункер; 4 — тарелка



**Рис. XX-12. Схема плунжерного питателя:**  
 1 — плунжер; 2 — эксцентрик; 3 — тяга;  
 S — ход плунжера



**Плунжерный питатель** (рис. XX-12) состоит из конусной загрузочной воронки, горизонтального конуса для перемещения дозированного материала и плунжера 1, соединенного с эксцентриком 2 при помощи тяги 3. При вращении эксцентрика плунжер перемещается на расстояние  $S$ , вытесняя порцию дозированного материала из корпуса.