

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова**

**Утверждено  
научно-методическим  
советом университета**

**Е.Б. Александрова  
Ю.В. Бражник  
Н.П. Несмеянов  
П.С. Горшков**

**ИСТОРИЯ ТЕХНИКИ**

**Учебное пособие**

*Утверждено ученым советом университета в качестве учебного пособия для  
выполнения практических работ студентов всех форм обучения направления  
бакалавриата 15.03.02 - Технологические машины и оборудование*

**Белгород  
2017**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова

Утверждено  
научно-методическим  
советом университета

Е.Б. Александрова  
Ю.В. Бражник  
Н.П. Несмеянов  
П.С. Горшков

**ИСТОРИЯ ТЕХНИКИ**

**Учебное пособие**

*Утверждено ученым советом университета в качестве учебного пособия для  
выполнения практических работ студентов всех форм обучения направления  
бакалавриата 15.03.02 - Технологические машины и оборудование*

Белгород  
2017

УДК 658.27(07)

ББК 30.605я7

А-46

Авторы: Е.Б. Александрова, Ю.В. Бражник, Н.П. Несмеянов,  
П.С. Горшков

Рецензенты: к.т.н., профессор Дубини Н.Н.  
главный механик ОАО «БелАЦИ» Бородатов И.В.

**Александрова Е.Б.**

История техники: учеб. пособие / Е.Б. Александрова,  
А-46 Ю.В.Бражник, Н.П. Несмеянов, П.С. Горшков – Белгород:  
Изд-во БГТУ, 2017. – 86 с.

В учебном пособии дана краткая история развития основного оборудования для производства строительных материалов, а также приведены сведения о назначении, конструкциях и принципах действия технологического оборудования для производства строительных материалов.

Учебное пособие предназначено для студентов направления бакалавриата всех форм обучения 15.03.02 - Технологические машины и оборудование

Данное издание публикуется в авторской редакции.

УДК 658.27(07)

ББК 30.605я7

© Белгородский государственный  
технологический университет  
(БГТУ) им. В.Г. Шухова 2017

## Содержание

<b>Цель и задачи практикума.....</b>	<b>5</b>
<b>Практическая работа № 1.</b>	
Изучение конструкции и принципа действия бегунов.....	6
<b>Практическая работа № 2.</b>	
Изучение конструкции и принципа действия молотковой дробилки.....	13
<b>Практическая работа № 3.</b>	
Изучение конструкции и принципа действия щековой дробилки со сложным движением щеки.....	18
<b>Практическая работа № 4.</b>	
Изучение конструкции и определение основных параметров валковой дробилки.....	25
<b>Практическая работа № 5.</b>	
Изучение конструкции и определение основных параметров шаровых мельниц.....	31
<b>Практическая работа. № 6.</b>	
Изучение конструкции и определение основных параметров барабанного грохота.....	36
<b>Практическая работа № 7.</b>	
Изучение конструкции и определение основных параметров двухвального бетоносмесителя непрерывного действия.....	41
<b>Практическая работа № 8.</b>	
Изучение конструкции и определение основных параметров ленточного конвейера.....	46
<b>Практическая работа № 9.</b>	
Изучение конструкции и определение основных параметров тарельчатого питателя.....	51
<b>Практическая работа № 10.</b>	
Изучение конструкции и принципа действия роторного смесителя для смешивания сыпучих материалов....	55
<b>Практическая работа № 11.</b>	
Изучение конструкции и принципа действия роторного смесителя для смешивания сыпучих материалов....	59

**Практическая работа № 12.**

Изучение конструкции и принципа действия  
 роторного смесителя для смешивания сыпучих материалов.....63

**Практическая работа № 13.**

Изучение конструкции и принципа действия  
 роторного смесителя для смешивания сыпучих материалов.....66

**Практическая работа № 14.**

Изучение конструкции и принципа действия  
 роторного смесителя для смешивания сыпучих материалов.....69

**Практическая работа № 15.**

Изучение конструкции и принципа действия  
 роторного смесителя для смешивания сыпучих материалов.....74

**ПРИЛОЖЕНИЯ.....80**

Приложение 1.....80

Приложение 2.....81

Приложение 3.....83

**Библиографический список.....84**

### **Цели и задачи практикума**

Цель практикума – закрепление и расширение теоретических знаний, полученных при изучении дисциплины "История техники", знакомство с областью применения, назначением, конструкциями принципом действия основного технологического оборудования строительной индустрии.

В практикуме приведены схемы конструкций, принцип действия оборудования основных технологических процессов: дробления, помола, классификации, транспортирования и смешения материалов. Также приводится краткая информация по истории возникновения и развития оборудования. При описании конструкции и принципа действия машин обращается внимание на их место в технологическом процессе производства, на обоснованность выбора того или иного типа оборудования в зависимости от физико-химических характеристик перерабатываемого материала (см. приложение 2).

## **Изучение конструкции и принципа действия бегунов**

*Цель работы:* изучить области применения, конструкцию и принцип работы бегунов.

*Оборудование:* бегуны, измерительный инструмент.

### **Назначение, конструкция и принцип действия бегунов**

Бегуны (бегунные чаши или чилийские мельницы) ведут начало от «арастры», применявшейся на древних разработках золота в Мексике. Суть ее заключалась в следующем: по мощенному камнем дну круглой чаши конным приводом волочились тяжелые валуны, под весом которых и происходило измельчение руды. В современном виде эти механизмы возникли в 80-е годы 19 века.

Бегуны широко используются в различных отраслях промышленности строительных материалов (керамической, огнеупорной, стекольной, асбестоцементной и др.). Они предназначены для мелкого дробления (до  $(3...8) \cdot 10^{-3}$  м) и грубого помола (до  $(0,2...0,5) \cdot 10^{-3}$  м) сырьевых материалов. В бегунах измельчают такие материалы, как доломит, известняк, влажную и сухую глину, кварц, бой керамической продукции, шамот и др. В асбестоцементной промышленности бегуны широко используют для первой стадии распушки асбеста. Применение бегунов, имеющих меньшую эффективность процесса измельчения (по сравнению, например, с валковыми дробилками), обусловлено удовлетворением специальных технологических требований, когда наряду с измельчением необходимо обеспечить уплотнение, растирание, обезвоздушивание масс.

Измельчение в бегунах (рис 1.2) осуществляется в результате раздавливания с одновременным истиранием между цилиндрической поверхностью катков и плоской поверхностью чаши (пода) бегунов, по которой перекачиваются, катки.

Существующие типы бегунов могут быть классифицированы по конструкции, технологическому назначению и способу действия.

*По конструкции* различают бегуны с неподвижной чашей; с вращающейся чашей; с верхним и нижним приводом. Катки бегунов изготовляют из металла или камня (гранита, кварца, каменного литья и др.). Иногда катки и чашу бегунов выполняют каменными. Это обусловлено технологическими требованиями производства, лимитирующими содержание железных примесей в измельчаемом материале. Размеры и масса катков являются техническими характеристиками бегунов.

На рисунке 1.1 изображены кинематические схемы основных типов бегунов, выпускаемых промышленностью. У бегунов с неподвижной чашей (рис. 1.1,а) к верхней части вертикального вала 1 шарнирно прикреплены кривошпы осей 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 при помощи кривошпы обеспечивает свободное поднятие катков при попадании в чашу больших кусков материала или недробимых предметов. Для увеличения рабочей поверхности измельчения чаши катки устанавливают на различном расстоянии от вертикального вала,  $l_1 \neq l_2$ . Вертикальный вал получает вращение от двигателя и редуктора через коническую пару 6.

Измельчаемый материал в начале поступает на внутреннюю дорожку 7, где раздавливается и истирается катком 4, расположенным ближе к центру чаши, а затем направляется скребками на верхнюю периферийную дорожку 8 из дырчатых плит с овальными отверстиями размером от  $(6 \times 30) \cdot 10^{-3} \text{ м}$  до  $(12 \times 40) \cdot 10^{-3} \text{ м}$  в зависимости от требуемой крупности готового продукта. Чтобы отверстия не забивались, их выполняют к низу расширенными. Каток 3 продавливает материал сквозь отверстие в дырчатых плитах на вращающуюся с валом тарелку 9, с которой удаляется неподвижно укрепленным скребком. Масса удаленного катка меньше, чем масса катка, расположенного ближе к оси машины, что уравнивает центробежные силы обоих катков. К вертикальному валу бегунов прикреплены поводки со скребками, которые очищают борта и дно чаши от налипшего материала и равномерно подают его под катки.

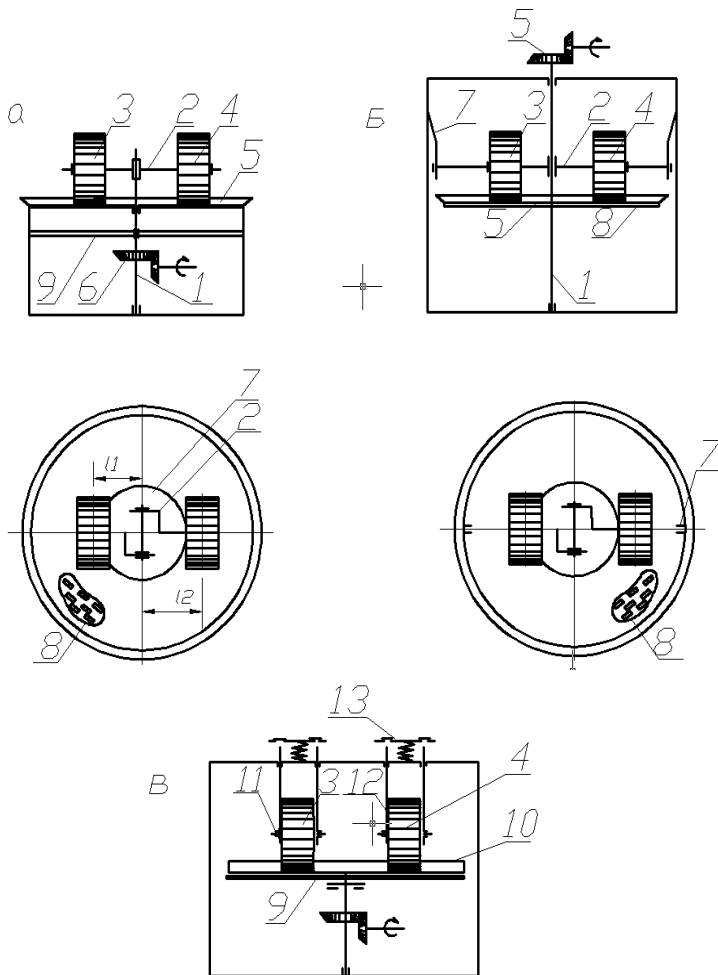


Бегуны с вращающейся чашей имеют верхний привод (рис. 1.1, б). Катки 3 и 4 бегунов расположены на горизонтальной оси 2 и вращаются на ней, увлекаемые силами трения при вращении чаши 5. Концы горизонтальной оси катков находятся в направляющих 7, по которым ось с катками может перемещаться вверх или вниз, в зависимости от слоя материала в чаше или при попадании под каток недробимого предмета. В верхней части вертикального вала 1 расположена коническая зубчатая пара 6, получающая вращение от привода. В нижней части вала 1 жестко закреплена ступица чаши. Дно чаши у центра и под катками выполнено из сплошных плит, а по периферии чаши расположено 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. Производительность бегунов (рис. 1.1, а, б) лимитируется частотой вращения вертикального вала  $n_B$  ( $n_B \leq 0.3 \div 0.6 \text{ с}^{-1}$ ). Превышение указанного предела требует в бегунах с неподвижной чашей (рис. 1.1,а) создания более сложной конструкции крепления бандажей и ступиц бегунов к осям, а также более тщательной балансировки вращающихся масс. При превышении допустимой частоты вращения вертикального вала в бегунах с вращающейся чашей (рис. 1.1,б) измельчаемый материал будет отбрасываться к бортам чаши.

Повышенная частота вращения вертикального вала  $n_B$  допускается в бегунах специальной конструкции (рис. 1.1,в). Измельчаемый материал выгружается под действием центробежных сил в зазор между дном 9 и бортом 10 чаши. Ширина зазора регулируется. Частицы, размер которых больше, чем зазор, подаются скребками под катки. Оси 11 катков 3, 4 соединены тягами 12 с поперечиной 13, которая через пружину опирается на раму. Пружина рассчитана таким образом, что если в чаше нет измельчаемого материала, то зазор между катком и дном чаши составляет  $(8...10) \cdot 10^{-3}$  м. При работе машины катки поднимаются, освобождая пружину, а

следовательно, и раму от нагрузки (увеличивая нагрузку на чашу). Данная конструкция подвески катков облегчает пуск бегунов и снижает нагрузку на оси катков. Привод бегунов может иметь нижнее и верхнее исполнение.



**Рисунок 1.1. Кинематические схемы бегунов:**

а - с неподвижной чашей; б - с вращающейся чашей;  
в - с вращающейся чашей и подношенными катками.

Для снижения массы катков и обеспечения необходимой для измельчения материала силы их нажатия в бегунах устанавливают дополнительные пружины, гидравлические или пневматические устройства.

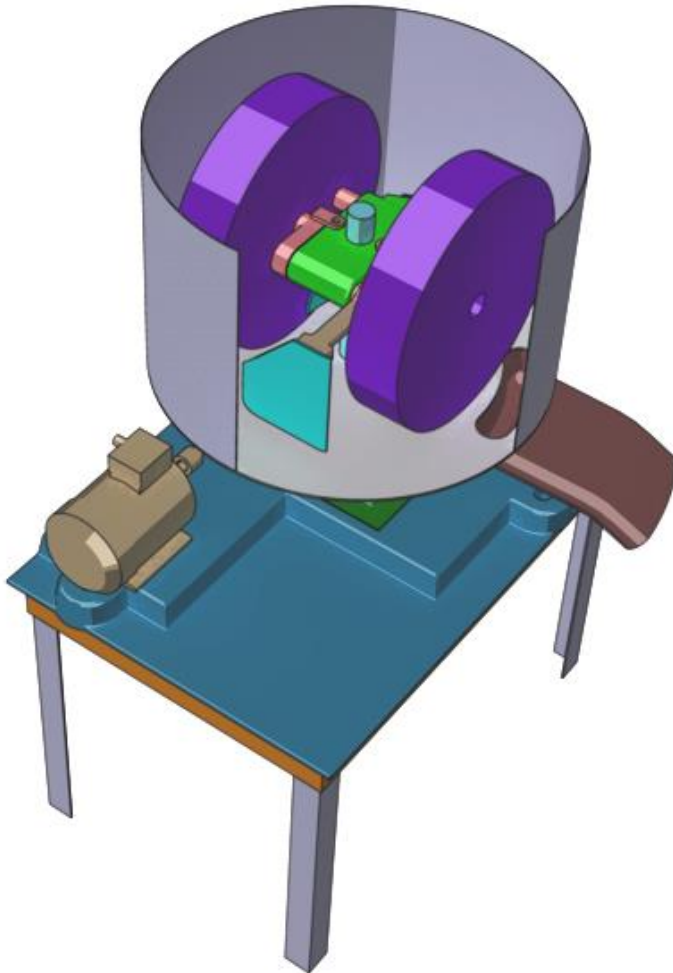


Рисунок 1.2. Трехмерная модель бегунов с неподвижной чашей

По *технологическому назначению* различают бегуны мокрого способа измельчения материалов (влажностью 15-38 % и выше); бегуны сухого и полусухого измельчения сыпучих материалов (влажностью не выше 10-12 %), смесительные бегуны для смешивания, уплотнения и измельчения различных компонентов смеси влажностью не выше 10-12 %. Техническую характеристику бегунов см. в табл. 1.1. Бегуны с неподвижной чашей и нижним приводом (рис. 1.1,а) применяют для мокрого измельчения материалов (глин).

Смесительные бегуны применяют преимущественно для измельчения с одновременным перемешиванием и растиранием обрабатываемых материалов (например, слабоувлажненной массы в производстве огнеупорных изделий). Бегуны имеют глубокую чашу со сплошным дном, куда порционно загружается материал (до  $10^3$  кг). Периодически опускаемые в чашу специальные скребки обеспечивают выгрузку массы через борт в вагонетку или транспортер.

Бегуны для растирания асбеста имеют два чугунных катка массой  $3 \cdot 10^3$  кг каждый, оси которых связаны с вертикальным валом, вращающимся с частотой  $0,27 \text{ с}^{-1}$ . Масса асбеста влажностью 32...37 %, загружаемая в чашу со сплошным дном, составляет до 150 кг.

По *способу действия* бегуны бывают непрерывного или периодического действия. Смесительные бегуны работают периодически, время обработки массы составляет 12-25 минут.

Таблица 1.1

**Техническая характеристика бегунов**

Тип бегунов	Размер катков, м	Масса катков, кг	Производительность бегунов, кг/с	Расход энергии, Вт·с/кг
С неподвижной чашей и нижним приводом	От 1,2х0,3 До 1,8х0,55	$(2..7) \cdot 10^3$	2,78...7,78 (10...28 т/ч)	$5,04 \cdot 10^3$ (1,4 кВт·ч/с)
С вращающейся чашей и верхним приводом или подвешенными катками	От 0,6х0,2> >1,8х0,45	до $7 \cdot 10^3$	0,14...2,78 (0,5...10 т/ч)	$(7,92...14,4) \cdot 10^3$ (2,2...4 кВт·ч/т)

*Последовательность выполнения работы*

1. Ознакомьтесь с описанием работы.
2. Изучите конструкцию бегунов, обратив особое внимание на процесс измельчения материалов и их выгрузки.
4. Начертите кинематическую схему бегунов мокрого измельчения с неподвижной чашей.

**Контрольные вопросы:**

1. Где впервые использовались бегуны и каково их назначение?
2. По каким признакам классифицируют бегуны?
3. Поясните принцип действия, используя кинематическую схему бегунов.
4. Из какого материала изготавливают катки?
5. Какие конструктивные решения предусмотрены для исключения поломки бегунов при попадании под катки недробимых предметов?
6. Чем обусловлена установка катков бегунов на различном расстоянии от оси вращения?

## **Изучение конструкции и принципа действия молотковой дробилки**

*Цель работы:* изучить область применения, конструкцию и принцип действия молотковой дробилки;

*Оборудование:* молотковая дробилка; линейка измерительная.

### **Область применения, принцип действия, классификация молотковых дробилок**

Молотковая дробилка появилась на свет в 1895-ом году. Она широко используется в производстве цемента, огнеупоров, обогащении угля, металлургии, и т.д.

Молотковые дробилки (рис. 2.1) относятся к дробилкам ударного действия, т.е. материал разрушается механическим ударом, причем кинетическая энергия движущихся тел (в данном случае молотков) полностью или частично переходит в энергию их деформации и разрушения.

Молотковые дробилки в ПСМ используют для среднего и мелкого дробления материалов средней прочности. Размер готового продукта регулируется изменением частоты вращения ротора, количеством и формой молотков, зазором между колосниками и расстоянием между молотками (в нижнем положении) и окружностью колосниковой решетки.

Молотковые дробилки классифицируются по следующим признакам:

по количеству валов: дробилки однороторные, у которых диски с молотками посажены на один горизонтально расположенный вал, и двухроторные - диски с молотками посажены на два горизонтально расположенных вала, вращающихся навстречу друг другу;

по расположению молотков: дробилки однорядные (для мелкого дробления твердых пород и грубого помола мягких материалов), молотки которых располагаются в одном ряду, а также дробилки однорядные, одновальные и двухвальные, с молотками, подвешенными на ротор в несколько рядов.

Из молотковых дробилок различных типов наибольшее распространение получили однороторные неререверсивные дробилки. Технические характеристики некоторых типов однороторных молотковых дробилок приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

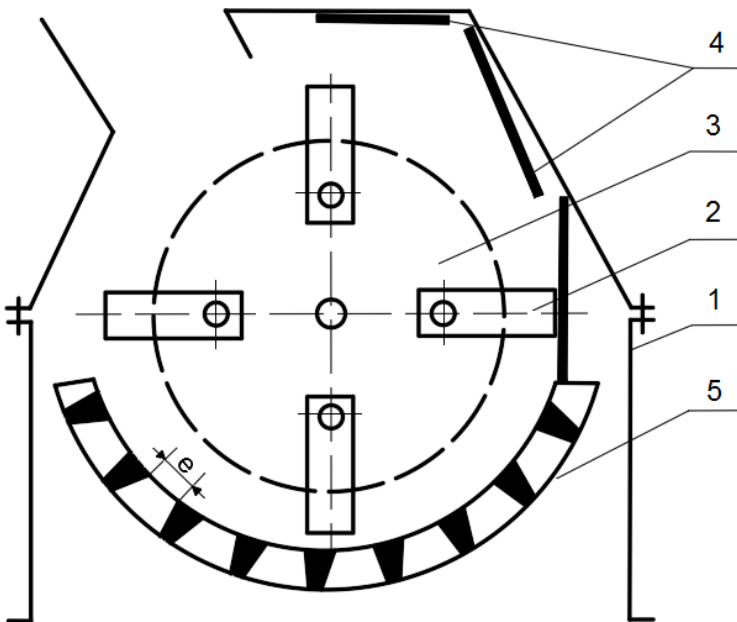
**Технические характеристики однороторных молотковых дробилок**

Показатель	С-218А	СМ-431	СМД-97А	МД-90А
Производительность при дроблении каменного угля, кг/с	4	23	19	28
Диаметр ротора, мм	600	800	2000	2000
Длина ротора, мм	400	600	2000	3000
Наибольший диаметр загружаемого материала, мм	150	250	600	600
Частота вращения ротора, с <sup>-1</sup>	21	17	8	6
	25	22	10	10
	33	25		
Мощность электродвигателя, кВт	20	55	630	1000
	28	75	800	1250
	40	100		
Габаритные размеры, мм:				
Длина	1100	1350	4000	4000
Ширина	1100	1400	4200	5500
Высота	1150	1250	3100	3100
Масса без электродвигателя, т	1,5	3	45	60

Молотковая дробилка состоит: из корпуса 1, ротора 2, молотков 3, отбойных плит 4, колосниковой решетки 5 и привода, включающего электродвигатель и клиноременную передачу (рис. 2.1).

Корпус изготовлен из стальных листов. Внутренние стенки корпуса в зоне камеры дробления облицованы сменными плитами из износостойкого материала.

Для регулировки крупности готового продукта использован отбойный брус, установленный в специальных направляющих, перемещаемый и фиксируемый с помощью винтов. Колосниковая решетка шарнирно подвешена на оси, укрепленной в корпусе дробилки. Щели между колосниками делают расширяющимися в сторону разгрузки под углом  $10-20^\circ$  и наклоненными к радиусу ротора под углом  $40-50^\circ$  в сторону движения материала. Это обеспечивает переработку в дробилках материалов повышенной влажности, без забивания щелей колосниковых решеток. Число рядов молотков на роторе определяется его размерами и назначением. Вал ротора опирается на два вынесенных из корпуса дробилки и установленных на специальные кронштейны подшипника.



**Рисунок 2.1. Схема молотковой дробилки:**

- 1 – станина (корпус); 2 – ротор; 3 – молотки; 4 – отбойные плиты;  
5 – колосниковая решетка.



## Принцип действия дробилки

Исходный материал загружается в дробилку сверху, под действием силы тяжести свободно скользит по лотку и попадает на быстро вращающийся ротор. Под действием силы удара кусок разрушается, и его части отбрасываются на футеровку и колосники, образующие камеру дробления. Ударяясь о футеровку, материал дополнительно измельчается и вновь попадает в зону действия молотков. Эта повторяется многократно, до тех пор, пока куски, достигнув определенной крупности, не выйдут из щели колосниковой решетки.

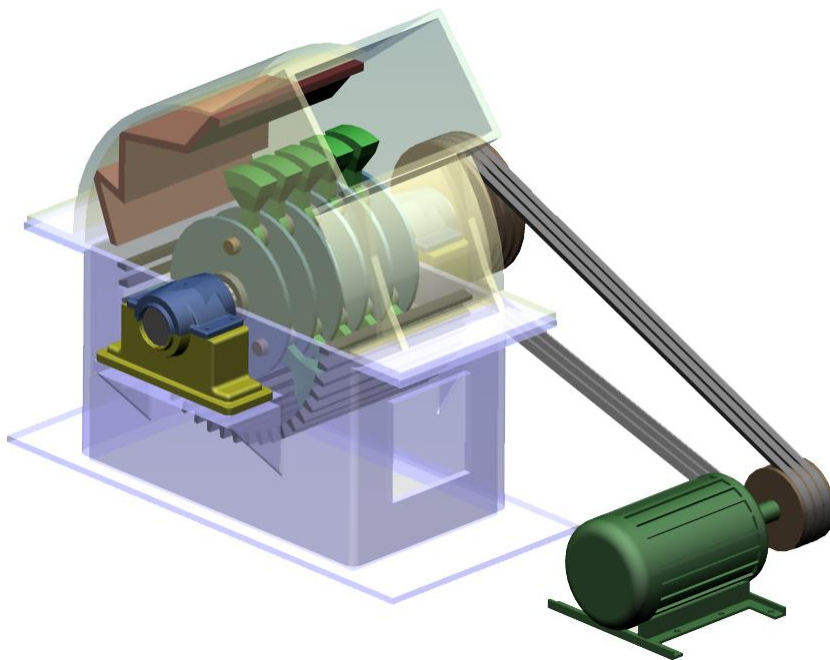


Рисунок 2.2. Трехмерная модель молотковой дробилки

Кроме того, кусок материала под воздействием эксцентричного удара начинает вращаться вокруг своего центра тяжести со скоростью, близкой к скорости рабочего органа дробилки, и разрушается от действия центробежных сил, так как при этом в куске материала

возникает напряжение, превышающее предел прочности при растяжении.

Таким образом, в молотковых дробилках куски материала измельчаются, во-первых, от удара быстродвижущихся молотков, во-вторых, от соударения кусков материала друг о друга, в-третьих, от удара о неподвижную футеровку камеры дробления и под действием центробежных сил, в четвертых.

#### *Последовательность выполнения работы*

1. Изучите методические указания.
2. Изучите устройство и принцип действия молотковой дробилки.
3. Начертите кинематическую схему молотковой дробилки.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Назначение и область применения молотковых дробилок.
2. Какие типы молотковых дробилок существуют, их отличия.
3. Какой способ разрушения материала используется в молотковых дробилках?
4. Поясните принцип действия молотковой дробилки, используя кинематическую схему.
5. Какой метод измельчения используется в молотковой дробилке?

### **Изучение конструкции и принципа действия щековой дробилки со сложным движением щеки**

*Цель работы:* изучение конструкции и принципа действия щековой дробилки.

*Оборудование:* лабораторная установка щековой дробилки со сложным движением щеки, линейка, штангенциркуль.

#### **Конструкция, принцип действия, назначение, классификация щековых дробилок**

Вместе с жерновами и ступкой щековая дробилка представляет собой одну из старейших конструкций для разрушения крупных кусков материалов.

Промышленная щековая дробилка была изготовлена в середине XIX века в США, тогда же началось ее массовое внедрение и замена тяжелого ручного труда практиковавшегося повсеместно до этого. Толчком к развитию щековых дробилок послужила важная особенность процесса дробления — его стоимость.

Известно, что дробление — один из наиболее дорогостоящих процессов обогащения по количеству расходуемой энергии, стоимости ремонта, замены быстроизнашивающихся дробящих частей, а также по первоначальной стоимости самого оборудования технологического процесса, требующего применения высококачественных металлов. В среднем стоимость дробильного оборудования составляет около 50-60 % от стоимости всего оборудования, а расходы на дробление доходят до 40-45 % от всех эксплуатационных расходов. В связи с этим конструкторы XIX века направили свои усилия на разработку оптимального механизма дробления, который позволил бы снизить затраты на этот процесс.

Щековая дробилка является универсальной машиной для дробления материалов. Применяется на горных породах любых прочностей, на шлаках и т.д. Применение невозможно на вязкоупругих материалах, таких как древесина, полимеры, определенные

металлические сплавы. Входная крупность достигает 1500 мм. Крупность готового продукта для небольших дробилок составляет до 10 мм.

В промышленности строительных материалов щековые дробилки применяют для крупного и среднего дробления прочных и абразивных пород. Степень дробления щековых дробилок находится в пределах 3-8.

Щековые дробилки отличаются большим разнообразием конструкций. В зависимости от кинематических и конструктивно-технологических особенностей их разделяют на две основные группы: дробилки с простым движением щеки и дробилки со сложным движением подвижной щеки (рис. 3.1).

В дробилке с простым движением рабочего органа (рис. 3.1,а) подвижная щека 5 в верхней части подвешена на неподвижной оси 4, а верхняя головка шатуна 15 шарнирно соединена с эксцентриковым валом 8.

У дробилки со сложным движением рабочего органа (рис. 3.1,б) подвижная щека верхним концом непосредственно подвешена на эксцентриковом валу 8, а в нижней части посредством распорной плиты 14 соединена шарнирно с клиновым регулировочным, устройством 11, расположенным на задней части станины. При вращении эксцентрикового вала 8 подвижная щека 5 совершает сложное движение: качение по дуге окружности относительно оси эксцентрикового вала 8 и возвратно-поступательное вдоль неподвижной щеки 1. При этом любая точка, принадлежащая подвижной щеке, описывает замкнутую траекторию: в нижней части - это вытянутый эллипс, а в верхней - форма траектории приближается к окружности. Характер движения подвижной щеки 5 показывает, что в щековой дробилке со сложным движением истирающие усилия преобладают над раздавливающими.

Несмотря на большое количество схем щековых дробилок, наибольшее распространение получили дробилки, схемы которых показаны на рис. 3.1, а, б.

Щековые дробилки характеризуются шириной и длиной загрузочного отверстия. В зависимости от этого выпускаются восемь типов дробилок ( $B \times L$ ): 160х250; 250х400; 250х900; 400х900; 600х900;

900x1200; 1200x1500; 1500x2100 мм. Ширина выходной щели  $B$ , определяемая расстоянием между крайними точками дробящих плит в нижней части размерной камеры, при максимальном отклонении подвижной щеки является важным параметром, так как она определяет степень измельчения и производительность дробилки. Ширина загрузочного и выгрузочного отверстий дробилки регулируется. Основные параметры ЩДС даны в таблице 3.1.

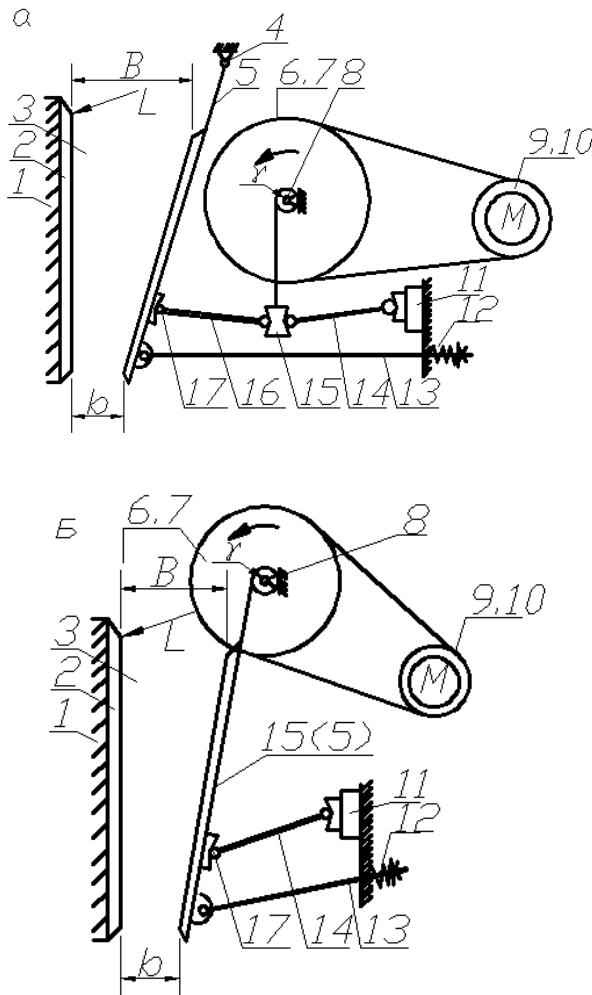
### **Конструкция щековой дробилки со сложным движением щеки**

Щековая дробилка со сложным движением щеки состоит (рис. 3.1, б и рис. 3.2) из неподвижной щеки 1, на которой укрепляется дробящая плита 2, и подвижной щеки 5.

Пространство, ограниченное подвижной и неподвижной щекой и частью продольных стенок станины, называется камерой дробления. Продольные стенки камеры футеруются высокоуглеродистыми или марганцовистыми стальными плитами. Профиль футеровки подвижной и неподвижной щек может быть различным (ребристым, волнистым и т. д.), боковые плиты гладкие. В дробилке применена одна распорная плита 14, которая упирается одним концом во вкладыши регулировочного устройства 11, а вторым - во вкладыш, установленный в прорези на задней стенке подвижной щеки. Вращение эксцентриковому валу 8 сообщается от электродвигателя 10 через клиноременную передачу.

В щековых дробилках материал дробится только в течение одной половины оборота эксцентрикового вала. Для выравнивания работы щековой дробилки служат маховики, которые накапливают энергию во время отхода щеки и отдают ее в период дробления.

По сравнению с дробилкой с простым движением щеки за счет сокращения кинематических звеньев конструкция дробилки со сложным движением щеки значительно упрощается, металлоемкость снижается. В этих дробилках разрушение материала происходит за счет раздавливания и истирания, что обусловливается траекторией движения подвижной щеки. При сложном движении щеки происходит повышенный износ дробящих плит и образование большого количества мелочи, идущей в отход.



**Рисунок 3.1. Кинематические схемы щековых дробилок с простым (а) и сложным (б) движением подвижной щеки:**

- 1 - неподвижная щека; 2 дробящая плита; 3 - боковая стенка; 4 - ось подвески подвижной щеки; 5 - подвижная щека; 6 - шкив; 7 - маховик; 8 - эксцентриковый вал; 9 - ведущий шкив; 10 - электродвигатель; 11 - регулировочное устройство; 12, 13 - пружина и тяга замыкающего устройства; 14, 16 - распорные плиты; 15 - шатун; 17 - опоры качения.

Таблица 3.1

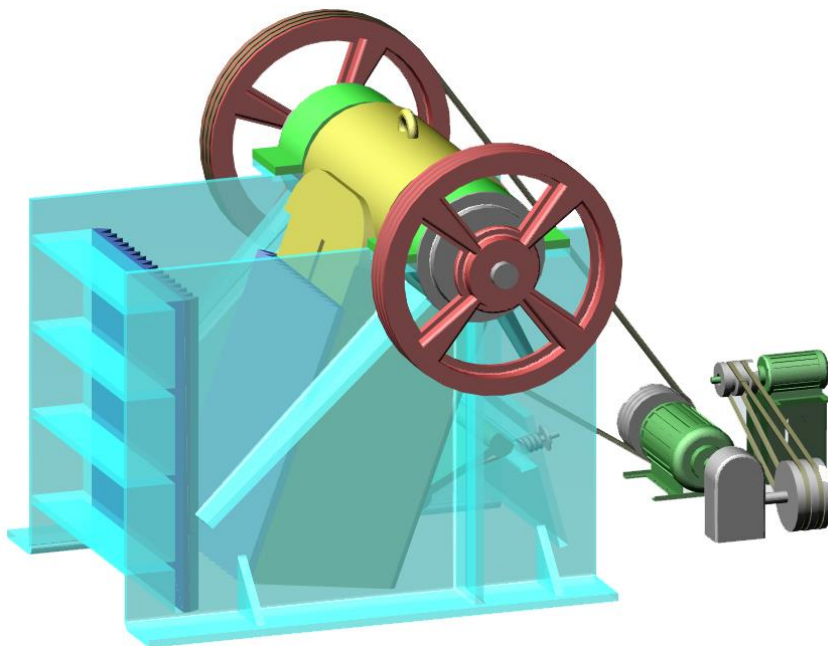
Техническая характеристика щековых дробилок

Параметр	Тип Дробилки							
	СМД-115 ЩДС-1,6х3,5	СМД-116 ЩДС-2,5х4	СМД-108 ЩДС-2,5х9	СМД-109 ЩДС-4х9	СМД-110 ЩДС-6х9	СМД-58Б ЩДС-9х12	СМД-59А ЩДС-12х15	СМД-60А ЩДС-15х21
Размеры приемного отверстия $B_{\text{вх}}$ , мм	160х250	250х400	250х900	400х900	600х900	900х1200	1200х1500	1500х2100
Максимальная крупность исходного материала $D_{\text{max}}$ , мм	140	210	210	340	510	750	1000	1300
Угол захвата, градус не более	15	15	15	17	19	20	20	20
Номинальная выходная щель $b_{\text{вх}}$ , мм	30	50	40	60	100	130	150	180
Максимальный диапазон изменения выходной щели, мм	15-45	20-60	20-60	40-90	75-125	±35	±40	±45
Объемная производительность $Q_{\text{н}}$ при номинальной щели, м <sup>3</sup> /ч, не менее	2,8	7,0	14,0	25,0	55,0	180	310	600
Мощность электродвигателя $P_{\text{эл}}$ , кВт	10(7)	17(17)	40(40)	55(61)	75(95)	100	160	250
Масса дробилки без электродвигателя, т	1,5	3,0	8,0	12,0	20,0	75,0	145	260
Габаритные размеры, мм								
длина	1	1,4	1,7	2,2	2,7	5,0	6,4	7,5
ширина	1	1,3	1,7	2,2	2,6	6,0	6,8	7,0
высота	1	1,5	2,3	2,6	2,5	4,0	5,0	6,0

Дробящие плиты - сменные быстроизнашивающиеся детали. Конструкция плит, износостойкость материалов, из которого они изготовлены, оказывают большое влияние на производительность.

Установлено, что стоимость дробящих плит составляет около одной трети всех расходов на дробление. Дробящие плиты щековых дробилок чаще всего изготавливают из высокомарганцовистой стали 110Г13Л, обладающей высокой износостойкостью, а также способностью к упрочнению в холодном состоянии в результате наклепа.

Для повышения эффективности работы щековых дробилок со сложным движением щеки применяют рифленные дробящие плиты. При предварительном дроблении форма рифления трапецеидальная, при окончательном - треугольная. Попадая между выступом одной плиты и впадиной другой, материал разрушается за счет излома.



**Рисунок 3.2. Трехмерная модель щековой дробилки со сложным движением подвижной щеки**



Эксцентриковый приводной вал 8 опирается на пару роликовых двухрядных сферических подшипников, расположенных на верхних торцовых поверхностях продольных стенок рамы. На концах эксцентрикового вала 8 расположен маховик 6 и шкив клиноременной передачи, выполняющий функции и маховика. Во время холостого хода подвижной щеки энергия приводного двигателя дробилки аккумулируется маховиками 7 и 8, а при рабочем ходе - передается щеке и расходуется на сжатие материала.

Шкив-маховик 6 одновременно служит шкивом для клиноременной передачи, которая обеспечивает передачу вращения от двигателя к эксцентриковому валу и одновременно понижает число оборотов.

#### *Последовательность выполнения работы*

1. Ознакомьтесь с методическими указаниями.
2. Изучите назначение, принцип действия, конструкцию щековой дробилки со сложным движением щеки.
3. Начертите кинематическую схему (с указанием позиций), обратив при этом особое внимание на функциональное назначение каждого из рабочих элементов дробилки.

#### **Контрольные вопросы:**

1. В чем заключаются основные отличия конструкций и принцип действия щековых дробилок с простым и сложным движением щек?
2. Какой способ разрушения материала используется в щековых дробилках?
3. Возможно ли дробление в щековых дробилках глинистых материалов, мела?
4. Поясните принцип действия щековой дробилки, используя кинематическую схему.
5. В чем заключается функциональное назначение маховика?

## **Изучение конструкции и принципа действия валковой дробилки**

*Цель работы:* изучение назначения и устройства, принципа действия валковой дробилки.

*Оборудование:* лабораторная установка валковой дробилки.

### **Назначение, область применения, классификация валковых дробилок**

Валковая дробилка появилась в 1908-ом году в Великобритании для дробления медной руды на руднике Крайндейд. Она широко употребляется в производстве угля, цемента, стекла, керамики и на обогатительных фабриках. Валковая дробилка делится на одновалковую, двухвальную, многовалковую.

В промышленности строительных материалов широкое применение получили валковые агрегаты, предназначенные для крупного, среднего, мелкого и тонкого измельчения, материалов малой и средней прочности, удаления из глины каменистых включений и т.д.

В валковых дробилках разрушение материала происходит между вращающимися навстречу друг другу валками или между вращающимся валком и камерой дробления под действием сжимающих нагрузок.

Измельчение материала осуществляется преимущественно раздавливанием и частично истиранием, или изгибом между двумя вращающимися валками. Поверхность валков в зависимости от свойств измельчаемого материала бывает гладкой, рифленной или зубчатой.

Дробилки с гладкими валками применяются для среднего и мелкого дробления пород средней прочности ( $\sigma_{\text{см}} < 150$  МПа); с рифлеными, зубчатыми валками для крупного и среднего дробления хрупких и мягких пород ( $\sigma_{\text{см}} < 80$  МПа). Классификация валковых дробилок и агрегатов, применяемых в различных отраслях промышленности строительных материалов, представлена на рис 4.1.

Достоинства валковых дробилок заключается в простоте устройства и надежности работы, небольшом расходе энергии.

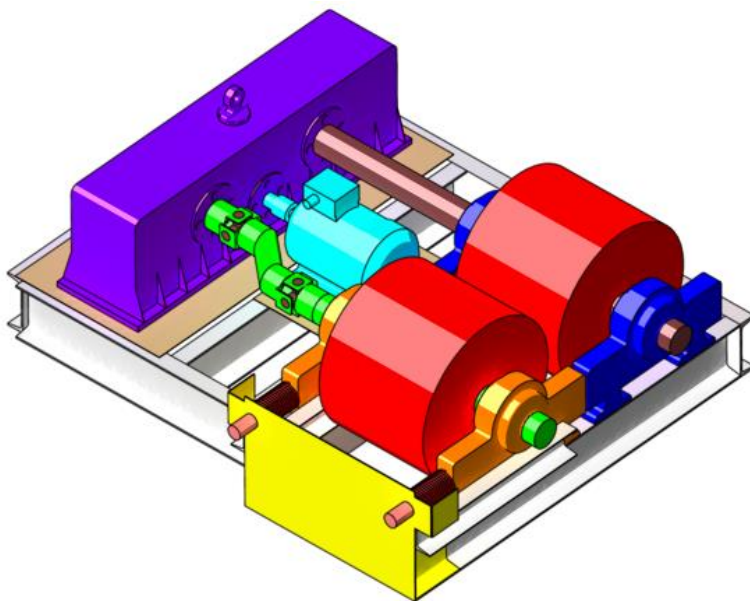
К недостаткам валковых дробилок можно отнести: низкую производительность, невысокую степень измельчения, ограниченный размер загружаемых кусков материала, неоднородный зерновой состав готового продукта с большим количеством плоских и удлинённых зерен. Кроме того, при работе валковых дробилок происходит непрерывная вибрация подвижного вала под действием деформации пружины от давления измельчаемого материала. Валковые дробилки нуждаются в непрерывном и равномерном питании исходным материалом по всей длине вала, поэтому они снабжаются собственными питателями.



Рисунок 4.1. Классификация валковых машин и агрегатов

## **Конструкция и принцип действия валковых дробилок с гладкими валками**

Валковая дробилка с гладкими валками (рис. 4.2 и рис. 4.3) состоит из двух параллельно расположенных цилиндрических валков 4 и 6, которые вращаются вокруг горизонтальных осей навстречу друг другу. Валок 4 насажен на вал, вращающийся в подвижно закрепленных подшипниках 5. Валок 6 установлен в неподвижных подшипниках. Вращение валки получают от электродвигателя. 1 через редуктор 2 и карданные валы 3. Дробящие валки закрыты кожухом, который препятствует проникновению в помещение пыли, образующейся при дроблении материала, а также обеспечивает соблюдение мер техники безопасности. Техническая характеристика валковых дробилок дана в табл.4.1.



**Рисунок 4.2. Трехмерная модель валковой дробилки**

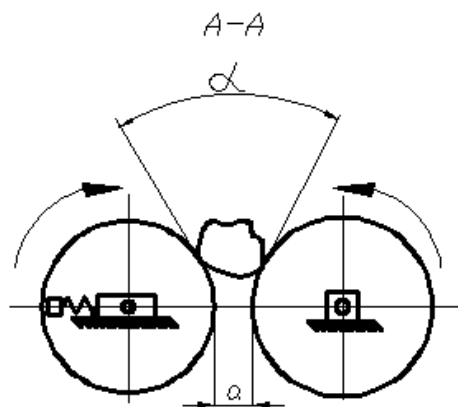
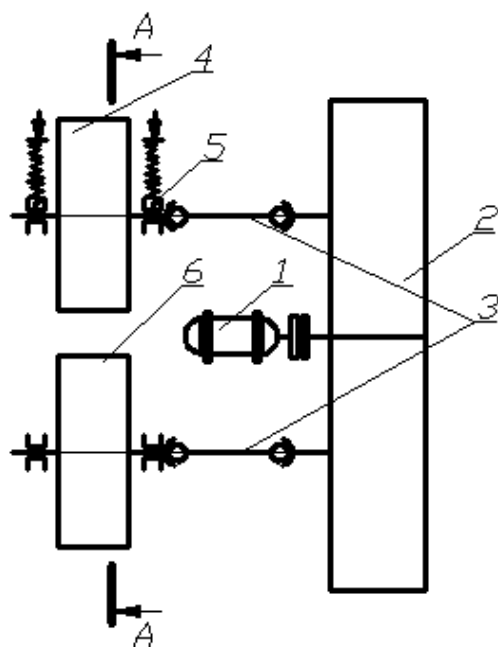


Рисунок 4.3. Схема валковой дробилки



*Последовательность выполнения работы*

1. Ознакомьтесь с описанием работы.
2. Изучите назначение, конструкцию и принцип действия лабораторной установки.
3. Начертите кинематическую схему валковой дробилки.
4. Кратко опишите устройство и принцип действия валковой дробилки.

**Контрольные вопросы:**

1. Какой принцип разрушения материалов положен в основу работы валковых дробилок?
2. По каким признакам классифицируются валковые дробилки?
3. Поясните принцип действия валковой дробилки, используя кинематическую схему.
4. Назовите необходимое условие для обеспечения захвата куска материала в валковой дробилке. Что такое угол захвата?
5. Какие технические приемы используются в валковых дробилках для исключения поломки агрегатов в случае попадания в межвалковое пространство недробимых предметов или включений?

## **Изучение конструкции и принципа действия шаровых мельниц**

*Цель работы:* изучить конструкцию, область применения и принцип действия шаровых мельниц.

*Оборудование:* лабораторная модель шаровой мельницы, измерительные приборы.

Патент на барабанную мельницу был зарегистрирован более 180 лет назад. Упоминание о ней имеется в энциклопедии «Промышленность и техника», датированной 1896 г. Этот механизм описывался как эффективное приспособление для измельчения песка в стекольном производстве.

Название мельница получила от формы камеры в которой осуществляется обработка материалов, а так же по наименованию ударных элементов. Маркировка моделей осуществляется согласно техническим условиям. Например, обозначение ШБМ 220/330 означает шаровая барабанная мельница с барабаном диаметром 2200 мм и длиной 3300 мм.

## **Классификация, устройство и принцип действия мельниц**

Шаровые мельницы получили широкое распространение в промышленности строительных материалов (ПСМ) при помоле цемента, извести, гипса, силикатной смеси, огнеупорных материалов ввиду простоты конструкции, надежности в эксплуатации и высокой производительности.

При отношении  $L/D < 2$  мельницы принято называть барабанными, при  $L/D > 2$  - трубными. Последние широко применяются в ПСМ при помоле клинкера. Их используют для измельчения как однородных, так и многокомпонентных шихт, степень измельчения составляет  $200 \div 1000$ . Качество готового продукта характеризуется тонкостью помола и зерновым составом. Тонкость помола клинкера  $280-600 \text{ м}^2/\text{г}$ , суммарный остаток на сите № 008 - 10-14%.



Шаровые барабанные мельницы классифицируют:

- по принципу работы - периодического и непрерывного действия;
- по схеме работы - с открытым и замкнутым циклом;
- по способу помола - сухого и мокрого помола;
- по форме барабана - барабанные и цилиндрические, конические и трубные цилиндрические;
- по способу разгрузки и загрузки: с загрузкой и разгрузкой через люк, с периферийной разгрузкой и центральной загрузкой, с центральной загрузкой и разгрузкой;
- по форме мелющих тел - шаровые, стержневые, самоизмельчения (без мелющих тел);
- по числу камер - одно- и многокамерные;
- по типу привода - периферийные, центральные, дугостаторные.

В ПСМ в большинстве случаев применяют мельницы непрерывного действия, работающие по открытому или замкнутому циклу. Удельный расход энергии при сухом способе измельчения составляет 35-40 кВт·ч/т, при мокром - 12-21 кВт·ч/т. Износ мелющих тел и футеровки 1-1,2 кг на тонну цемента. Объемная производительность 400-550 кг·ч/м<sup>3</sup>. КПД = 1-0,5%.

Мельницы состоят из: привода (электродвигатель, редуктор либо открытая зубчатая пара); подшипниковых опор; полых цапф с днищами; барабана; загрузочного, разгрузочного устройств; аспирационной системы (см. рис.5.1 и рис. 5.2).

При вращении барабана мелющие тела, прижимаемые центробежной силой к его стенкам, поднимаются на некоторую высоту. Под действием силы тяжести, преодолевающей вертикальную составляющую силы инерции и вызываемую ею силу трения мелющих тел о футеровку, мелющие тела падают на слой материала, дробят его и частично истирают. Цильпесы продолжают истирать мелкораздробленный материал.

В мельницах с открытым циклом измельчения материал проходит через рабочее пространство один раз, с замкнутым циклом - до 20 раз.

Мельницы, работающие по замкнутому циклу, более производительны и экономичны.



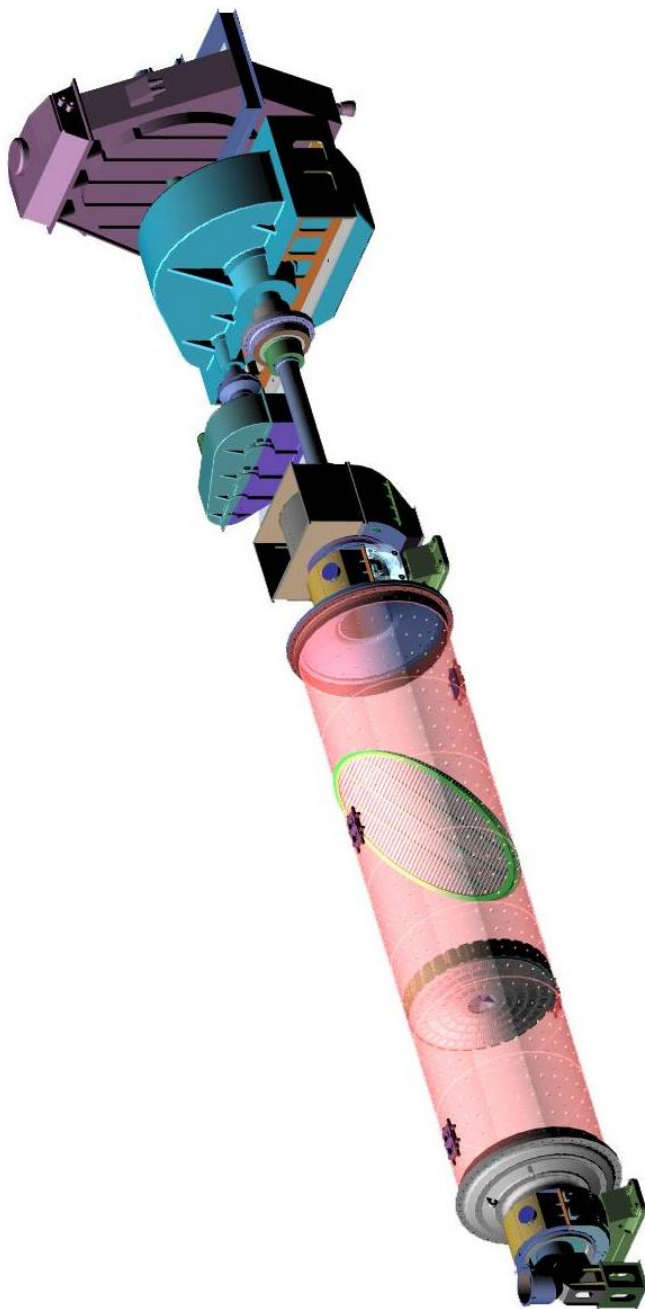


Рисунок 5.2. Трехмерная модель трехкамерной трубной шаровой мельницы

*Последовательность выполнения работы*

1. Ознакомьтесь с описанием работы.
2. Изучите назначение, конструкцию и принцип действия лабораторной установки трубной шаровой мельницы.
3. Начертите кинематическую схему мельницы.
4. Кратко опишите устройство и принцип действия трубной шаровой мельницы.

**Контрольные вопросы:**

1. По каким конструктивным и технологическим признакам разделяют мельницы?
2. Что такое критическая и рабочая частота вращения барабана мельницы, водопадный и каскадный режимы мельницы?
3. Используя схему лабораторной установки опишите принцип работы шаровой мельницы.
4. Какой характеристикой определяется качество продукта?

## **Изучение конструкции и принципа действия барабанного грохота**

*Цель работы:* изучить конструкцию, принцип действия и область применения барабанного грохота

*Оборудование:* барабанный грохот, измерительный инструмент.

Первые указания на использование технологии грохочения содержатся на египетских настенных рисунках, датирующихся 1500 г. до н.э. С приходом бронзового века грохочению начинают подвергаться соль, металлические руды и уголь, а спустя какой-то промежуток времени под сортировку попадают неметаллические руды и разнообразные химические компоненты. Во время европейской научно-технической революции (в конце 17 в.) растет популярность грохотов для сухого разделения. А с конца 19 в. предпочтение при грохочении минеральных материалов отдается ситовым моделям, предшественникам существующих плоских вибрационных аналогов.

Дальнейшее техническое развитие шло по пути появления моделей с более сильным вибрационным оборудованием для получения большего числа мелких фракций сортируемого материала. Новое мощное виброоборудование позволяло достигать рабочих скоростей приводов в 700–3000 оборотов в минуту и амплитуды вибрации поверхности просеивания менее 10 мм.

Современные вибрационные грохоты бывают эксцентриковые (или гиацинтовые с приводом от эксцентрикового механизма) и инерционные, имеющие привод от вибратора. К последним относят такие вибрационные модели, как резонансные.

Барабанные грохоты предназначены для сортировки сыпучих зернистых и мелкокусковых материалов по фракциям, а иногда и для промывки загрязненных материалов (гравимойки - сортировки). В зависимости от конструкции барабанов грохоты могут сортировать материал на две - пять фракций. При этом возможна сортировка по схемам «от крупного к мелкому» (рис.6.1) и «от мелкого к крупному» (рис.6.2).

По конструкции барабана грохоты подразделяются на цилиндрические, многогранные и конические, а по схеме опоры барабана - с опорой на вал или на роликовые опоры.

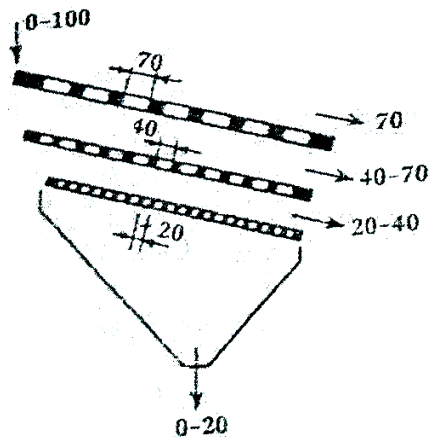


Рисунок 6.1. Схемы грохочения от «крупного к мелкому».

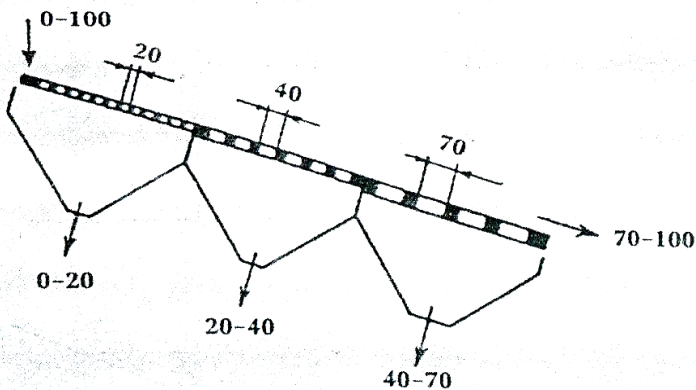
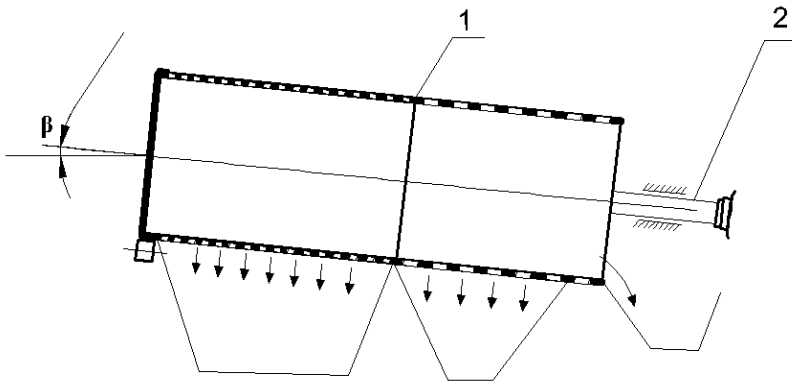


Рисунок 6.2. Схемы грохочения от «мелкого к крупному».

Барабаны грохотов устанавливаются с наклоном до  $7^\circ$ . При вращении барабана материал под действием сил трения поднимается на некоторую высоту, после чего начинает скользить вниз, перемещаясь при этом вдоль просеивающей поверхности, и просыпается сквозь отверстия сит. Вследствие наклона грохота материал продвигается вдоль оси барабана к выходу. При разделении материала в барабанных грохотах на три и более классов применяют способ грохочения от мелкого к крупному.

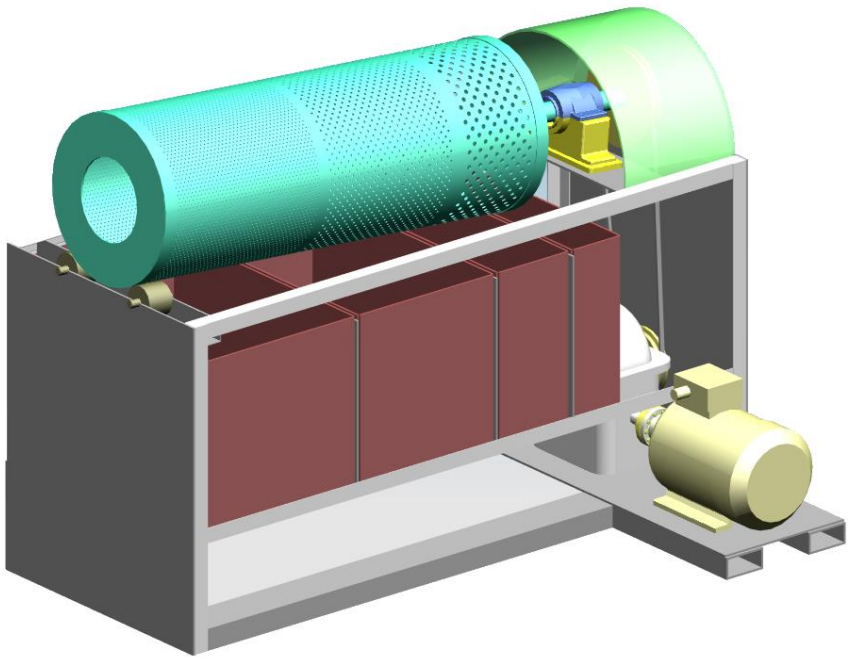
Барабанный грохот (рис. 6.3 и рис. 6.4) состоит из барабана 1, опирающегося через горизонтальный вал 2 на подшипниковые опоры. Для получения нескольких фракций в барабане имеются отверстия различного диаметра. Меньшие отверстия расположены со стороны загрузки материала, диаметр отверстий увеличивается по длине барабана к выходу (при способе грохочения от мелкого к крупному).



**Рисунок 6.3. Барабанный грохот с последовательным расположением сортирующих поверхностей:**

1 – барабан с просеивающими поверхностями; 2 – приводной вал.

Каждая фракция материала поступает в предназначенный для нее бункер, расположенный под рядами отверстий соответствующего диаметра. Привод грохота осуществляется от электродвигателя через червячный редуктор и клиноременную передачу.



**Рисунок 6.4. Трехмерная модель барабанного грохота**

К достоинствам барабанных грохотов относятся: низкие динамические нагрузки на опоры вследствие равномерного вращения с малой частотой (не более  $0,5 \text{ с}^{-1}$ ); возможность устанавливать их на верхних этажах зданий и в передвижных установках. Недостатки: низкая эффективность грохочения; значительное пылеобразование при работе; неполное использование рабочей поверхности (не более 20%); при способе грохочения от мелкого к крупному - повышенный износ просеивающих поверхностей.



*Последовательность выполнения работы:*

1. Ознакомьтесь с описанием работы.
2. Изучите конструкцию барабанного грохота по лабораторной установке и начертите схему установки.
3. Начертите кинематическую схему барабанного грохота.
4. Кратко опишите устройство и принцип действия барабанного грохота

**Контрольные вопросы:**

1. Для чего предназначены грохоты? Какие типы грохотов вы знаете?
2. Какие способы грохочения вы знаете?
3. Поясните принцип действия барабанного грохота применяя схему лабораторной установки.
4. Укажите достоинства и недостатки барабанных грохотов.

## Практическая работа №7

### **Изучение конструкции и принципа действия двухвального смесителя непрерывного действия**

*Цель работы:* изучить конструкцию и принцип действия бетоносмесителя.

*Оборудование:* модель двухвального смесителя непрерывного действия СБ-75А, измерительные приборы.

### **Устройство и принцип работы смесителя**

Важнейшей операцией приготовления бетонной смеси является перемешивание ее компонентов. В результате перемешивания бетонная смесь должна быть однородной, с равномерным распределением и обволакиванием зерен заполнителя вяжущим веществом высокого качества, которое должно быть достигнуто за возможно короткий срок перемешивания.

Обеспечение этих требований в основном зависит от конструктивных параметров смесительной машины, постоянства режима перемешивания, установленного для данной марки бетона, и стабильности соотношения компонентов в процессе их перемешивания. Стабильность соотношения компонентов бетона обеспечивается точностью их дозирования, а постоянство режима перемешивания — его продолжительностью в смесительном барабане машины с установленной последовательностью загрузки компонентов.

Бетоносмесители непрерывного действия с принудительным смешиванием материала (рис 7.1, 7.2) применяют для приготовления бетона и растворов.

Процесс смешивания в смесителях непрерывного действия осуществляется путем механического воздействия на компоненты смеси вращающихся лопастей при одновременном перемещении смешиваемой массы от места загрузки к месту выгрузки.

Рабочим органом смесителей являются один - два вращающихся навстречу друг другу горизонтальных вала с закрепленными на них по

винтовой линии лопастями. Смешивание осуществляется внутри металлического неподвижного корпуса желобчатой формы. Выпускаемые в России двухвальные бетоносмесители непрерывного действия входят в состав бетоносмесительных установок производительностью 5, 15, 35, 60 м<sup>3</sup>/ч.

На рисунке 7.1 показана модель двухвального бетоносмесителя непрерывного действия, модернизированного по результатам научно-исследовательских работ Белгородской государственной технологической академии строительных материалов и выпускаемого серийно в составе бетоносмесительной установки СБ-75А Славянским заводом Строймаш ПО "Бетонмаш".

Корпус 1 смесителя корытообразной формы установлен под углом 3° в сторону разгрузки, что увеличивает производительность и снижает энергоемкость процесса. Внутри корпуса навстречу друг другу вращаются два лопастных вала 2. При этом на ведомом валу лопасти 3 установлены по поточной схеме и перемещают смешиваемую массу к разгрузочному отверстию 10, на ведущем валу 6, 9 и 12-я пары лопастей являются обратными и создают противоток смеси, а последние две пары на обоих валах также являются обратными и создают подпор движущейся к выгрузке массы. Подобная схема установки лопастей, а также увеличенная частота вращения валов позволили повысить однородность смеси и производительность смесителя (с 30 до 35 м<sup>3</sup>/ч). Корпус смесителя установлен на раме 4 сварной конструкции. Лопастные валы, установленные в подшипниках 11 и 12, получают вращение от электродвигателя 5 через клиноременную передачу 6, редуктор 7 и зубчатую передачу 8.

Загружаются компоненты смеси через загрузочное отверстие 9 в начале корпуса смесителя. Смешиваясь вращающимися навстречу друг другу лопастными валами, масса перемещается вдоль оси смесителя к разгрузочному отверстию 10 под действием наклонно установленных на валах лопастей.

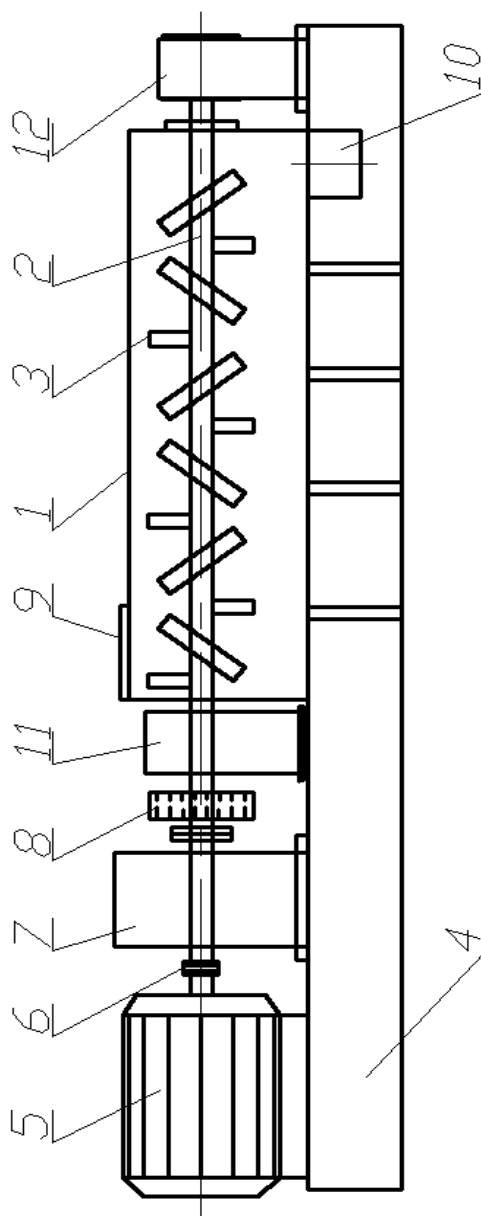


Рисунок 7.1. Схема смесителя непрерывного действия

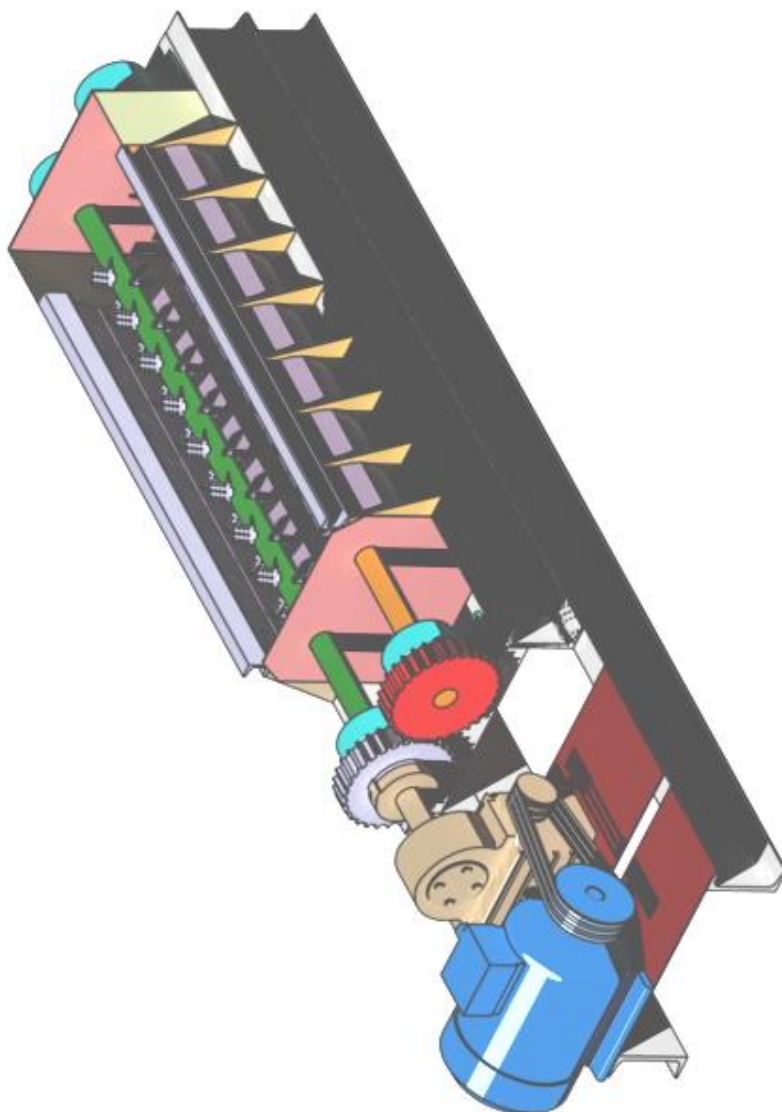


Рисунок 7.2. Трехмерная модель двухвального смесителя непрерывного

*Последовательность выполнения работы*

1. Ознакомьтесь с описанием работы.
2. Изучите устройство и принцип действия бетоносмесителя.
3. Начертите принципиальную схему бетоносмесителя и кинематическую схему его привода.

**Контрольные вопросы**

1. Назначение и принцип действия двухвального смесителя.
2. Как угла установки лопаток влияет на интенсивность процесса смешивания.
3. Преимущества бетоносмесителей непрерывного действия.
4. Поясните принцип действия двухвального бетоносмесителя, используя схему лабораторной установки.
5. За счет чего обеспечивается продвижение массы вдоль корпуса смесителя?

## **Изучение конструкции и принципа действия ленточного конвейера**

*Цель работы:* изучить конструкцию, назначение и принцип работы ленточного конвейера.

*Оборудование:* лабораторная модель ленточного конвейера, измерительные приборы.

### **Конструкция и принцип работы ленточного конвейера**

Прототипы большинства транспортирующих машин были распространены с древних времен. Первые упоминания появились в области водоснабжения и строительства. Во времена древнего Египта стали известны водоподъемные сооружения, которые являются прототипом современного ковшового элеватора. Также в качестве водоподъемных механизмов известны ленточные скребковые машины (прототипы ленточных конвейеров) и изобретение великого ученого Архимеда – архимедов винт (прототип винтового транспортера).

Об использовании транспортирующих механизмов в России стало известно с 1764 г., когда русский механик Е.Г.Кузнецов изобрел многоковшовый водоподъемник, впоследствии используемый для подъема руды из земли.

Позже в 1788 г. гидротехник К.Д. Фролов построил комплексную установку для подъема руды, своеобразный ленточный конвейер. За основу устройства были приняты рудоподъемники непрерывного действия, ковшовые элеваторы.

В 1860 г. русский изобретатель А. Лопатин внедрил в Сибири на золотых рудниках систему ленточных конвейеров для перемещения песка и гальки. Изначально в качестве ленты использовался холст, позже кожа и листовая сталь.

Ленточные конвейеры предназначены для транспортирования порошкообразных и мелкокусковых материалов на значительные (до  $11 \cdot 10^3$  м) расстояния и характеризуются высокой

производительностью, простой конструкцией, незначительной массой и надежностью в эксплуатации.

Тяговым и грузонесущим органом конвейера является лента, состоящая из сердечника, воспринимающего основные нагрузки, и резиновой обкладки рабочей и нерабочей сторон ленты, предохраняющей сердечник от механических повреждений и от воздействий на него влаги, газов, агрессивных сред. Сердечник изготавливается из нескольких слоев прорезиненной ткани (резинотканевые ленты). Толщина слоя резины в зависимости от типа транспортируемого материала принимается на рабочей стороне в пределах от  $3 \cdot 10^{-3}$  м до  $6 \cdot 10^{-3}$  м (для особо тяжелых и абразивных грузов - до  $10 \cdot 10^{-3}$  м), а на нерабочей стороне - до  $2 \cdot 10^{-3}$  м. Для ленточных конвейеров наиболее широко применяют многослойные прорезиненные тканевые ленты с числом прокладок от 3 до 12.

Ленточные конвейеры выполняются с плоской и желобчатой лентой, угол наклона конвейеров (без вспомогательных, удерживающих материал, устройств) обычно составляет  $20-30^\circ$ .

Ленточный конвейер (рис. 8.1 и рис. 8.2) состоит из приводного 1 и натяжного 2 барабанов, гибкой бесконечной ленты 3, лежащей на роликоопорах 4, винтового натяжного устройства 5 и привода 6.

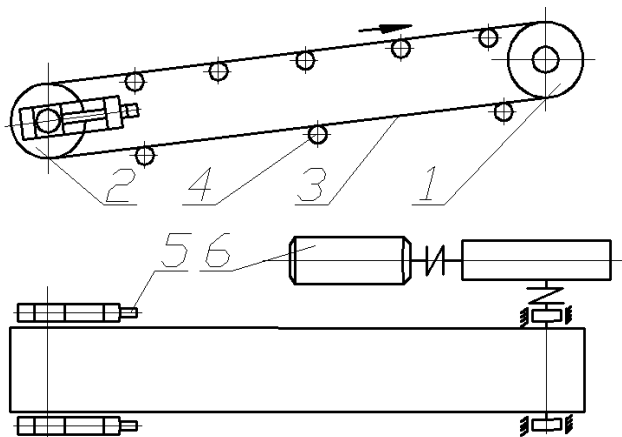


Рисунок 8.1. Схема ленточного конвейера



К конвейерной ленте предъявляются следующие требования: высокая продольная прочность, высокая гибкость, высокая сопротивляемость изнашиванию, небольшое удлинение, незначительная подверженность влиянию влаги.

Чтобы лента не проскальзывала в процессе транспортирования груза, она периодически натягивается до требуемого уровня натяжения при помощи специального винтового устройства. Ленты выпускаются различных типов. Наиболее широко применяются прорезиненные тканевые ленты, состоящие из защищенных резиной тканевых прокладок, число которых стандартизировано.

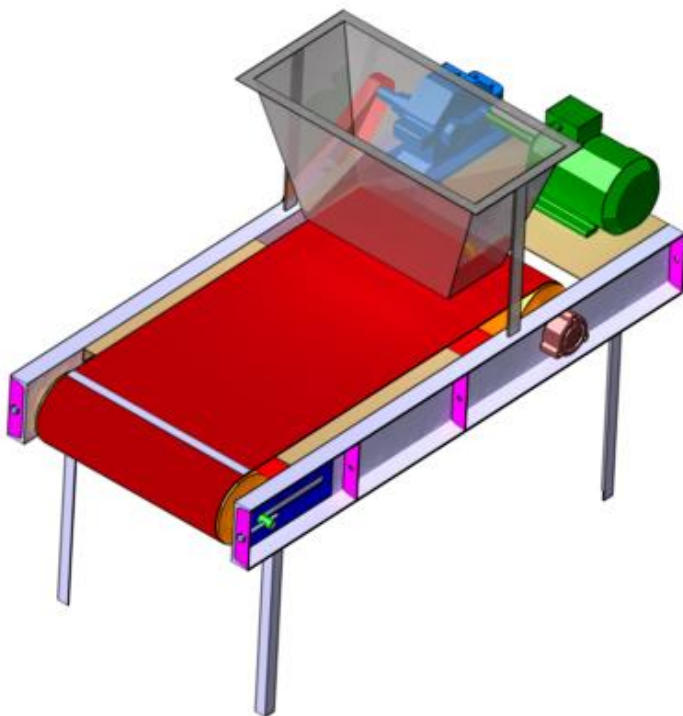


Рисунок 8.2. Трехмерная модель ленточного конвейера

Таблица 8.1

## Характеристика транспортируемых материалов

Характеристика		Транспортируемые материалы						
		Шлак каменно- угольный	Глина сухая в кусках	Глина сырая	Гипс порошкоо бразный	Песок карьерный, воздушно- сухой	Мел мелкокуско вой	Камень известковый мелкокусковой
Насыпная плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>		600-900	1600-1800	1900-2100	1200-1400	1400-1600	1400-1600	1400-1700
Угол естест- венного откоса...	в движении $\varphi_{\text{дв}}$	18-20	20	25	20	18-20	20	18-20
	в покое $\varphi$	35-40	40	50	40	35-40	40	35-40

Таблица 8.2

**Характеристика прорезиненных транспортерных лент**

Характеристика	Наименование ткани						
	Бельтинг		Лавсано-хлопчатобумажная	Капроновая		Анидная	Резина тросовая
	Б-820	ОПБ-5 ОПБ-12	ЛХ-12	К-4-3	К-8-3Т	А-12-3	РТЛ-1500
Предел прочности при разрыве на 1 м ширины одной прокладки готовой ленты, не менее $k_p \cdot 10^2$ , Н/м	550	1150	1200	1500	3000	3000	15000

Таблица 8.3

**Запас прочности  $n$  транспортерной ленты при числе прокладок  $i$** 

$i$	3-4	4-5	6-8	9-11	12-14
$n$	9	9,5	10	10,5	11

*Последовательность выполнения работы*

1. Ознакомьтесь с описанием работы.
2. Изучите конструкцию ленточного конвейера.
3. Начертите кинематическую схему ленточного конвейера.

**Контрольные вопросы:**

1. Какова история возникновения транспортных машин?
2. Назначение и принцип работы ленточного конвейера.
3. Укажите достоинства и недостатки ленточного конвейера.
4. Из каких узлов состоит ленточный конвейер?

## **Изучение конструкции и принципа действия тарельчатого питателя**

*Цель работы:* изучить конструкцию и принцип действия тарельчатого питателя.

*Оборудование:* тарельчатый питатель, измерительный инструмент.

Тарельчатые питатели применяют для непрерывной передачи пылевидных, зернистых и мелкокусковых (с диаметром куска до 150 мм) сыпучих материалов в перерабатывающие машины и агрегаты, а также для объемного дозирования сыпучих материалов в непрерывных технологических процессах. Отечественной промышленностью выпускаются тарельчатые питатели с диаметром тарели 0,5-2,0 м, производительностью 1,5-35 м<sup>3</sup>/ч и частотой вращения тарели 0,067-0,117 с<sup>-1</sup>.

Тарельчатый питатель (рис. 9.1 и рис. 9.2) состоит из вращающейся вокруг вертикальной оси тарели 4, над которой укреплена, не доходящая до поверхности тарели, телескопическая цилиндрическая обойма 6, расположенная под круглым выпускным отверстием бункера 7, и ножа 5, сбрасывающего часть материала с тарели.

Транспортируемый материал высыпается из бункера на тарель в форме усеченного конуса, нижний диаметр которого определяется углом естественного откоса "материала и расстоянием от обоймы 6 до тарели 4. Производительность питателя регулируется двумя способами: изменением положения обоймы 6 и изменением угла установки ножа 5. Привод питателя осуществляется от электродвигателя через червячный редуктор 2 и коническую зубчатую передачу 3.

Изменяя положение ножа, можно уменьшить или увеличивать сечение срезаемого слоя материала, регулируя при этом производительность питателя. При необходимости резкого изменения количества подаваемого материала изменяется положение подвижной обоймы.

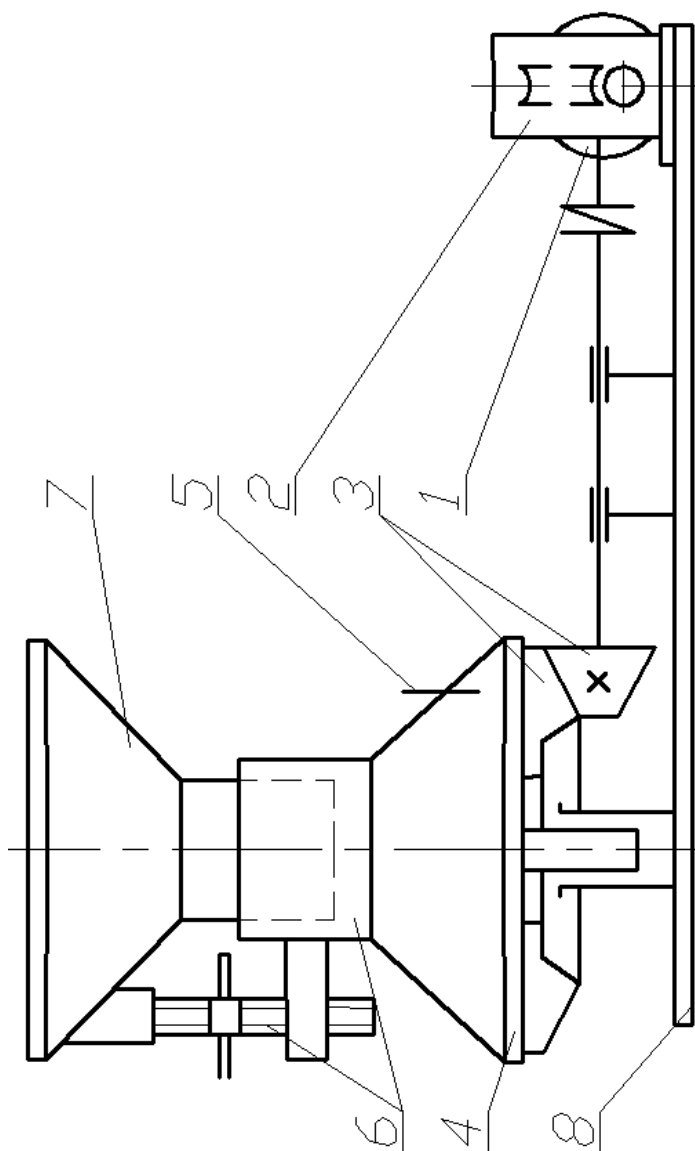
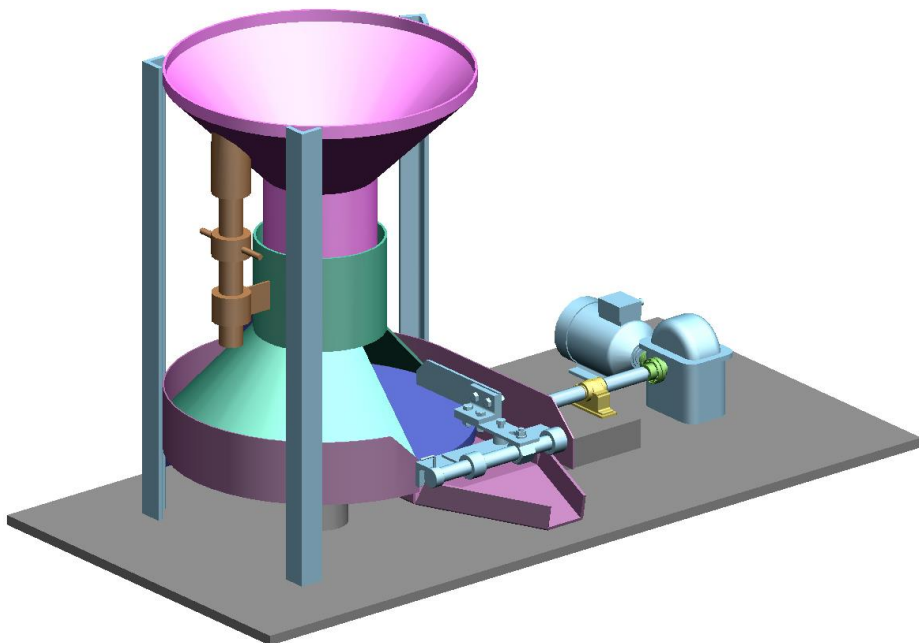


Рисунок 9.1. Схема тарельчатого питателя.



**Рисунок 9.2. Трехмерная модель тарельчатого питателя.**

Угол естественного откоса материала зависит от вида материала, его влажности и зернового состава. Поэтому производительность при одном и том же положении ножа и подвижной обоймы не остается постоянной, а изменяется в зависимости от указанных факторов. В связи с этим обслуживающему персоналу постоянно приходится регулировать подачу материала.

К достоинствам тарельчатых питателей относятся компактность и простота конструкции, к недостаткам - ограниченная область применения, необходимость регулирования подачи материала в питатель в зависимости от зернового состава и влажности.

*Последовательность выполнения работы*

1. Ознакомиться с описанием работы.
2. Изучите конструкцию тарельчатого питателя по лабораторной установке.
3. Начертите кинематическую схему тарельчатого питателя.
4. Кратко опишите устройство и принцип действия тарельчатого питателя

**Контрольные вопросы:**

1. Назначение и принцип действия тарельчатого питателя.
2. Укажите достоинства тарельчатого питателя
3. Влияет ли высота столба массы материала, на производительность и мощность привода питателя?

## **Изучение конструкции и принципа действия роторного смесителя для смешивания сыпучих материалов**

*Цель работы:* изучить конструкцию и принцип действия роторного смесителя для смешивания сыпучих материалов.

*Оборудование:* роторный смеситель, измерительный инструмент.

Роторные смесители широко применяются для смешивания сыпучих материалов при производстве различного рода строительных смесей. Являясь наиболее перспективным оборудованием, роторные смесители смешивают компоненты смеси за счет быстровращающихся лопастей, закрепленных на роторе. При этом они создают эффект псевдооживления смешиваемого материала, за счет чего частицы смеси эффективно перемешиваются.

Смеситель (рис.10.1, 10.2) состоит из цилиндрического барабана 1, внутри которого консольно установлен ротор 2 и закреплен в подшипниках 9. На этом валу закреплены несколько рядов лопастей 5 и 6. В каждом ряду находится три лопасти, которые повернуты относительно друг друга на  $120^\circ$ . При этом установлены они таким образом, что бы набрасывать смешиваемые компоненты на винтовую спираль 4, закрепленную на внутренней стенке барабана. Шнек имеет разрывы в плоскостях вращения лопастей ротора. Барабан смесителя установлен в подшипниках 10, который в свою очередь закреплен на корпусе 15. В верхней части барабана смесителя закреплена неподвижно крышка 3, которая препятствует выходу перемешиваемых компонентов из барабана смесителя.

Смеситель работает следующим образом: перемешиваемые компоненты загружаются через верхний люк 7 и попадают внутрь барабана 1 смесителя. Одновременно включается привод 11, приводящий во вращение вертикальный вал через передачу 13 и привод 12, приводящий во вращение смесительный барабан 1 через передачу 14. При этом ротор 2 вращается в противоположную сторону вращения барабана 1, а направление вращения барабана смесителя



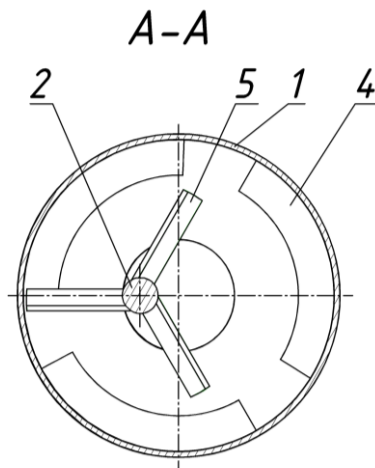
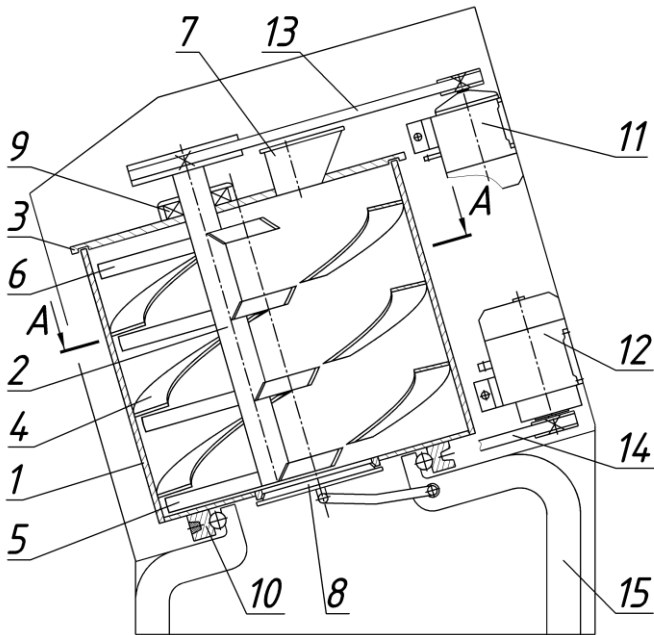
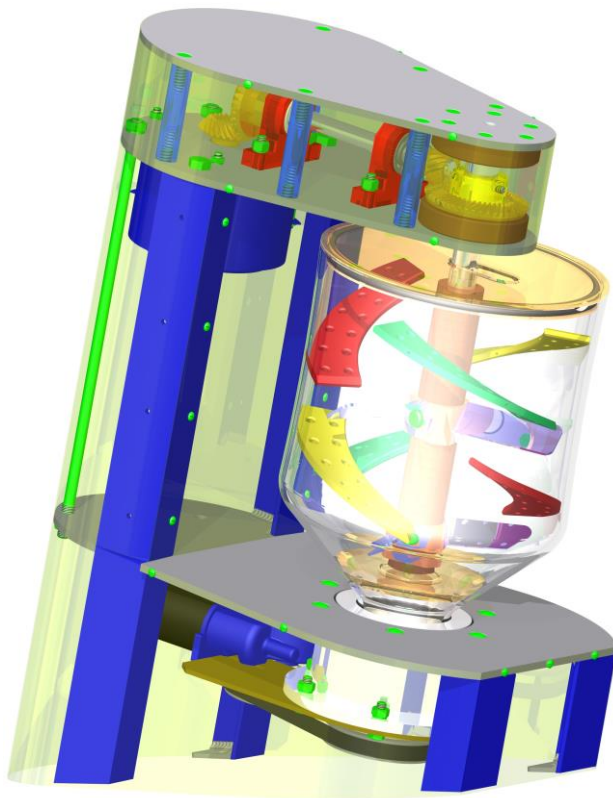


Рисунок 10.1 Схема роторного смесителя для смешивания сыпучих материалов.

выбирается в соответствии с направлением витков спирали 4. В результате вращения вала лопасти 5 поднимают смешиваемые компоненты и набрасывают их на спираль 4, тем самым перемещая материал и в вертикальном и в горизонтальном направлениях.



**Рисунок 10.2. Трехмерная модель роторного смесителя.**

При этом разрывы, имеющиеся в нем, создают турбулентные потоки смеси. Перемещаясь по поверхности шнека, смесь попадает на второй ряд лопастей и, переместившись как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях, попадает на среднюю часть спирали и

продвигается вверх. Так смесь достигает верхней части барабана смесителя, и направляется вниз навстречу основному потоку смеси. После того, как смесь перемешалась, она выгружается через нижний люк 8 посредством открывания крышки. После разгрузки смесителя процесс повторяется.

К преимуществам роторных смесителей для смешивания сыпучих материалов можно отнести:

- высокую степень однородности смеси;
- возможность получения многокомпонентных смесей;
- получение смесей с разным содержанием объема компонентом (от 1 до 2%);
- минимальное время смешивания;
- возможность активации смесей;
- использование различных режимов работы с возможностью измельчения компонентов смеси.

#### *Последовательность выполнения работы*

1. Ознакомиться с описанием работы.
2. Изучите конструкцию роторного смесителя по лабораторной установке.
3. Начертите кинематическую схему роторного смесителя.
4. Кратко опишите устройство и принцип действия роторного смесителя.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Назначение и принцип действия роторного смесителя?
2. За счёт какого эффекта смешивают смеси роторные смесители?
3. Достоинства роторного смесителя?

## **Изучение конструкции и принципа действия шнекового питателя**

*Цель работы:* изучить конструкцию, область применения и принцип действия шнекового питателя.

*Оборудование:* шнековый питатель с переменным углом установки, измерительный инструмент.

Шнековые питатели получили широкое распространение в промышленности строительных материалов благодаря высокой производительности (до 300 т/ч) при малых габаритах, простоте устройства и обслуживания, высокой надежности, возможности герметичного транспортирования пылящих измельченных материалов.

Шнековые питатели применяются для транспортирования сыпучих материалов в горизонтальном направлении и под углом к горизонту. В зависимости от угла наклона оси шнека к горизонту их подразделяют на:

- горизонтальные ( $\beta = 0^0$ );
- пологонаклонные ( $0^0 < \beta < 30^0$ );
- крутонаклонные ( $30^0 < \beta < 60^0$ );
- вертикальные ( $60^0 < \beta < 90^0$ ).

Шнековый питатель (рис. 11.1) представляет собой винт (шнек) 3, вращающийся в подшипниках, внутри корпуса 4 цилиндрической формы. Загрузка и разгрузка материала производится через загрузочный 5 и разгрузочный 6 патрубки. Вал шнека приводится во вращение от электродвигателя 1 через редуктор 2.

Корпус питателя, изготавливают из трубы или сварным из листовой стали толщиной 3-5 мм. В промышленности строительных материалов применяются шнеки следующих конструкций:

- сварные, в которых вал шнека изготовлен из трубы с приваренными к ней цапфами и винтовой поверхностью по длине трубы (вала);
- литые из износостойкого отбеленного чугуна.

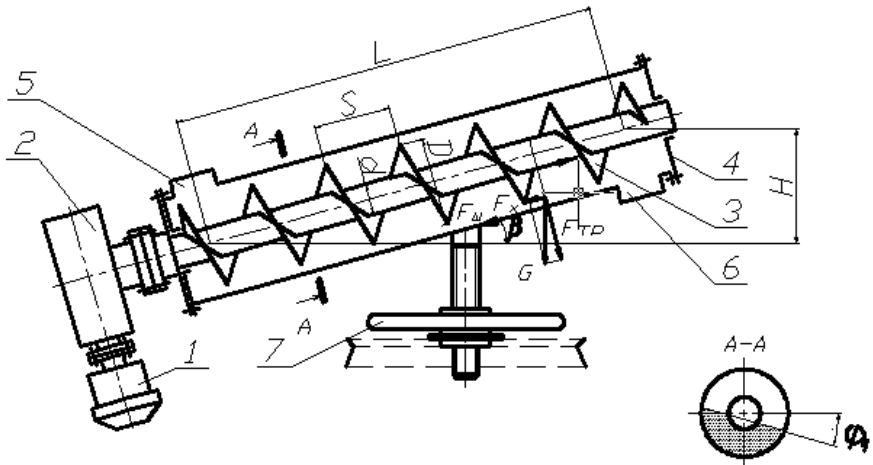


Рисунок 11.1. Схема шнекового питателя

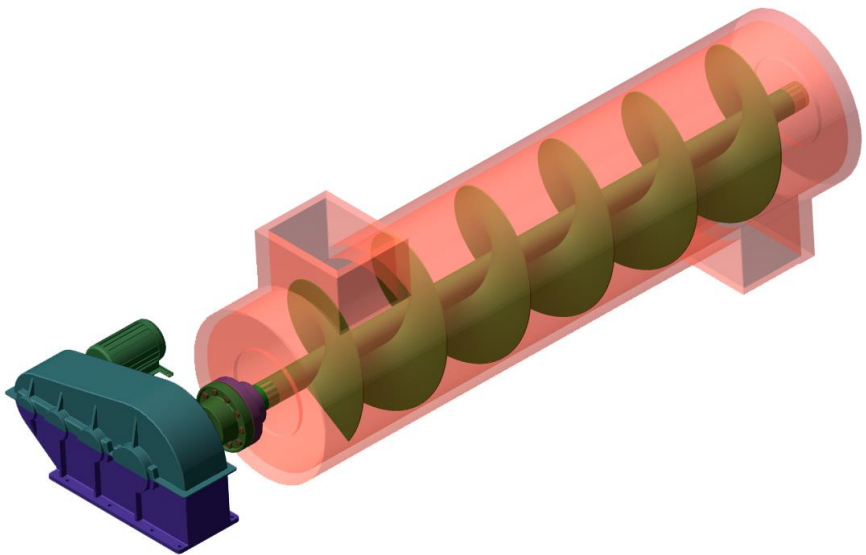


Рисунок 11.2. Трехмерная модель шнекового питателя

На рис. 11.2 представлена трехмерная модель шнекового питателя.

В зависимости от целевого назначения питателя применяют шнеки:

- со сплошной винтовой поверхностью (для перемещения мелкокусковых и сыпучих материалов);
- ленточные, имеющие винтовую поверхность, изготовленную из узкой стальной полосы, которая укреплена на валу с зазором (для одновременного транспортирования и перемешивания материала);
- лопастные, состоящие из установленных на валу по винтовой линии лопастей (для одновременного транспортирования, разрыхления и перемешивания);
- фасонные, с вырезами по наружной кромке винтовой поверхности (для транспортирования и перемешивания слежавшихся материалов).

Подшипниковый узел крепления вала шнека, воспринимающий осевые нагрузки от шнека, в горизонтальных питателях включает упорный и радиальный подшипники. В наклонных питателях этот узел воспринимает еще и нагрузку от осевой составляющей силы тяжести шнека. Противоположный конец вала шнека опирается на радиальный подшипник.

К недостаткам шнековых питателей относятся: высокий удельный расход энергии на транспортирование; повышенный износ винта и корпуса, чувствительность к перегрузкам, ведущая к образованию скоплений материала внутри корпуса.

#### *Последовательность выполнения работы*

1. Ознакомиться с описанием работы.
2. Изучите конструкцию шнекового питателя по лабораторной установке.
3. Начертите кинематическую схему шнекового питателя.
4. Кратко опишите устройство и принцип действия шнекового питателя.

**Контрольные вопросы:**

1. По каким классификационным признакам отличаются шнековые питатели?
2. Что такое шаг шнека, и как он влияет на производительность питателя?
3. Какие конструктивные изменения необходимо внести в подшипниковые узлы шнекового питателя при установке его под углом  $\beta > 0$ ?
4. Для перемещения каких материалов целесообразно применять данный питатель?

## **Изучение конструкции и принципа действия пластинчатого питателя**

*Цель работы:* изучить конструкцию, область применения и принцип действия пластинчатого питателя.

*Оборудование:* горизонтальный пластинчатый питатель, измерительный инструмент.

### **ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И НАЗНАЧЕНИЕ ПЛАСТИНЧАТОГО ПИТАТЕЛЯ**

Пластинчатые питатели служат для непрерывного транспортирования крупнокусковых, абразивных, горячих материалов в дробильное и другое технологическое оборудование, а также для выдачи кусковых материалов из бункеров. Такие питатели изготавливаются для тяжелых, средних и легких условий работы при транспортировании материалов крупностью до 1,3; 0,5 и 0,2 м соответственно. Тяговым элементом питателя является одна или две цепи, грузонесущим - жесткий металлический настил, состоящий из отдельных пластин (поэтому питатель и называется пластинчатым), движущийся по направляющим. Действие динамических нагрузок на тяговые цепи ограничивает скорость их движения обычно до 1,25 м/с.

Преимуществами пластинчатых питателей являются:

- возможность транспортирования тяжелых крупнокусковых и горячих грузов;
- высокая производительность (до 120 м<sup>3</sup>/ч);
- плавный ход;
- возможность непосредственной загрузки (самопитание из бункеров без применения дополнительных питателей).

К недостаткам пластинчатых питателей относятся:

- высокая металлоемкость;
- сложность эксплуатации и ремонта из-за большого числа шарнирных соединений деталей цепей.



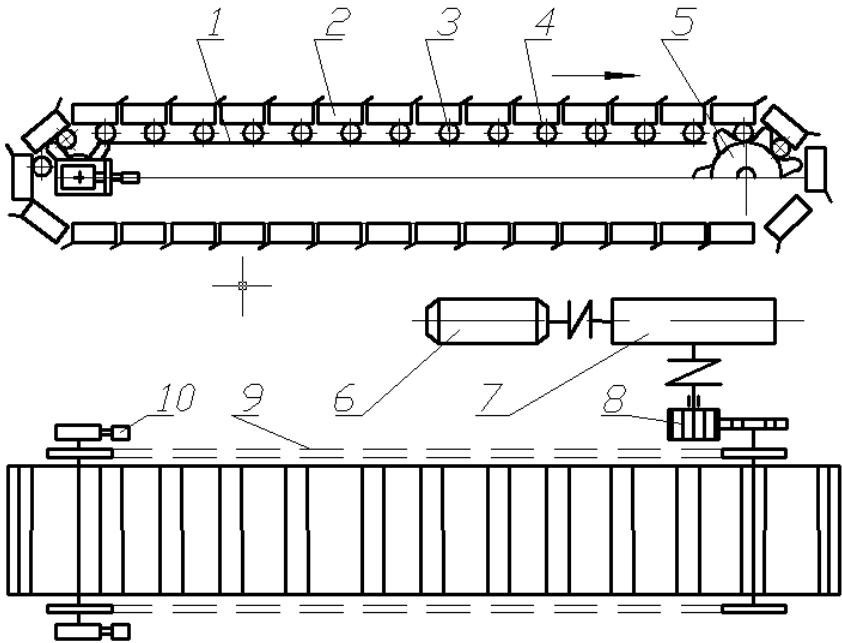
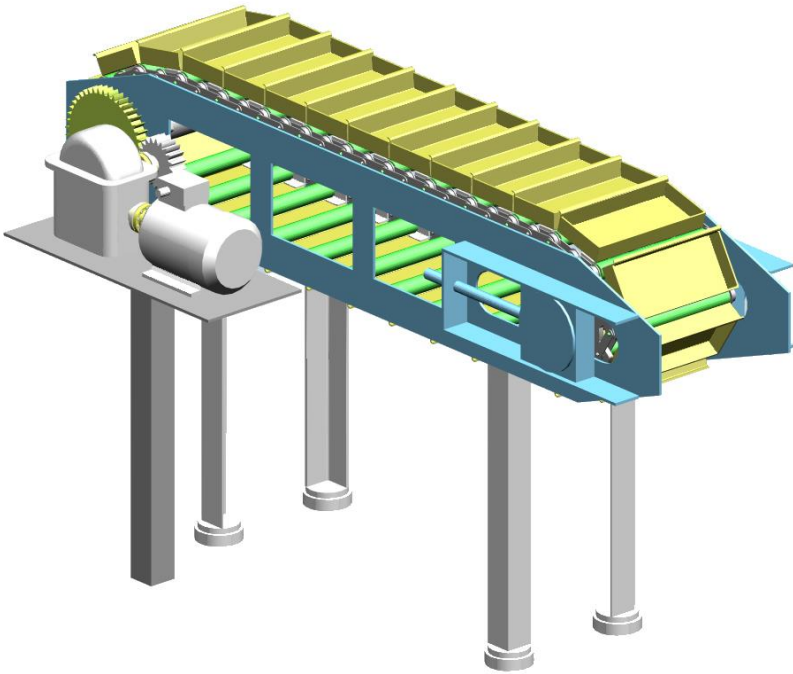


Рисунок 12.1. Схема пластинчатого шпателя

Пластинчатый питатель (см. рис. 12.1 и рис. 12.2) устанавливается на раме, по концам которой смонтированы две звездочки (на загрузочном конце - натяжная звездочка с винтовым натяжным устройством 10, на разгрузочном - приводная звездочка 5). Бесконечный грузонесущий орган, состоящий из пластин с бортами 2 прикреплен к двум тяговым цепям 1, которые огибают концевые звездочки и находятся в зацеплении с их зубьями. Тяговые цепи 1 снабжены опорными роликами 4, они соединяются с пластинами посредством пальцев 3 и движутся по направляющим путям 9 вдоль продольной оси конвейера. Привод питателя осуществляется от электродвигателя 6 через редуктор 7 и цилиндрическую зубчатую передачу 8.



**Рисунок 12.2. Трехмерная модель пластинчатого питателя**

*Последовательность выполнения работы*

1. Ознакомиться с описанием работы.
2. Изучите конструкцию пластинчатого питателя по лабораторной установке.
3. Начертите кинематическую схему пластинчатого питателя.
4. Кратко опишите устройство и принцип действия пластинчатого питателя.

**Контрольные вопросы:**

1. Назначение и область применения пластинчатых питателей.
2. Из каких составных частей состоит питатель?
3. Что является грузонесущим элементом питателя?
4. Каковы достоинства и недостатки пластинчатого питателя?

## **Изучение конструкции и принципа действия вибрационного грохота**

*Цель работы:* изучить конструкцию, область применения и принцип действия вибрационного грохота.

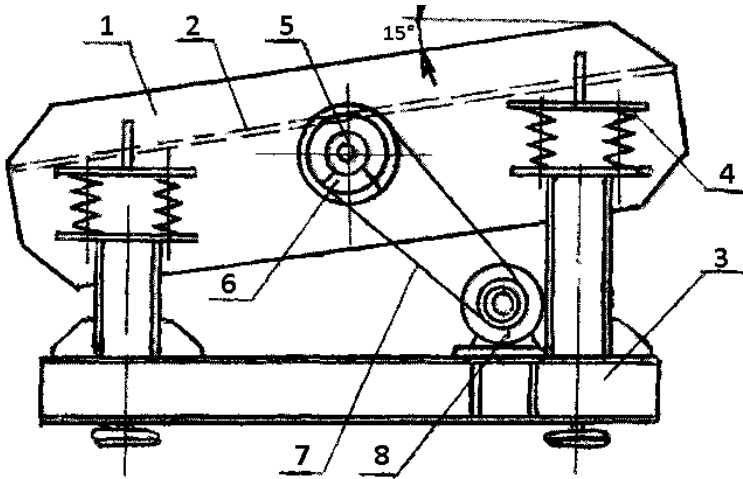
*Оборудование:* вибрационный грохот, измерительный инструмент.

В зависимости от размеров и плотности сортируемых материалов различают легкие, средние и тяжелые грохоты. Легкие грохоты применяют в основном в угольной промышленности, средние и тяжелые грохоты - в промышленности строительных материалов. Наибольшее распространение получили инерционные грохоты с круговыми и направленными колебаниями. Частота и амплитуда колебаний просеивающей поверхности выбирается такой, чтобы обеспечивался периодический отрыв частиц материала от поверхности во время продвижения к разгрузочному концу. При этом величина амплитуды и частоты колебаний, обеспечивающая максимальную производительность, эффективность и способность к самоочищению просеивающей поверхности, считается оптимальной. Обычно амплитуда колебаний для наклонных вибрационных грохотов принимается равной 2-5 мм, частота колебаний просеивающей поверхности составляет 25-50 колебаний в секунду.

К достоинствам вибрационных грохотов относятся высокая эффективность грохочения и производительность, к недостаткам - высокие динамические нагрузки на опоры и невозможность установка грохота в зданиях выше первого этажа, на высоких строительных конструкциях и т.п. из-за совпадения частот собственных и вынужденных колебаний, возникновения резонанса и как следствие - разрушение зданий.

Грохот (рис. 13.1, 13.2) состоит из тяжелого футерованного короба 1, внутри которого размещены колосниковые решетки 2. Короб установлен на опорную раму 3 и опирается на нее через амортизационный блок 5. Основным узлом грохота является вибровал

5, смонтированный в пыленепроницаемой трубе, которая выполняет роль поперечной связи короба. Концы трубы служат корпусами роликоподшипников и закрыты торцевыми крышками. На концевых цапфах вала установлены шкивы с дебалансами. Один шкив приводится во вращение от электродвигателя 8 через клиноременную передачу 7.



**Рис. 13.1. Схема инерционного колосникового грохота:**

- 1 – короб грохота; 2 – просеивающие поверхности; 3 – рама грохота;  
4 – амортизационный блок; 5 – дебалансный вал; 6 – подшипниковый узел;  
7 – ременная передача; 8 – двигатель.

### *Последовательность выполнения работы*

1. Ознакомиться с описанием работы.
2. Изучите конструкцию виброгрохота по лабораторной установке.
3. Начертите кинематическую схему виброгрохота.
4. Кратко опишите устройство и принцип действия виброгрохота.

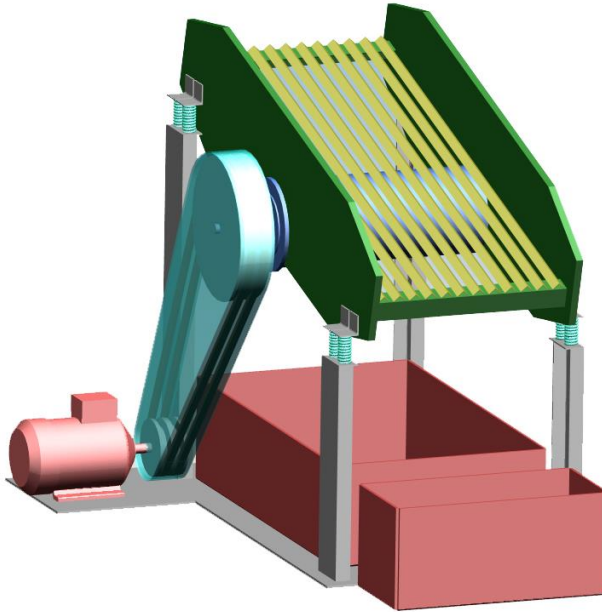


Рисунок 13.2. Трехмерная модель виброгрохота

### Контрольные вопросы:

1. Для чего предназначены грохоты?
2. Что такое амплитуда и частота колебаний просеивающей поверхности грохота? Каковы их численные значения?
3. Как классифицируют вибрационные грохоты?
4. Какие принципы положены в основу их работы?

## **Изучение конструкции и принципа действия роторного бетоносмесителя циклического действия с принудительным смешиванием материала**

*Цель работы:* изучить конструкцию, принцип действия бетоносмесителя.

*Оборудование:* модель роторного бетоносмесителя, измерительные приборы.

### **Описание устройства и принципа действия роторного бетоносмесителя**

Наиболее перспективны в своем развитии, роторные бетоносмесители, у которых в качестве рабочего органа используется вращающийся вертикальный ротор с укрепленными на нем смесительными лопастями и направляющими скребками. За счет различных углов установки лопастей к направлению их движения, высоты их установки, а также за счет повышенных скоростей движения рабочего органа достигается значительная эффективность смешивания и возможность приготовления более жестких смесей.

В нашей стране освоено производство и эксплуатация смесителей роторного типа с объемом готового замеса 165...1000 л. Как показывает многолетняя практика, эти смесители достаточно хорошо зарекомендовали себя при приготовлении бетонных смесей на плотных заполнителях и цементно-песчаных смесях.

В таблице 14.1 приведены основные технико-эксплуатационные показатели роторных бетоносмесителей циклического действия, выпускаемых отечественной промышленностью.

Существенным недостатком роторных бетоносмесителей является низкая надежность узла крепления лопастей к ротору. С этой целью в последних конструкциях бетоносмесителей для крепления лопастей к ротору используется торсионная подвеска, которая упрощает конструкцию узла и делает его более надежным. Однако до

настоящего времени отсутствует необходимая методика для расчета данной конструкции крепления, а размеры торсионов приняты весьма необоснованно.

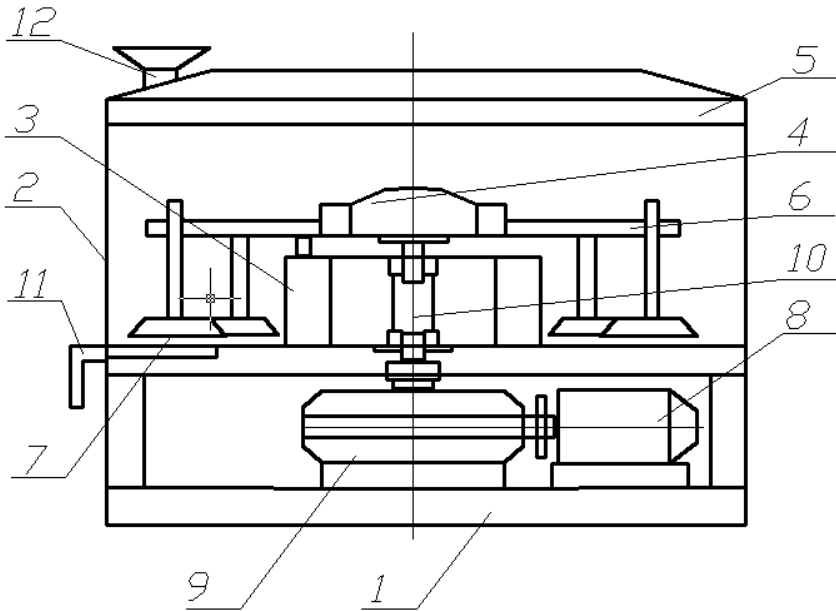


Рисунок 14.1. Роторный бетоносмеситель

Требуют изучения и исследования рабочие и конструктивные параметры ротора: частота вращения ротора, которая может быть увеличена, количество смесительных лопастей, схема их установки и форма самих лопастей.

Недостатком этих, смесителей, как и многих других, является также быстрый износ рабочих поверхностей органов - лопастей, корпуса смесительной емкости.

В данной работе в качестве лабораторной установки используется модель роторного бетоносмесителя с торсионной подвеской смесительных лопастей.

Таблица 14.1

**Техническая характеристика роторных бетоносмесителей  
принудительного действия**

Показатель	Бетоносмеситель			
	СБ-80	СБ-35	СБ-146	СБ-138А
Объем готового замеса, л	165	330	500	1000
Объем загружаемых материалов $V_6$ , л	250	550	750	1500
Производительность, $m^3/ч$	5,0	13,5	20,0	45,0
Частота вращения смесительных лопастей, $c^{-1}$	0,52	0,5	0,43	0,38
Мощность, кВт	5,5	13,7	22	37
Габаритные размеры, мм				
длина	1900	2200	2500	2880
ширина	1550	1970	2326	2690
высота	2070	1960	1600	2030
Масса, кг	1170	2000	2750	3410



Модель роторного бетоносмесителя состоит (см. рис. 14.1 и рис 14.2) из неподвижного цилиндрического корпуса-чаши 2, установленного на раме 1, крышки 5, внутренней цилиндрической обечайки 3, ротора 4 со смесительными лопастями 7, крышки чаши с патрубком 12 для загрузки компонентов смеси, затвора 11 для разгрузки готовой смеси, привода вращения ротора, состоящего из электродвигателя 8, редуктора 9 и вертикального вала 10.

Держатели смесительных лопастей соединяются с корпусом ротора при помощи торсионов 6, предохраняющих держатели лопастей и элементы привода ротора от поломок при заклинивании щебня между кромками лопастей и дном чаши. На роторе на различном расстоянии от оси его вращения попарно расположены шесть смесительных лопастей, что позволяет равномерно «прорабатывать» смесь по всей ширине кольцевого пространства между наружной и внутренней обечайками чаши.

Смеситель работает следующим образом: при вращающемся роторе через загрузочный патрубок подаются отдозированные компоненты смеси. Вращающийся ротор с помощью смесительных лопастей в кольцевом пространстве чаши осуществляет смешивание всех компонентов. Готовая смесь выгружается через отверстие, имеющееся в дне чаши.

#### *Последовательность выполнения работы*

1. Ознакомиться с описанием работы.
2. Изучите конструкцию роторного бетоносмесителя по лабораторной установке.
3. Начертите кинематическую схему роторного бетоносмесителя.
4. Кратко опишите устройство и принцип действия роторного бетоносмесителя.

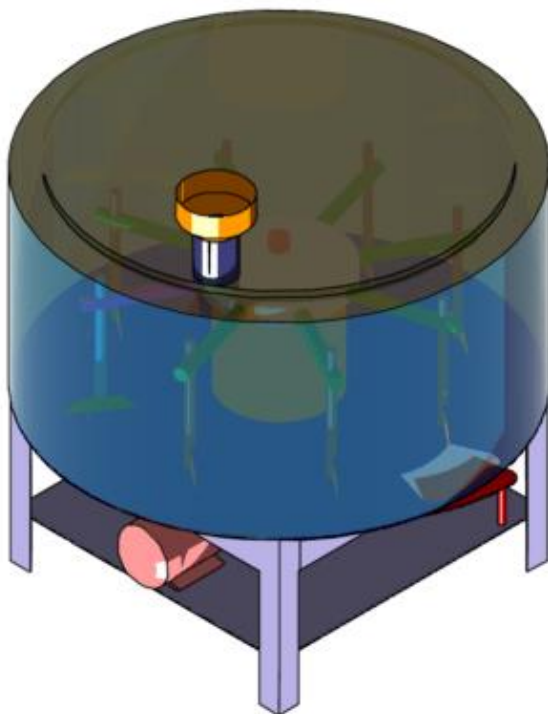


Рисунок 14.2. Трехмерная модель роторного бетоносмесителя

### Контрольные вопросы:

1. Назначение и принцип работы роторного бетоносмесителя циклического действия с принудительным смешиванием материала.
2. Перечислите все виды существующих бетоносмесителей, их достоинства и недостатки.
3. Из каких основных узлов состоит бетоносмеситель?

## **Изучение конструкции, принципа действия конусной дробилки**

*Цель работы:* изучить назначение, конструкцию и принцип действия конусной дробилки.

*Оборудование:* конусная дробилка, измерительные приборы.

### **Область применения, принцип действия, классификация конусных дробилок**

Наибольшее распространение конусные дробилки (КД) получили в горнорудной промышленности. В промышленности строительных материалов КД применяют для крупного, среднего и мелкого дробления горных пород с пределом прочности на сжатие  $\sigma_{сж} < 250$  МПа при производстве заполнителей бетона. Они чаще всего устанавливаются после щековых дробилок.

Материал в конусных дробилках измельчается раздавливанием, раскалыванием, изгибом и истиранием между наружным неподвижным, и внутренним подвижным конусами.

Дробление материала происходит непрерывно, а зона дробления последовательно перемещается вдоль окружности конусов. Материал непрерывно разгружается под действием силы тяжести по всей длине окружности.

Конусные дробилки классифицируют по следующим признакам:

1. Технологическое назначение:

- конусные дробилки для крупного дробления (ККД);
- конусные дробилки для среднего дробления (КСД);
- конусные дробилки для мелкого дроблений (КМД).

Типоразмер ККД характеризуется шириной загрузочного отверстия  $B$  и разгрузочного  $b$ . Размеры  $B$  и  $b$  измеряются вдоль радиуса между крайними точками футеровки соответственно в верхней и нижней частях конусов при их максимальном удалении. В зависимости от значения параметра  $b$ , в ККД загружаются куски

материала размером 1,2...0,4 м. Для первичного дробления предназначены пять типоразмеров ККД: 500/75, 900/140, 1200/150, 1500/180, 1500/300. Для вторичного дробления. 500/60, 700/75, 900/100.

КСД и КМД выпускают двух типов: для грубого дробления - с короткой зоной параллельности и широкой выходной щелью (КСД-Гр); для среднего дробления - с такой же длиной зоны параллельности, но меньшей шириной выходной щели (КСД-Т), например, КСД - 1200 Г; КСД – 2200 Т; КМД - 1750 Гр; КМД - 2200 Т.

Применяются аналогичные конструкции КМД и КСД, они отличаются лишь тем, что КМД имеет меньшую высоту подвижного конуса и большую длину зоны параллельности. КСД по ГОСТ 6937-81 в зависимости от диаметра подвижного конуса выпускают шести типоразмеров: 600, 900, 1200, 1750, 2200, 3000.

КМД выпускают пяти типоразмеров: 1200, 1750, 2200, 2500, 3000.

Максимальный размер куска  $(38...100) \cdot 10^{-3}$  и при ширине выходного отверстия  $(3...15) \cdot 10^{-3}$  м.

Техническая характеристика КМД представлена в табл. 15.1. Отличительной особенностью ККД является то, что рабочая камера образована конусами, направленными большими основаниями в противоположные стороны (неподвижного - вверх, подвижного - вниз, рис. 15.1), у КСД и КМД рабочая камера образована конусами, большие основания которых направлены в одну сторону - вниз (см. рис. 15.1). Причем подвижный конус у ККД имеет угол при вершине около  $20^\circ$ , а у КСД и КМД – более  $60...170^\circ$ .

## 2. Конструктивное исполнение.

Различают дробилки с подвешенным валом, дробилки инерционные и дробилки с консольным валом, которые делятся, в свою очередь, на:

- нормальные;
- средние;
- короткоконусные.

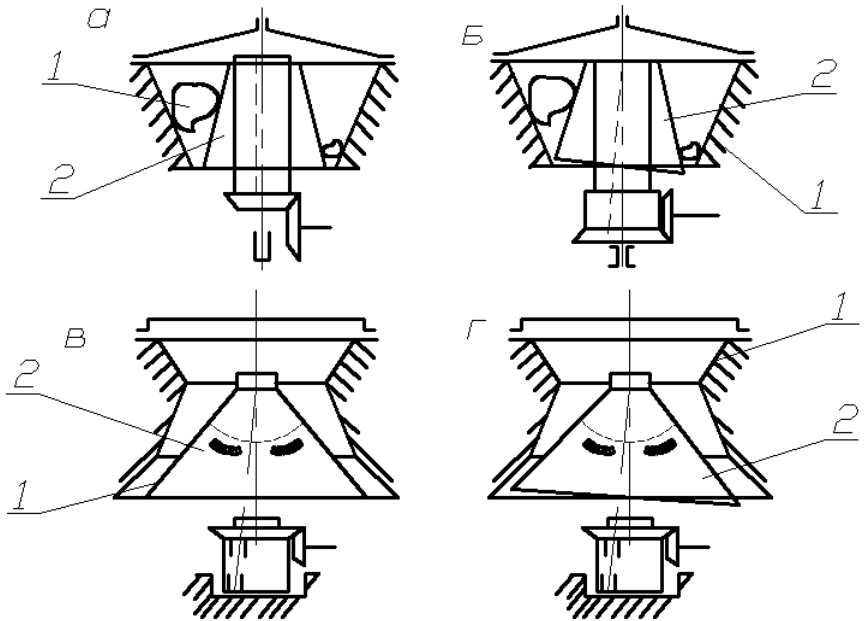


Рисунок 15.1. Схемы конусных дробилок

### Конструкция конусной дробилки

Дробилки с консольным валом (рис. 15.2) применяются для мелкого и среднего дробления (размер кусков -  $(38...300) \cdot 10^{-3}$  м). Ширина загрузочного отверстия у них значительно меньше, чем в дробилках крупного дробления. Указанные дробилки применяются в основном для вторичного дробления.

В конусных дробилках (см. рис. 15.1) раздавливание кусков материала происходит между внешним конусом 1 и внутренним 2 путем нажатия внутреннего конуса на материал. Конус при этом или совершает качания относительно неподвижной точки (см. рис.15.1,б), или перемещается по круговой траектории, совершая поступательные движения (см. рис. 15,1,а). При указанных движениях внутреннего конуса образующие конусов то сближаются, то удаляются друг от друга. При сближении конусов материал дробится, а при удалении - опускается вниз.

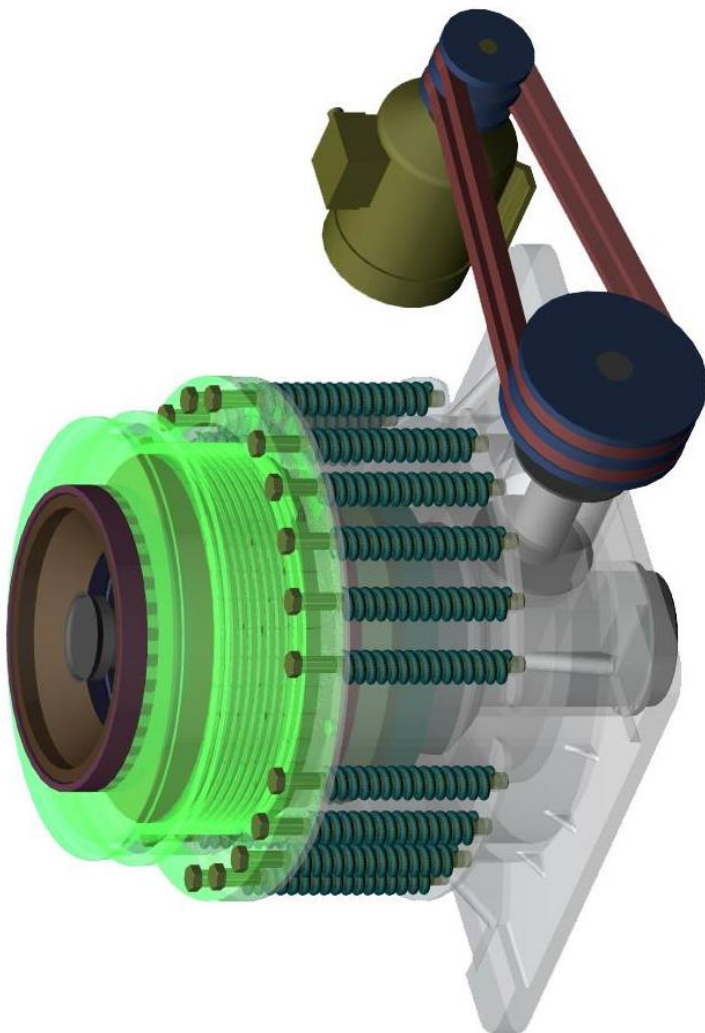


Рисунок 15.2. Трехмерная модель конусной дробилки для среднего и мелкого дробления

Таблица 15.1

## Технические характеристики конусных дробилок

Показатель	Тип Дробилки											
	КМД-1200Гр	КМД-1200Т	КМД-1750Гр	КМД-1750Т	КМД-2200Гр	КМД-2200Т	КМД-2200Т	КМД-2500	КМД-3000Т	КМД-2200А	КМД-2200Б	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Диаметр основания дробящего конуса, м	1,2	1,2	1,75	1,75	2,2	2,2	2,2	2,5	3,0	2,2	2,2	
Ширина загрузочного отверстия, м	0,1	0,05	0,13	0,08	0,14	0,1	0,085	0,14	0,12	0,1	0,1	
Ширина загрузочной щели, м	5...15	3...12	9...20	5...15	10...200	5...15	7...15	7...20	6...20	5...15	5...15	
Наибольший размер кусков в питании, м	0,08	0,04	0,1	0,07	0,11	0,085	0,075	0,11	0,1	0,185	0,05	
Частота вращения конуса, мин <sup>-1</sup>	260	260	260	260	242	242	205-308	200	185	269	269	
Производительность, м³/ч	45	27	95-130	85-110	220-260	160-220	120-150	95-250	300*	190*	190*	
Масса дробилки без электрооборудования, т	23,4	23,4	47,5	47,6	90,5	87,3	87,5	145	212	93,5	96,0	

\* При минимальной ширине загрузочной щели

Конусная дробилка среднего дробления представлена на рис. 15.1, в, а дробилка мелкого дробления - на рис. 15.1, г.

Работа конусной дробилки подобна работе щековой дробилке. За первую половину качания внутреннего конуса, когда он приближается к внутренней поверхности наружного конуса, материал будет дробиться: за вторую половину качания, т.е. при отходе внутреннего конуса, раздробленный материал будет выпадать, в то время как материал, расположенный на другой стороне, будет подвергаться измельчению. Измельченный материал под действием силы тяжести скользят вниз, к выходному отверстию. Дробление в конусной дробилке происходит непрерывно при последовательном перемещении зоны дробления по окружности.

#### *Последовательность выполнения лабораторной работы*

1. Ознакомиться с описанием работы.
2. Изучите конструкцию конусной дробилки среднего дробления по лабораторной установке.
3. Начертите кинематическую схему конусной дробилки среднего дробления.
4. Кратко опишите устройство и принцип действия конусной дробилки среднего дробления.

### **Контрольные вопросы:**

1. По каким признакам классифицируются конусные дробилки? Для каких из перечисленных материалов можно использовать конусные дробилки: известняк, гранит, щебень, мел, клинкер?
2. В чем заключается преимущество КД по сравнению с щековыми дробилками?
3. За счет каких видов силового воздействия происходит разрушение материалов в КД?
4. Какие технические решения используются в КД для предохранения их от поломки в случае попадания недробимых материалов в рабочее пространство?



## ПРИЛОЖЕНИЯ

## Приложение 1

**Значения объемной массы, пределов прочности и  
модуля упругости некоторых материалов**

Материал	Объемная масса (в кусках), кг/м <sup>3</sup>	Предел прочности при сжатии, МПа	Модуль упру- гости $E \cdot 10^5$ , МПа
Необожженная глина влажностью, %:			
3...9	1800...2000	2... 6	-
15...27	1700... 1800	0,7... 0,8	-
20...25	1700	0,2... 0,3	-
Красный кирпич (в т. ч. бой)	1600... 2100	7,5... 15	-
Шамотные изделия	1700...2100	100	-
Мел	1600... 2000	1...15	-
Мергель:			
мягкий	1900	12... 30	-
плотный	2000... 2500	50... 100	-
Глинистый сланец	1200	25...40	11...19
Известняк:			
мягкий	1400	40... 60	35 ... 50
прочный	2700	100...120	35...50
особо прочный (кварциты, прониты)	3100	200... 380	-
Гранит	2600	120...160	51,5...61,4
Мрамор	2800	55...150	56,5... 70
Трепел, туф, опока	-	15 ...30	-
Доменный шлак	2700	15	-
Каменный уголь	800... 850	7...24	-

## Приложение 2

## Физико-механические характеристики насыпных материалов

Материал	Характеристика		Поверхность трения
	Объемная плотность, $1 \cdot 10^3$ , кг/м <sup>3</sup>	Коэффициент трения	
1	2	3	4
Глина:			
сухая	1... 1,8		
крупнокусковая			
сухая	0,7...1,5		
мелкокусковая			
сухая порошкообразная	0,4...1,28	0,75...1,00	Сталь
сырая	1,65... 1,8	-	
мокрая	1,9...2,0	-	-
Глинозем порошкообразный	1,02... 1,07	0,42... 0,54	Сталь
»	-	0,45... 0,53	Дерево
»	-	0,46... 0,48	Резина
»	-	0,48... 0,54	Бельтинг
»		0,5	Бетон
Гравий	1,5...2,0	0,58...1,00	Сталь
Гравий дробленый	1,52	-	-
Гипс (W=20...30%)	0,38...0,42	0,61... 0,78	Сталь
»	-	0,70... 0,82	Резина
»	-	0,45...0,55	Бетон
Известняк:			
крупнокусовой	1.6...2,00	-	-
среднекусовой	1,47...1,5	-	-
мелкокусовой	1,3	0,56...1,0	Сталь
»	-	-	Дерево
»	-	-	Резина
»		-	Бельтинг
Известь:			
негашеная	0,64...0,85	-	-
гашеная	0,32...0,63	0,35	Сталь
шламовая	0,64	0,6	Сталь

1	2	3	4
Песок:			
крупный	1,4...1,9	-	-
мелкий	1,23...1,65	-	-
средний	-	0,32...0,80	Сталь
»	-	0,46...0,56	Резина
»	-	0,47...0,80	Бельтинг
»	-	0,58...0,84	Бетон
Портландцемент	0,96... 1,60	0,3...0,65	Сталь
»	-	0,7...0,74	Бельтинг
»	-	0,30..0,40	Дерево
»	-	0,64	Резина
»	-	0,58	Бетон
Шлакопортландцемент	0,9...1,2	-	-
Шамот:			
кусовой	1,3	-	-
молотый	1,1...1,5	-	-
Щебень	1,32...2,00	0,47...0,73	Сталь
»		0,30...0,60	Дерево
Битый кирпич	1,07	-	-
Клинкер	1,28...1,52	-	-
Порошкообразный мел	0,95...1,2	-	-

**Таблица соотношений международной системы единиц СИ с единицами других систем**

Наименование величин	Обозначение в системе СИ	Соотношение единиц
Объемный расход	м <sup>3</sup> /с	$1\text{ м}^3/\text{мин}=1/60\text{ м}^3/\text{с}=16,67\cdot 10^{-3}\text{ м}^3/\text{с}$ $1\text{ м}^3/\text{ч}=1/3600\text{ м}^3/\text{с}=277,78\cdot 10^{-6}\text{ м}^3/\text{с}$ $1\text{ см}^3/\text{с}=1\cdot 10^6\text{ м}^3/\text{с}$ $1\text{ л}^3/\text{мин}=16,7\cdot 10^{-6}\text{ м}^3/\text{с}$ $1\text{ л}^3/\text{ч}=277,78\cdot 10^{-9}\text{ м}^3/\text{с}$
Массовый расход	кг/с	$1\text{ кг}/\text{мин}=16,67\cdot 10^{-3}\text{ кг}/\text{с}$ $1\text{ кг}/\text{ч}=277\cdot 10^{-6}\text{ кг}/\text{с}$ $1\text{ т}/\text{ч}=0,28\text{ кг}/\text{с}$
Время	с	$1\text{ с}=1/60$ $\text{мин}=1/3600\text{ ч}=1/86400\text{ сут}=3,17\cdot 10^{-8}\text{ год}$
Плоский угол	рад	$1\text{ рад}=57^{\circ}17'14''$ $1\text{ об}=360^{\circ}=2\cdot \pi\cdot \text{рад}=6,28\text{ рад}$
Линейная скорость	м/с	$1\text{ м}/\text{мин}=16,7\cdot 10^{-3}\text{ м}/\text{с}$ $1\text{ км}/\text{ч}=0,28\text{ м}/\text{с}$ $1\text{ м}/\text{с}=3,58\text{ км}/\text{ч}$
Угловая скорость	рад/с	$1\text{ об}/\text{с}=2\cdot \pi\cdot \text{рад}/\text{с}=6,28\text{ рад}/\text{с}$ $1\text{ об}/\text{мин}=\pi/30\cdot \text{рад}/\text{с}=0,105\text{ рад}/\text{с}$ $1\text{ мин}^{-1}=1/180\text{ рад}/\text{с}=0,0174\text{ рад}/\text{с}$
Частота вращения	с <sup>-1</sup>	$1\text{ об}/\text{мин}=1/60\text{ об}/\text{с}=0,017\text{ об}/\text{с}$
Момент силы	Н·м	$1\text{ Гсм}=9,81\cdot 10^{-5}\text{ Н}\cdot\text{м}$ ; $1\text{ кг}\cdot\text{см}=9,81\text{ Н}\cdot\text{м}$
Крутящий момент	Н·м	$1\text{ дин}\cdot\text{см}=10^{-7}\text{ Н}\cdot\text{м}$
Работа	Дж	$1\text{ эрг}=1\text{ дин}\cdot\text{см}=10^{-7}\text{ Дж}$ $1\text{ эрг}\cdot\text{кг}=3,704\cdot 10^{-6}\text{ л.с}\cdot\text{ч}=9,81\text{ Дж}$ $1\text{ л.с}\cdot\text{ч}=2,65\cdot 10^6\text{ Дж}$ $1\text{ Дж}=1\text{ Н}\cdot\text{м}=378\cdot 10^9\text{ л.с}\cdot\text{ч}$
Мощность	Вт	$1\text{ Вт}=10^{-7}\text{ эрг}/\text{с}$ ; $1\text{ Вт}=0,102\text{ кгс}\cdot\text{м}/\text{с}$ $1\text{ Вт}=1,36\cdot 10^{-3}\text{ л.с.}$ ; $1\text{ Вт}=0,862\text{ ккал}/\text{ч}$ $1\text{ кал}=4,19\text{ Вт}$ $1\text{ кВт}=10^3\text{ Вт}=1,36\text{ л.с.}$
Коэффициент диффузии	м <sup>2</sup> /с	$1\text{ м}^2/\text{с}=10^4\text{ см}^2/\text{с}$

**Библиографический список:**

1. Сапожников М.Я. Механическое оборудование предприятий строительных материалов и конструкций / М. Я. Сапожников- М.: Высшая школа, 1971. - 382 с.
2. Дроздов Н.Е. Механическое оборудование заводов сборного железобетона / Н.Е. Дроздов, М.И. Журавлев - М.: Стройиздат, 1975. - 276 с.
3. Борщевский А.А. Механическое оборудование для производства строительных материалов и изделий/ А.А. Борщевский, А.С. Ильин - М.: Высшая школа, 1987. - 326 с.
4. Клушанцев Б.В. Машины и оборудование для производства щебня, гравия и песка / Б.В. Клушанцев, П.С. Ермолаев, А.А. Дудко.- М.: Машиностроение, 1986. - 67 с.
5. Андреев С.Е. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых / С.Е. Андреев, В.В. Зверевич, В.А. Петров,- М.: Госгортехиздат, 1961. - 378 с.
6. Бауман В.А. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций / В.А. Бауман, Б.В. Клушанцев, В.Д. Мартынов. - М.: Машиностроение, 1981. - 324 с.
7. Сапожников М.Я. Справочник по оборудованию заводов строительных материалов / М.Я. Сапожников, Н.Е. Дроздов,- М.: Стройиздат, 1970. - 478 с.
8. В.С. Богданов, Н.П. Несмеянов и др. Процессы помола и классификации в производстве цемента. Учебное пособие. Белгород, БелГТУ им. В. Г. Шухова, 2004г.
9. В.С. Богданов, Н.П. Несмеянов, Е.Ф. Катаев. Механическое оборудование предприятий промышленности стройматериалов. Дробильное оборудование. Учебное пособие. - Белгород: БелГТАСМ, 2000. - 100 с.
10. В.С. Богданов, Н.П. Несмеянов, В.Г. Дмитриенко и др. Мельницы сверхтонкого измельчения. Учебное пособие. Белгород, БелГТУ им. В.Г. Шухова, 2004.
11. В.С. Богданов. Шаровые барабанные мельницы. Учебное пособие. Белгород, БелГТАСМ, 2004.

12.Богданов В.С. Основы расчета машин и оборудования предприятий строительных материалов и изделий: учебник / В.С. Богданов, Р.Р. Шарапов, Ю.М. Фадин и др. – Старый Оскол: ТНТ, 2013. – 680 с.

13.Несмеянов Н.П. Механическое оборудование общего назначения предприятий строительных материалов и изделий: Ч.1. Дробильное оборудование: учебное пособие / Н.П. Несмеянов, В.С. Богданов, В.А. Уваров и др. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. 104 с.

14.Несмеянов Н.П. Механическое оборудование общего назначения предприятий строительных материалов и изделий: Ч.2. Помольное оборудование: учебное пособие / Н.П. Несмеянов, В.С. Богданов, П.С. Горшков и др. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. 176 с.

Учебное издание

**Александрова Елена Борисовна**  
**Бражник Юлия Викторовна**  
**Несмеянов Николай Петрович**  
**Горшков Павел Сергеевич**

## **ИСТОРИЯ ТЕХНИКИ**

Учебное пособие

Подписано в печать 17.02.13 Формат 60×84/ 16 Усл.печ.л. 5,0  
Уч.-изд.л Тираж 100экз. Заказ Цена

Отпечатано в Белгородском государственном технологическом университете  
им. В.Г. Шухова  
308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46