

Схема  
классификации  
измельчителей

## Лекция 4

# МАШИНЫ ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ

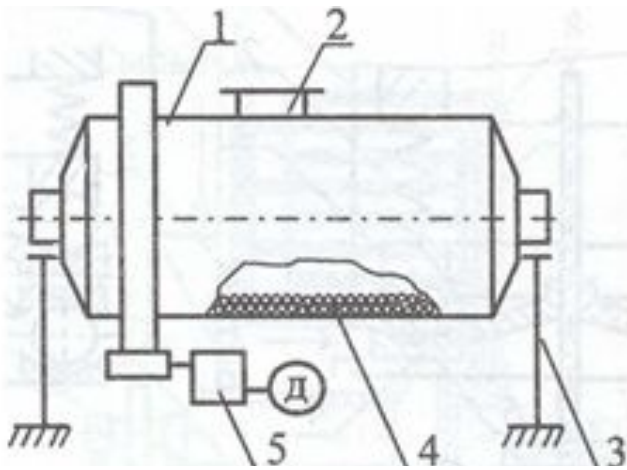
### Мельницы

Мельницы используют для измельчения (помола) материалов с начальным размером частиц 1...5 мм и конечным - до единиц и долей микрона. Различают мельницы грубого, среднего, тонкого и сверхтонкого (коллоидного) помола.

Для грубого помола применяют барабанные, роliko- и шарокольцевые, бильные, шахтные, центробежные и другие мельницы, а также дезинтеграторы, дисмембраторы, бегуны и прочие измельчители.

Для среднего и тонкого помола используют газоструйные, вибрационные и другие мельницы.

Сверхтонкий (коллоидный) помол реализуется в вибракавитационных, многоконусных с решётчатым ротором мельницах, в реактронах и других измельчителях.



**Барabanные мельницы** являются наиболее распространённым видом измельчителей для помола горно-химического сырья и различных химических продуктов в крупнотоннажных производствах. Эти машины относятся к тихоходным измельчителям.

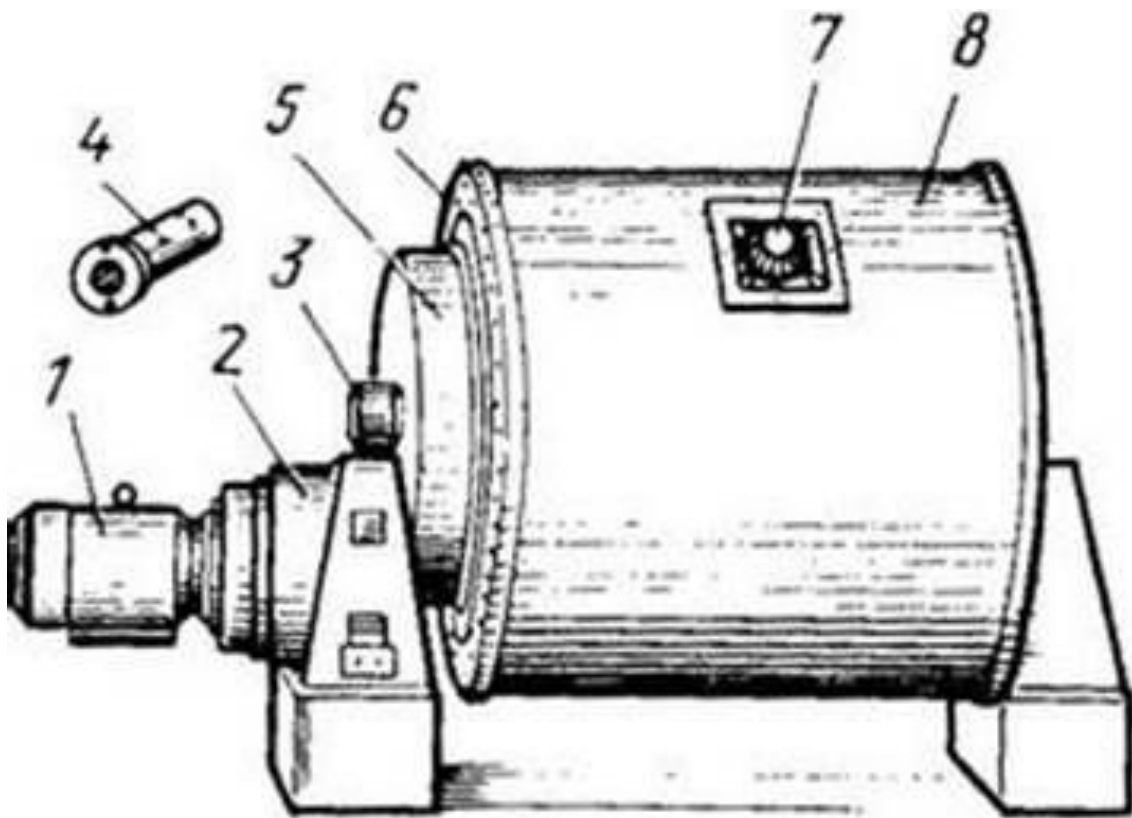
Рабочими органами этих мельниц являются защищённый бронированными плитами барабан и загруженные в него мелющие тела - шары, стержни, диски, морская галька и т.д.

Барabanная однокамерная мельница периодического действия:

- 1 - барабан; 2 - штуцер;
- 3 - опора; 4 - загрузка мелющая (шары стержни);
- 5 – привод.

При вращении барабана мелющие тела центробежной силой прижимаются к его стенке, поднимаются и, достигнув определённой высоты, падают или скатываются вниз. Когда в барабане находится подлежащий измельчению материал, то мелющие тела (ударом при падении, раздавливанием и истиранием при скатывании) будут его измельчать.

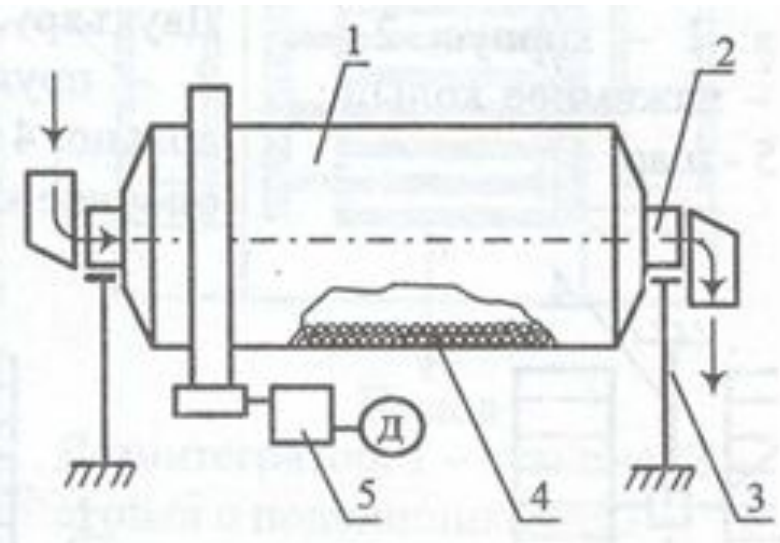
Производительность мельницы периодического действия зависит от её объема и продолжительности помола. При нормальном числе оборотов мельницы на продолжительность помола оказывают влияние физические свойства дробимого материала, размеры материала, поступающего в мельницу, заданная степень измельчения, форма, размеры и качество мелющих тел. Как правило, в мельницу поступает материал, предварительно измельченный до крупности 1 мм. Материал, измельченный в мельнице, должен проходить через сито № 006 с остатком не более 2%.



### Шаровая мельница

периодического действия:

- 1 -- электродвигатель,
- 2 -- планетарный редуктор,
- 3 -- подшипники,
- 4 -- стакан, 5 -- кожух,
- 6 -- стальные днища с цапфами,
- 7 -- крышка люка,
- 8 -- сварной барабан



Барabanная однокамерная мельница непрерывного действия:

- 1 - барабан;
- 2 - цапфа барабана полая;
- 3 - опора;
- 4 - загрузка мелющая;
- 5 - привод

В барабанных мельницах непрерывного действия измельчаемый материал непрерывно вводится в барабан и выводится из него через полые цапфы. Материал в барабане движется или вследствие разности уровней его на входе и выходе, или с помощью газового потока (газ поступает со стороны питающей цапфы, подхватывает мелкие частицы и выносит их через выходную цапфу), или под действием потока жидкости (жидкость поступает в мельницу вместе с измельчаемым материалом и при движении выносит мелкие частицы из барабана).

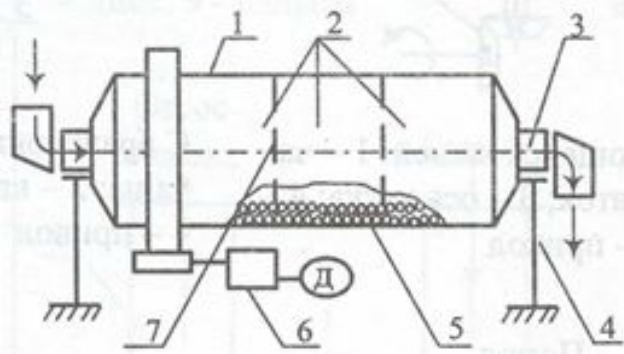
При всех способах вывода из барабана в готовом продукте содержатся наряду с целевой фракцией также и более крупные частицы. Чтобы разделить измельчённый материал на фракции, мельницы должны работать в замкнутом цикле с классифицирующими устройствами – грохотами, воздушными сепараторами или гидравлическими классификаторами.

Достоинствами барабанных мельниц являются простота конструкции и удобство в эксплуатации.

К их основным недостаткам относятся невысокие скорости движения мелющих тел и материала и то, что в измельчении участвует только часть мелющих тел, рабочий объем барабана используется только на 35.. 40 %.

## Многокамерные мельницы

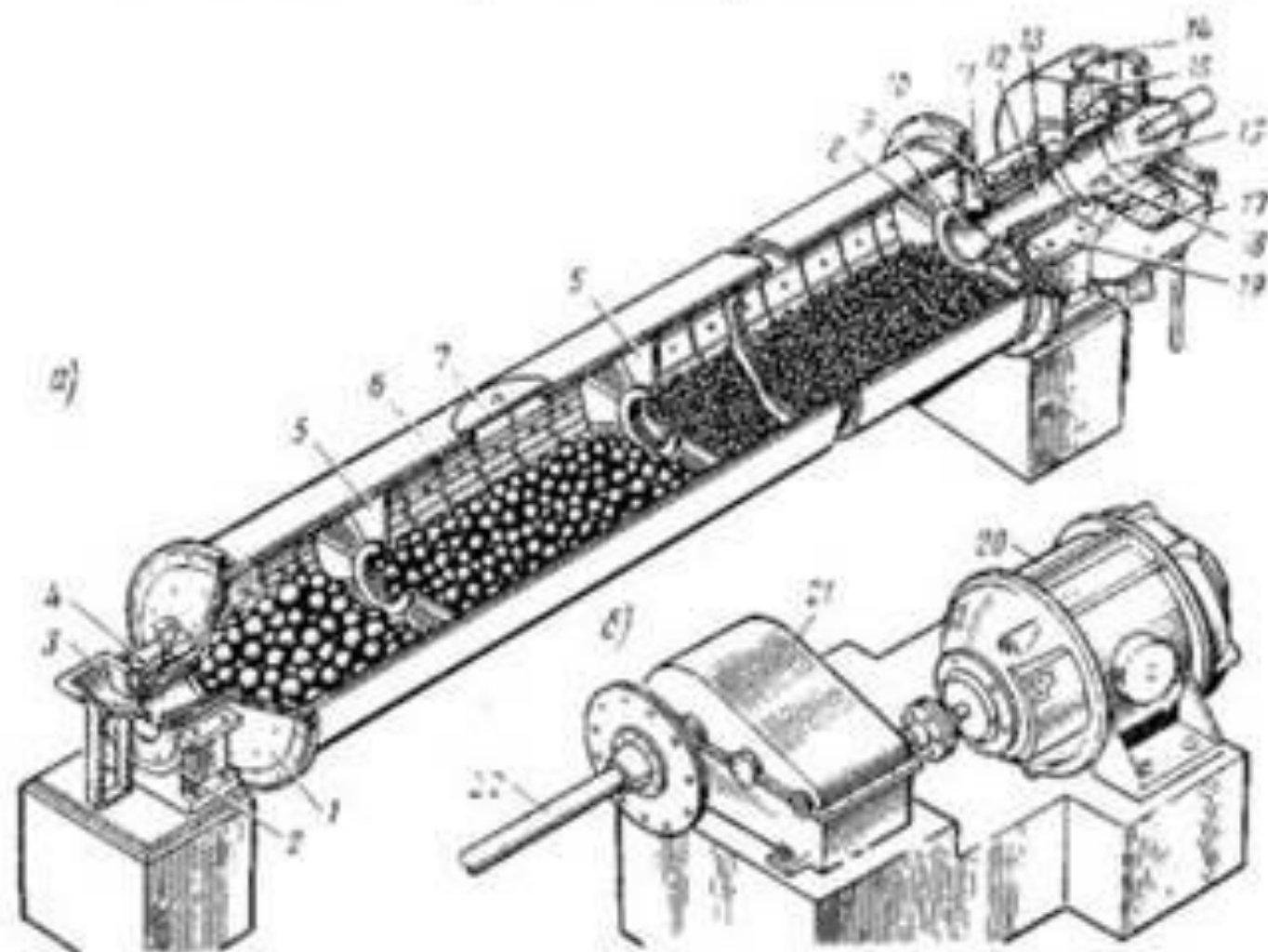
Применяются для помола шамота, кварца, пегматита, известняка, цементного клинкера, угля и других материалов, когда требуется высокая производительность и надо получить продукт высокой, инородной тонкости. В многокамерной мельнице объединены все стадии измельчения и может осуществляться как мокрый, так и сухой помол материалов.



Барабанная многокамерная мельница непрерывного действия: 1 - барабан; 2 - секции барабана; 3 - цапфа; 4 - опора; 5 - загрузка мелющая; 6 - привод; 7 - диафрагма

В результате применения многокамерных мельниц упрощается процесс помола и обслуживание мельниц, значительно сокращается количество вспомогательной аппаратуры и уменьшается кубатура здания.

# Многокамерная шаровая мельница



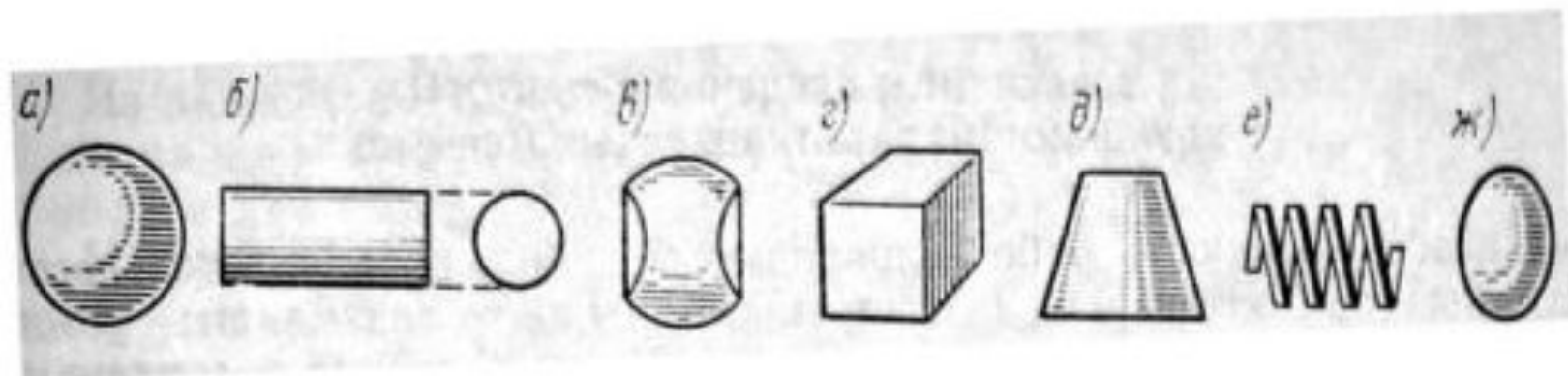
1, 10 – торцевые днища; 2, 19 – чугунные подшипники; 3 – загрузочная течка; 4, 13 – пустотелая цапфа; 5, 8 – дырчатые перегородки; 6 – сварной барабан; 7 – крышки; 9 – конус; 10 – разгрузочное днище; 11 – лопасти; 12 – втулка; 14 – патрубок; 15 – сито; 16 – разгрузочный патрубок; 17 – кожух; 18 – окна; 20 – электродвигатель; 21 – двухступенчатый редуктор; 22 – вал.



Барабан 6 мельницы сварен из листовой стали толщиной 28 мм и закрыт с двух сторон торцовыми днищами 1 и 10. Днища отлиты заодно с пустотелыми цапфами 4 и 13, которыми мельница опирается на литые чугунные подшипники 2 и 19 с баббитовой заливкой. Подшипники имеют сферические опоры, снабжены водяным охлаждением и централизованной системой смазки. Внутри мельница облицована броней из марганцовистой стали и разделена на две камеры дырчатой перегородкой 5. Конструкция более совершенной мельницы предусматривает возможность установки еще одной или двух перегородок.

В корпусе мельницы над каждой камерой сделаны овальные отверстия -- люки, закрываемые крышками 7. Через эти люки мельница загружается мелющими телами. В первых камерах мелющими телами обычно служат металлические шары, в остальных -- короткие металлические цилиндры (цильпессы). Стальными телами камеры заполняют примерно на 23--28% их объема.

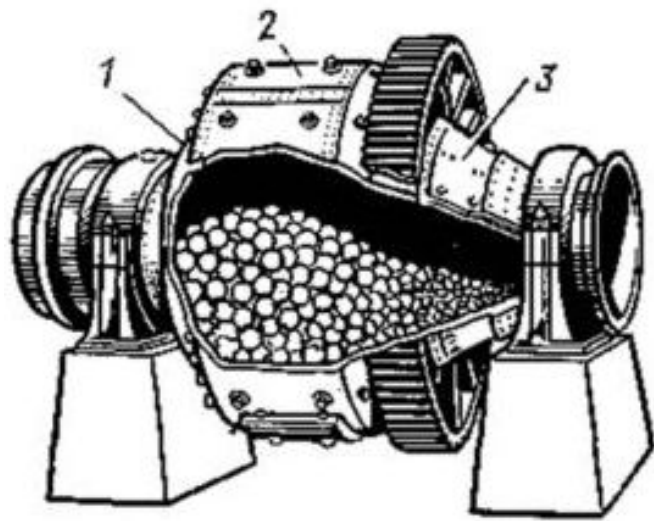
## Мелющие тела, их разновидности



Мелющие тела бывают в виде:

- стальных шаров рис (а);
- коротких цилиндров (б);
- стальных стержней, дояковогнутых шаров (в);
- кубиков (г);
- усеченных конусов (д);
- пружин (е);
- эллипсоидов (з).

## Конструкция конусной мельницы



- 1 – крутой конус;
- 2 – цилиндрическая часть;
- 3 – пологий конус.

Конусные мельницы с разгрузкой через полуцапфу применяют для мокрого и сухого помола материалов различной твердости. К цилиндрической части корпуса мельницы 2 приклепаны с обеих сторон усеченные конусы: со стороны загрузки -- крутой конус 1 с углом при вершине  $120^\circ$ , со стороны выгрузки -- пологий конус 3 с углом при вершине  $60^\circ$ . Цилиндрическая часть мельницы изготавливается длиной от  $1/4$  до  $1/3$  диаметра. В мельницах с кремневой футеровкой длина цилиндрической части достигает величины диаметра.

Мельница загружается металлическими шарами диаметром 60--125 мм, кремневой галькой или фарфоровыми шарами. Для увеличения производительности мельница устанавливается с небольшим наклоном в сторону выгрузки материала (около 34 мм на 1 м длины барабана).

В мельнице этого типа происходит автоматическое распределение шаров по крупности без применения перегородок и достигается измельчение материала мелющими телами, соответствующими крупности его кусков или частиц. Благодаря этому конусные мельницы имеют более высокую производительность и расходуют меньше энергии, чем цилиндрические, где мелющие тела поднимаются на одинаковую высоту.

Размер поступающих в мельницу кусков материала должен быть не больше 50 мм; измельчается материал до величины частиц 0,07 мм. Загрузка и разгрузка материала осуществляются через полые цапфы.

*Измельчители раздавливающего и истирающего действия.* К машинам рассматриваемого типа относятся измельчители:

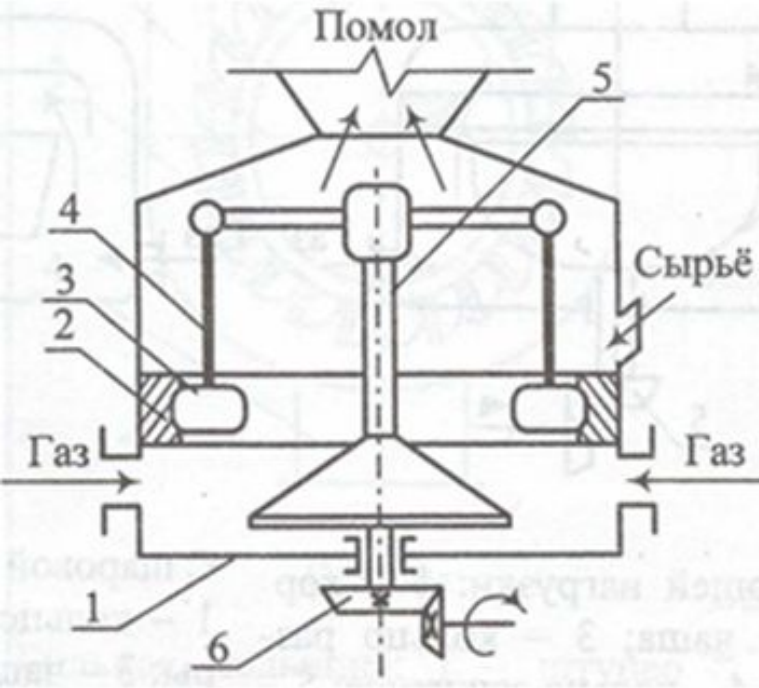
- роликотельцевые;
- шаротельцевые;
- бегуны;
- бисерные.

Их применяют преимущественно для среднего помола материалов средней и малой прочности, и мягких; исключение составляют лишь бисерные измельчители (мельницы), в которых возможен и сверхтонкий помол. Измельчение материала происходит при одновременном воздействии раздавливания и истирания.

В среднеходовых измельчителях обычно осуществляют сухой помол с пневматической разгрузкой, аналогично применяемой в шаровых измельчителях.

В бисерных измельчителях, широко применяемых в лакокрасочной промышленности, реализуется мокрый помол. Частицы суспензии пигмента измельчаются кремнекварцевым бисером (размер зёрен 1...2 мм), заполняющим 2/3 объёма камеры и приводимым в движение вращающимся ротором с дисками. Помольная камера имеет рубашку для подачи криоагента. Частицы суспензии необходимой тонины помола (0,5...5 мкм) отводятся через сито.

## РОЛИКО-КОЛЬЦЕВАЯ МЕЛЬНИЦА



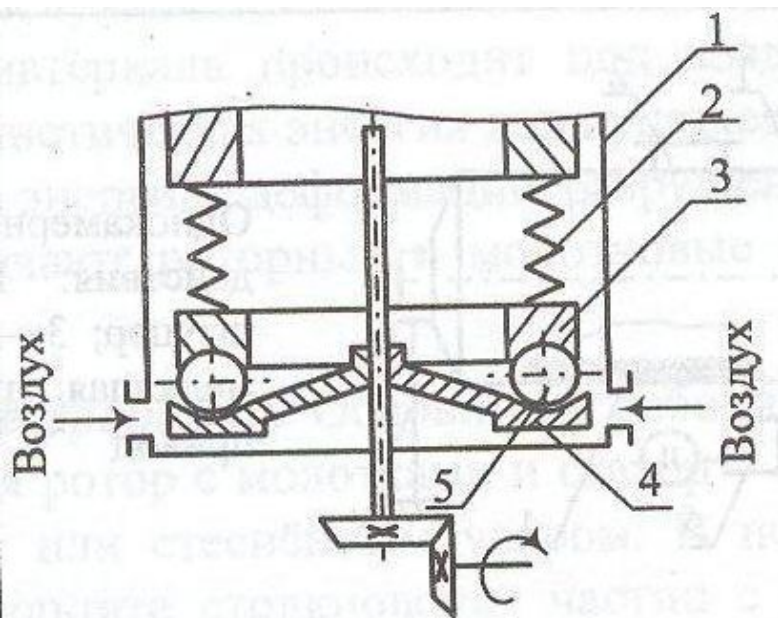
В такой мельнице материал измельчается между неподвижным кольцом 2 и быстро вращающимися роликами 3, шарнирно подвешенными к крестовине, закрепленной на центральном валу 5. При вращении вала ролики центробежной силой инерции прижимаются к рабочей поверхности неподвижного кольца и, вращаясь вокруг своей оси, измельчают материал, подаваемый в мельницу.

Измельченный материал струей воздуха (или инертных газов) уносится в воздушный сепаратор (на рис. не показан). Грубая фракция из сепаратора возвращается в мельницу на доизмельчение, а тонкая (готовый продукт) улавливается в циклонах. Очищенный газ из циклонов посредством вентилятора возвращается в мельницу.

### Роliko-кольцевая мельница

1 - станина; 2 - кольцо размольное; 3 - ролик; 4 - ось ролика; 5 - вал центральный; 6 - привод

# Шарокольцевые мельницы



## Одноярусная:

- 1 - корпус;
- 2 - пружина;
- 3 - нажимное кольцо;
- 4 - водило;
- 5 - шар

предназначены для измельчения материала при одновременном раздавливании и истирании с помощью полых сплошных или чугунных шаров диаметром до 750 мм, катящихся по размольному кольцу.

В зависимости от сил, прижимающих к размольному кольцу, различают мельницы центробежные и с пружинным прижимом.

В центробежных шарокольцевых мельницах материал измельчается под действием шаров, которые поджимаются к размольному кольцу центробежной силой при вращении водила.

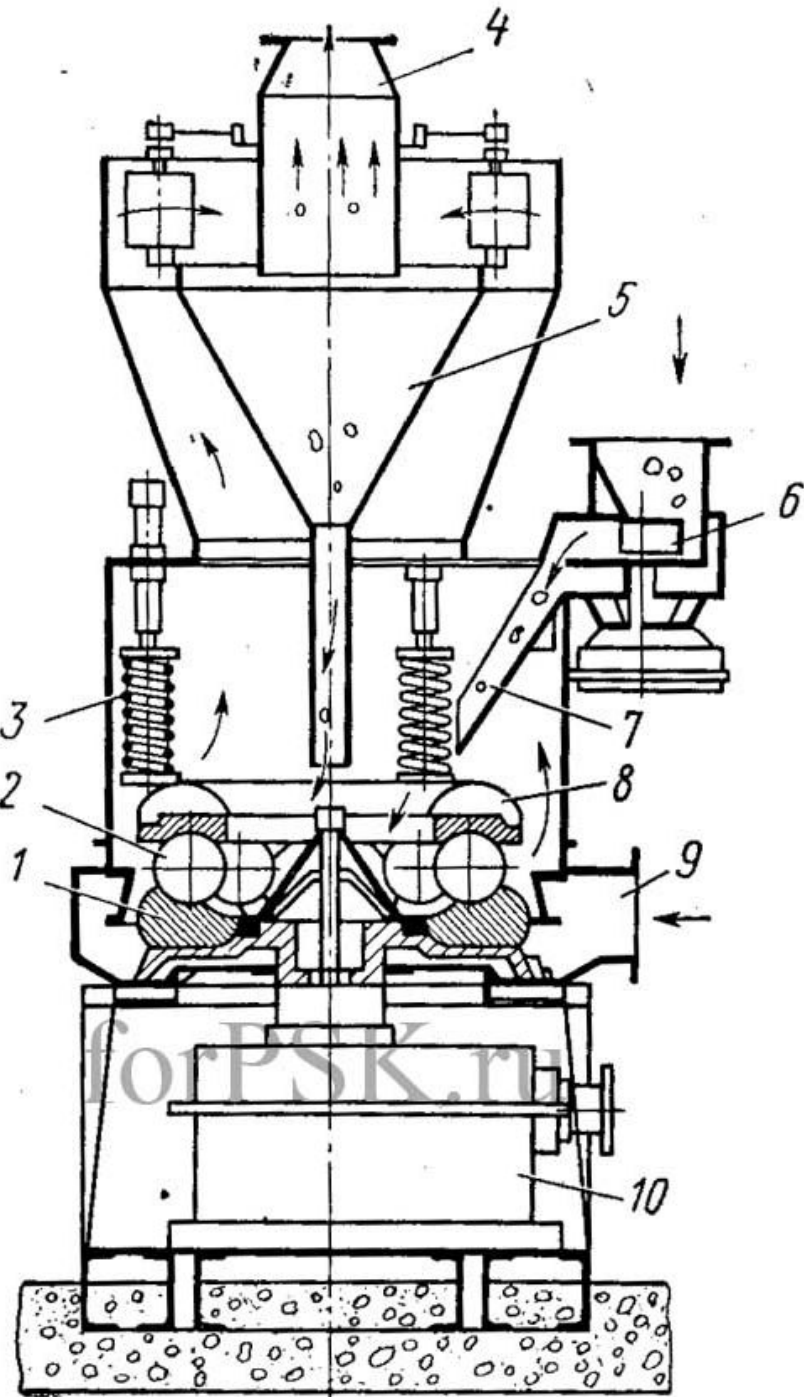
В шаровой кольцевой мельнице материал измельчается между шарами 5 и вращающимся водилом 4, к рабочей дорожке которого шары прижимаются при помощи кольца 3 нажатием пружин 2. Пылеразделение и улавливание готового продукта осуществляются в замкнутом цикле,

## Шарокольцевая мельница

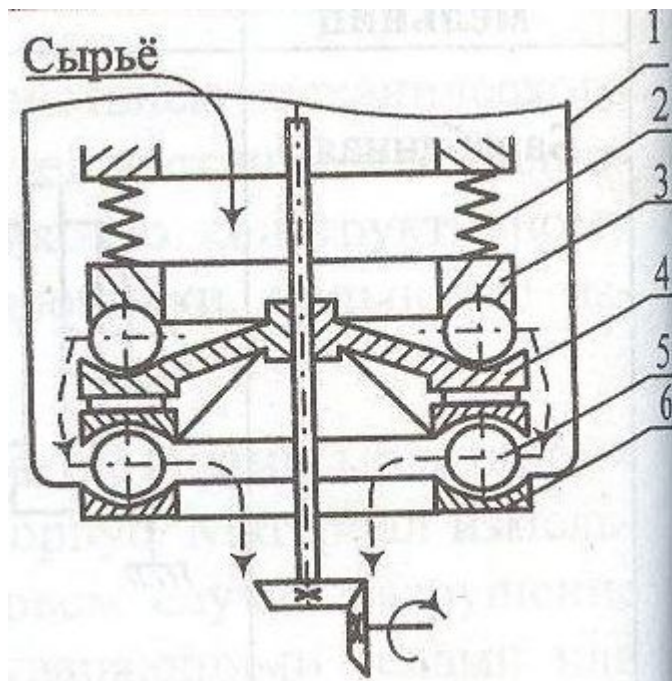
Материал измельчается в результате раздавливания и истирания при относительном перемещении шаров 2 и колец 1 и 8. Измельчаемый материал питателем 6 по лотку 7 подается в желоб нижнего кольца У, приводимого во вращение от двигателя через редуктор 10. Шары прижимаются к нижнему кольцу пружинами 3 через верхнее кольцо, 8. Измельченный материал, пересыпается через внешнюю кромку нижнего кольца и уносится потоком воздуха, подводимым по патрубку Р, со скоростью 20-30 м/с в сепаратор 5, где разделяется по крупности.

Готовый продукт выносится по трубе 4, а материал, требующий до измельчения, поступает снова в мельницу. Диаметр шаров должен в 10-12 раз превышать размер наибольшего куска поступающего материала.

Угловая скорость кольца (рад/с)







### Двухъярусная:

- 1 – корпус;
- 2 - пружина;
- 3 - нажимное кольцо;
- 4 - водило;
- 5 - шар;
- 6 - опорное кольцо

По количеству рядов измельчающих шаров различают мельницы одноярусные (один ряд шаров) и многоярусные (два и более рядов шаров).

В **многоярусных шарокольцевых** мельницах измельчаемый материал проходит первый (верхний) ряд шаров, самотёком попадает во второй (нижний) ряд и далее уносится воздушным потоком в сепаратор. Однако из-за серьёзных технологических недостатков (неравномерность питания ярусов накопление крупных частиц на нижнем ярусе и др.) эти мельницы не получили широкого применения. Их изучение и конструирование новых моделей продолжается. Появились многоярусные мельницы с наклонными рабочими поверхностями, что облегчает движение материала там, где ему приходится преодолевать действие центробежных сил (при переходе с одного яруса на другой).

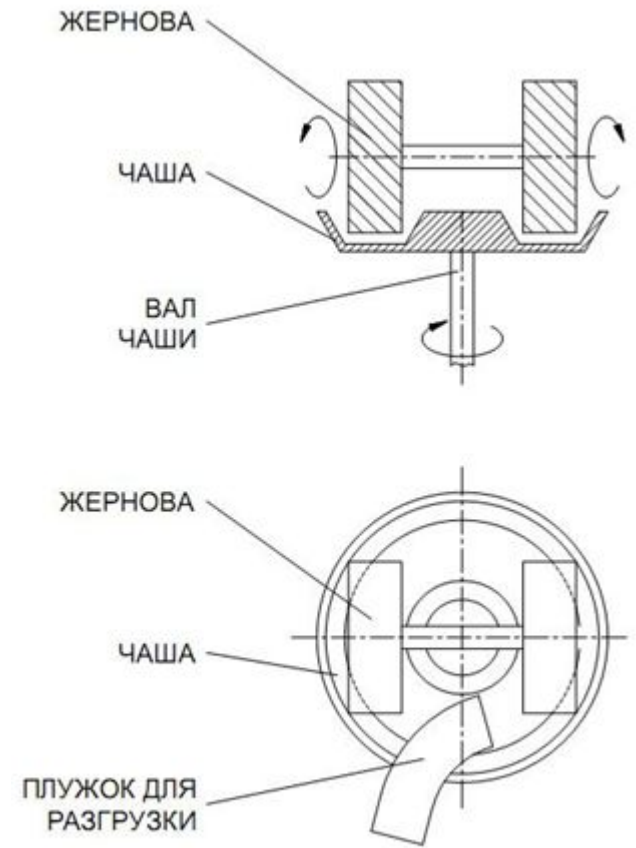
Шарокольцевые мельницы обеспечивают тонину помола до 0,15 мм; можно получить конечный продукт крупностью 0,043 мм.

# Бегуны

Для мелкого дробления (конечный размер частиц 3...8 мм) и грубого помола (0,2...0,5 мм) извести, глины и других материалов применяются бегуны.

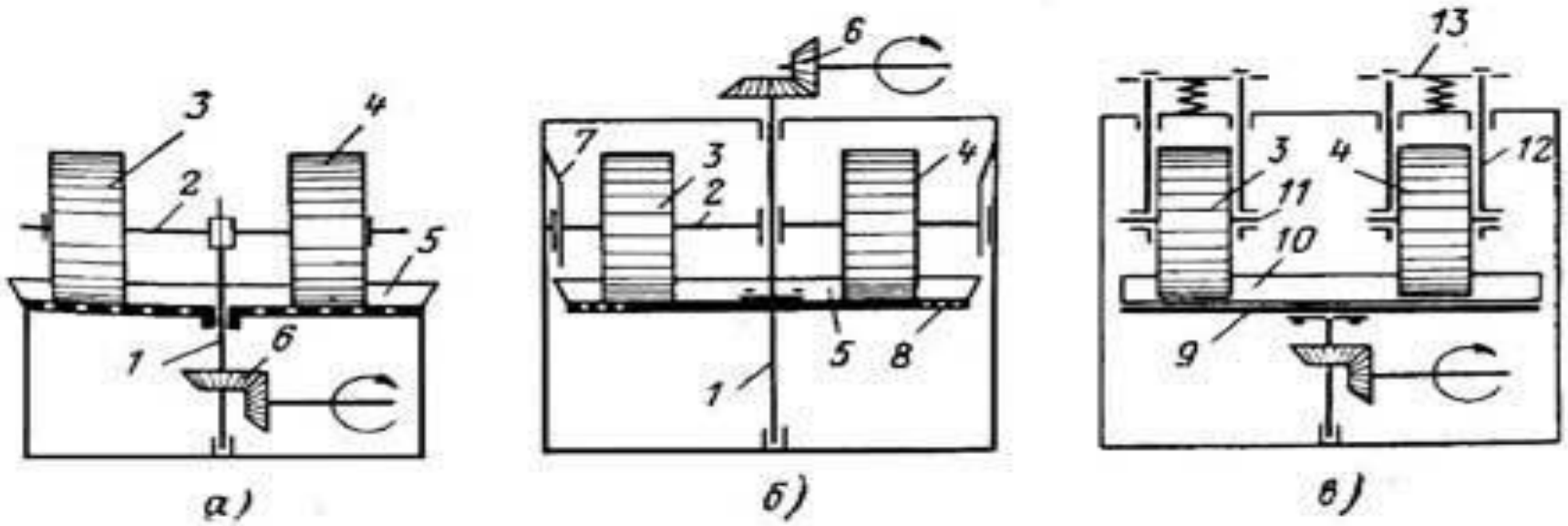
Бегуны представляют собой один, чаще всего два, массивных катка, которые, перемещаясь по какой-либо поверхности, раздавливают (измельчают) своей массой находящиеся на этой поверхности куски материала. Размеры и масса катков является характеристикой бегунов.

Измельчение материала в бегунах осуществляется путем раздавливания и измельчения кусков массивными жерновами, которые как бы катятся по чугунной чаше.



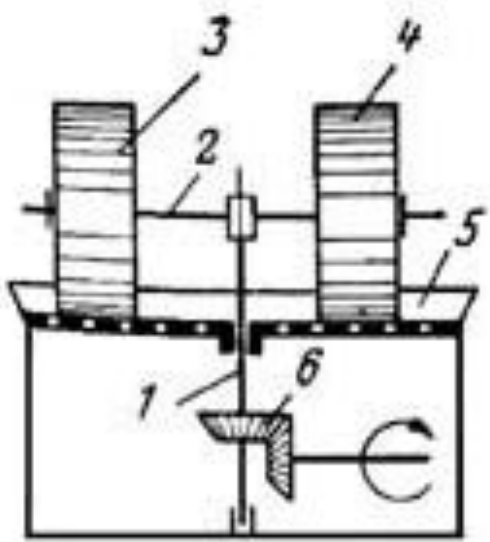
Существует два основных типа бегунов:

- с неподвижной чашей и двигающимися жерновами;
- с вращающейся чашей и неподвижными (по отношению в вертикальной оси) жерновами.



Кинематические схемы бегунов

**Бегуны с неподвижной чашей и нижним приводом** применяются для мокрого измельчения. Они предназначены для измельчения глин влажностью 18-26% (при влажности менее 12% применяют бегуны сухого помола). Воду подают через согнутые в кольцо перфорированные трубы, также можно подавать и пар



Бегуны с неподвижной чашей

Размер (диаметр x ширина) катков таких бегунов от 1200x300 до 1800x550 мм, масса соответственно от 2 до 7 т, производительность 10-28 т/ч, расход энергии около 1,4 кВт ч/т.

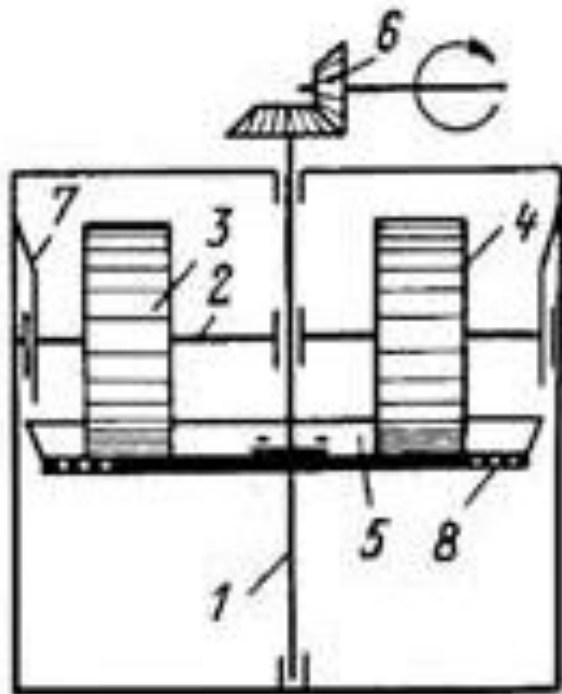
К верхней части вертикального вала 1 шарнирно крепятся кривошипные оси 2 катков 3 и 4. Катки при вращении вала катятся по неподвижной чаше 5, вращаясь при этом вокруг своих горизонтальных осей 2. Шарнирное крепление осей к валу с помощью коленчатого рычага обеспечивает поднятие или опускание катков в зависимости, от толщины слоя материала на чаше, а также безаварийное перекачивание по твердым частицам или недробимым предметам.

Катки находятся на разном расстоянии от вертикального вала, чтобы их дорожки перекрывали возможно большую площадь чаши. Вертикальный вал получает вращение от двигателя и редуктора через коническую пару 6. Дно чаши бегунов состоит из отдельных плит с овальными отверстиями, размер которых выбирается в зависимости от степени измельчения и достигает от 6x30 до 12x40 мм. Чтобы отверстия не забивались, их делают уширенными книзу.

Катки бегунов измельчают, растирают глину и продавливают ее сквозь отверстия плит. К валу крепятся поводки со скребками, которые очищают борта и дно чаши от налипшей глины и равномерно подают ее под катки. Глина, прошедшая сквозь отверстия, направляется в спускной лоток.



[https://www.youtube.com/watch?v=0pAnvV  
i3SSE](https://www.youtube.com/watch?v=0pAnvV<br/>i3SSE)



Бегуны с подвижной чашей

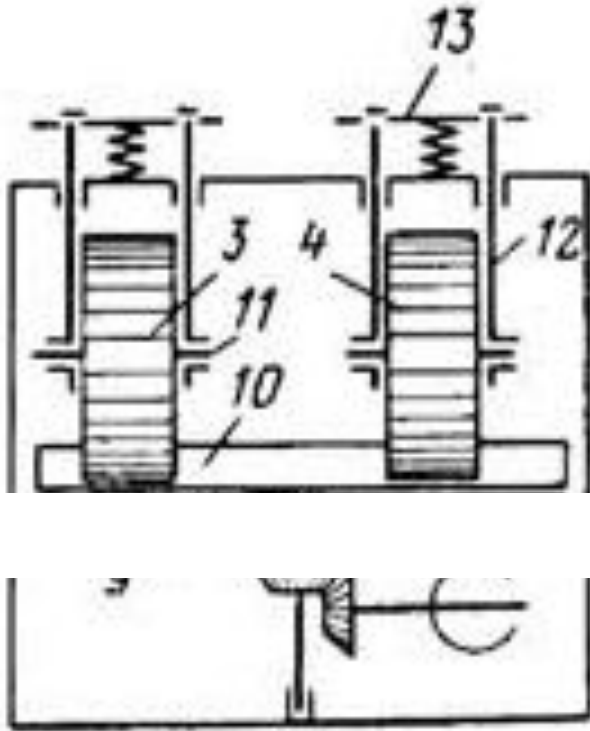
**Бегуны для сухого помола** имеют вращающуюся чашу и верхний привод. Размер катков у таких бегунов от 600х200 до 1800х450 мм, масса до 7 т, производительность 0,5-10 т/ч, расход энергии от 2,2 до 4 кВт ч/т.

Катки 3, 4 бегунов расположены на горизонтальной оси 2 и вращаются на ней, увлекаемые силами трения при вращении чаши 5. Концы горизонтальной оси катков находятся в направляющих 7, по которым ось с катками может перемещаться вверх и вниз в зависимости от слоя материала в чаше или при попадании под каток недробимого тела.

На верхней части вертикального вала 1 расположена коническая зубчатая пара 6, получающая вращение от привода. В нижней части вала жестко крепится ступица чаши. Дно чаши у центра и под катками выложено сплошными плитами, а по периферии чаши укладывается кольцевое сито 8.

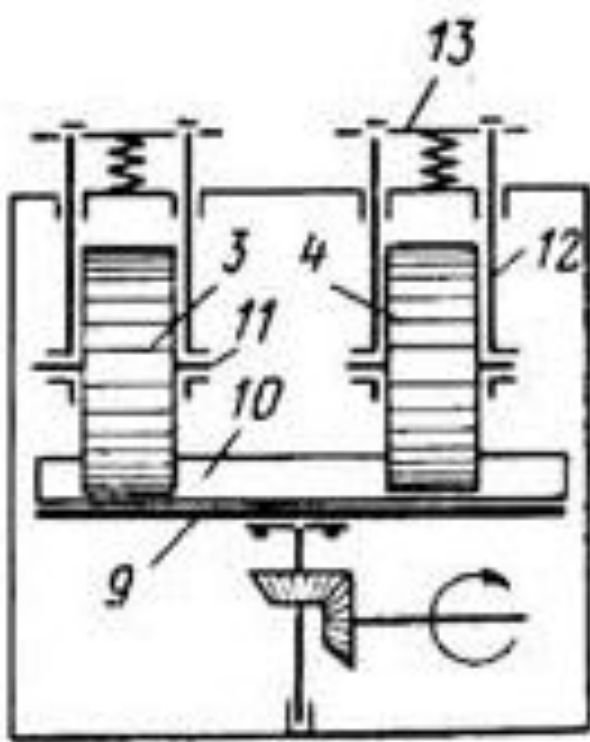
Скребковые устройства равномерно подают поступающий сверху из загрузочной воронки исходный материал под катки, а измельченный - на кольцевое сито. Не прошедшие сквозь отверстия сита куски материала снова подаются скребками под катки. Просеянный материал поступает на неподвижный поддон, с которого подается скребком в сборный лоток.

У бегунов рассмотренных конструкции (а, б) частота вращения вертикального вала составляет всего 0,3-0,6 об/с, что обуславливает низкую производительность бегунов. Возрастание же числа оборотов вызовет увеличение центробежных сил и потребует в бегунах с неподнятой чашей более сложного крепления бандажей и ступиц бегунов к осям, а также более тщательной динамической балансировки вращающихся масс, а в бегунах с вращающейся чашей измельчаемый материал будет отбрасываться к бортам чаши.



На рисунке показана схема бегунов, допускающих работу на более высоких скоростях (до 0,9 об/с). Такие бегуны применяются для сухого измельчения. Они имеют вращающуюся чашу. Измельченный материал выгружается под действием центробежных сил в зазор между дном 9 и бортом 10 чаши. Ширина зазора регулируется. Частицы, величина которых больше чем зазор, подаются скребками снова под катки. Производительность бегунов достигает 75 т/ч, расход энергии 0,7-1 кВт ч/т; масса катков 5-6,5 т, что обеспечивает интенсивное измельчение материала.





Оси 11 катков 3, 4 соединены тягами 12 с поперечиной 13, которая через пружину опирается на раму. Пружина рассчитана так, что, если в чаше нет измельчаемого материала, то зазор между катком и дном чаши составляет 8-10 мм. При работе машины катки поднимаются, освобождая пружину (а значит и раму) от нагрузки. Благодаря такой конструкции подвески катков облегчается пуск бегунов и снижаются нагрузки на оси катков. Привод бегунов может быть нижний или верхний.

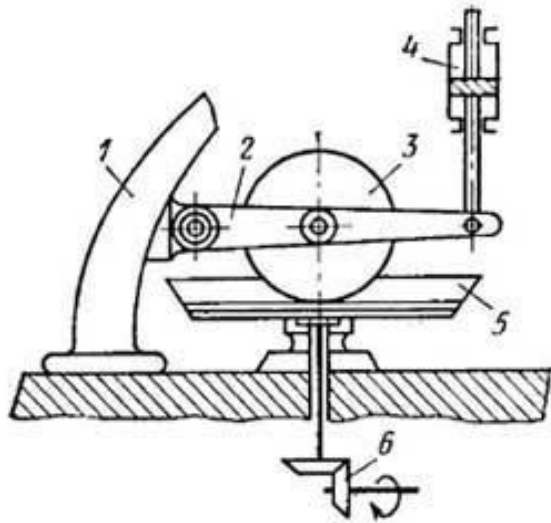


Схема бегунов с дополнительным прижимом катков

Имеются бегуны, у которых применяются облегченные катки, а необходимая для измельчения сила нажатия обеспечивается дополнительным пружинным, гидравлическим или пневматическим устройством.

К неподвижной стойке 1 бегунов шарнирно крепится коромысло 2, являющееся опорой подшипников оси катка 3, к противоположному концу коромысла крепится шток поршневого устройства 4, при помощи которого создается нагрузка на каток.

Чаша бегунов 5 получает вращение от шестеренного привода 6, расположенного внизу или сбоку.

Такие бегуны отличаются меньшими габаритными размерами и массой, чем описанные, и возможностью регулирования давления на перерабатываемый материал в зависимости от технологических требований.

