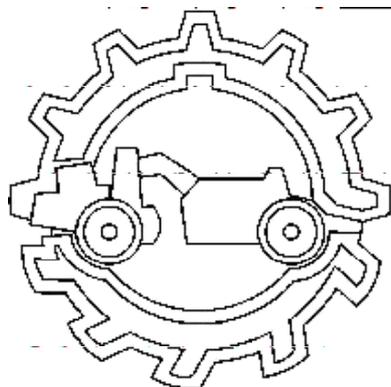


407-  
2021

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
“Воронежский государственный технический университет”



**Кафедра строительной техники  
и инженерной механики им.  
профессора Н.А. Ульянова**

# **СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ**

*Методические указания  
к выполнению лабораторных работ  
для студентов направлений подготовки УГСН  
23.00.00 «Техника и технологии наземного транспорта» и  
08.00.00 «Техника и технологии строительства»,*

Воронеж - 2021

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра строительной техники и инженерной механики  
им. профессора Н.А. Ульянова

В.А. Жулай, Л.Х. Шарипов

## **СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ**

### **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к выполнению лабораторных работ  
для студентов направлений подготовки УГСН 23.00.00  
«Техника и технологии наземного транспорта» и  
08.00.00 «Техника и технологии строительства»

Воронеж 2021

УДК 621.879.3(072)

Составители В.А. Жулай , Л.Х. Шарипов

Методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов направлений подготовки УГСН 23.00.00 «Техника и технологии наземного транспорта» и 08.00.00 «Техника и технологии строительства» / Воронежский ГТУ.; сост.: В.А. Жулай, Л.Х. Шарипов – Воронеж, 2021. – 29 с.

Методические указания содержат 6 лабораторных работ по строительным машинам”. Целью лабораторных работ является закрепление и углубление теоретических знаний и приобретение практических навыков.

Предназначены для студентов направлений подготовки УГСН 23.00.00 «Техника и технологии наземного транспорта» и 08.00.00 «Техника и технологии строительства».

Табл. 2 . Ил. 10 . Библиогр.: 5 назв.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Воронежского государственного технического университета

Рецензент – заведующий кафедрой проектирования автомобильных дорог и мостов, к.т.н., доцент Еремин А.В.

© Жулай В.А., 2021  
© Шарипов Л.Х., 2021  
© Воронежский ГТУ, 2021

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

### ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ, ПРИНЦИПА РАБОТЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЩЕКОВОЙ ДРОБИЛКИ СО СЛОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ПОДВИЖНОЙ ЩЕКИ

#### 1.1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Цель работы - изучение конструкции, принципа работы и расчет основных технологических параметров лабораторной щековой дробилки со сложным движением щеки.

#### 1.2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЩЕКОВЫХ ДРОБИЛКАХ

Щековые дробилки применяют для крупного (100 ... 350 мм) и среднего (40 ... 100 мм) дробления горных пород средней ( $\sigma_{сж} = 80 \dots 150 \text{ МПа}$ ) и большой ( $\sigma_{сж} = 250 \dots 400 \text{ МПа}$ ) прочности при производстве щебня.

Измельчение материала в щековых дробилках происходит в камере, имеющей в поперечном сечении форму клина, между подвижной и неподвижной щеками путем периодического нажатия подвижной щеки на материал.

Промышленностью выпускаются щековые дробилки с размерами приемного отверстия от 160×250 до 1500×2100 мм. Производительность их, при дроблении пород средней прочности, достигает 300 м<sup>3</sup>/ч.

Различают щековые дробилки с простым (рис. 1.1.а) и сложным (рис. 1.1,б) движением щеки.

На сварной или литой станине 1 в роликовых подшипниках установлен эксцентриковый вал 5, на который свободно надеты шатун 6 или подвижная щека 13 (15). На станине и подвижной щеке укреплены ребристые дробящие плиты 2, изготавливаемые из высокомарганцовистой стали или отбеленного чугуна. Внутренние боковые поверхности защищены от изнашивания клиньями 3, которыми присоединена к станине неподвижная дробящая плита. Дробящая плита подвижной щеки закреплена на щеке накладками 4 при помощи болтов. На концах эксцентрикового вала установлены маховики 12, предназначенные для накопления энергии во время холостого хода и для передачи ее при дроблении. Один из маховиков используется в качестве приводного шкива клиноременной передачи от электродвигателя. Для поддержания подвижной щеки в рабочем положении и передачи усилий на дробление служат распорные плиты 8 и 14. Плиты 8 являются также и предохранительными устройствами. При перегрузке дробилки они в первую очередь выходят из строя, оставляя неповрежденными более ответственные детали. Распорная плита 8 выполняется с ослабленным сечением, а иногда – из составных частей, соединяемых заклепками.

Крупность продукта дробления регулируется изменением зазора между дробящими плитами. При этом заменяют прокладки 16 между задней стенкой станины 1 и опорной подушкой 7 или используют клиновые регулировочные устройства 14 (рис. 1.1, г).

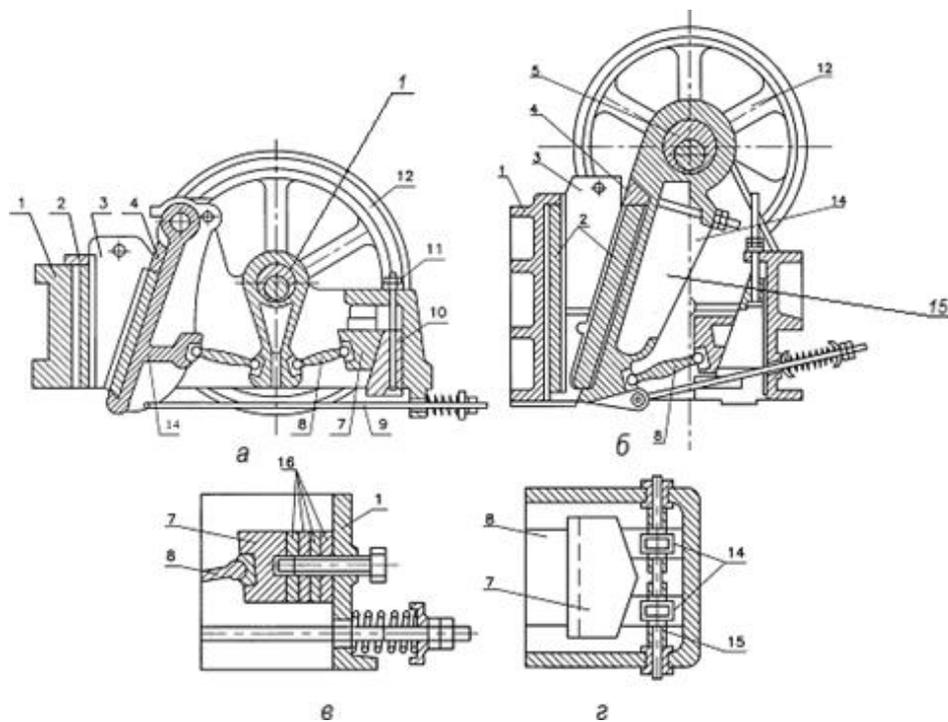


Рис. 1.1. Щековые дробилки:

*а* – с простым движением щеки; *б* – со сложным движением щеки; *в* – регулировочное устройство с прокладками, *г* – клиновое регулировочное устройство

При вращении регулировочного винта 15, имеющего правую и левую резьбы, клинья передвигаются навстречу друг к другу и смещают опорную подушку 7, а вместе с ней распорную плиту 8 и подвижную щеку в сторону уменьшения разгрузочного отверстия. Для увеличения ширины разгрузочного отверстия регулировочный винт вращают в противоположную сторону.

В другой конструкции регулировочного устройства процесс изменения величины разгрузочной щели осуществляется вращением гаек 11 (рис. 1.1, *а*), обеспечивающих подъем или опускание клина 10. При этом опорная подушка 7 перемещается по направляющим выступам боковых стенок станины и смещает распорную плиту 8 и подвижную щеку в нужном направлении. Для ускорения отхода подвижной щеки и для удержания распорных плит от выпадения служит тяга 9 с пружиной.

Угол между дробящими плитами, исключая возможность выталкивания камня из загрузочного отверстия, называется углом захвата.

Он не должен превышать двойного значения угла трения между дробимым материалом и дробящими плитами. Обычно угол захвата составляет 18–25° (в зависимости от физико-математических свойств материала).

Отношение максимальных размеров исходного ( $D_{\max}$ ) и готового продукта дробления ( $d_{\max}$ ) называется степенью измельчения  $i$ .

$$i = \frac{D_{max}}{d_{max}}$$

Степень измельчения щековых дробилок не превышает 5...6.

Максимальная крупность загружаемых в дробилки кусков составляет 80...90% ширины загружаемого отверстия.

### 1.3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1.3.1. Используя плакаты, альбомы и действующую лабораторную модель дробилки со сложным движением щеки, изучить назначение и общее устройство щековой дробилки.

1.3.2. В соответствии расчетной схеме (рис. 1.2) измерить и определить следующие параметры лабораторной дробилки:

- размеры зева  $B \times L$ , где  $B$  – ширина зева,  $L$  – длина зева;
- высоту камеры дробления  $H$ ;
- размеры разгрузочной щели при сомкнутом положении щек  $e$  и размер  $v$  – при максимальном удалении подвижной щеки от неподвижной;
- величину хода  $S_H$  подвижной щеки в нижней части;
- угол захвата  $\alpha$ ;
- частоту вращения эксцентричного вала;
- степень измельчения;
- мощность, затрачиваемая на дробление.

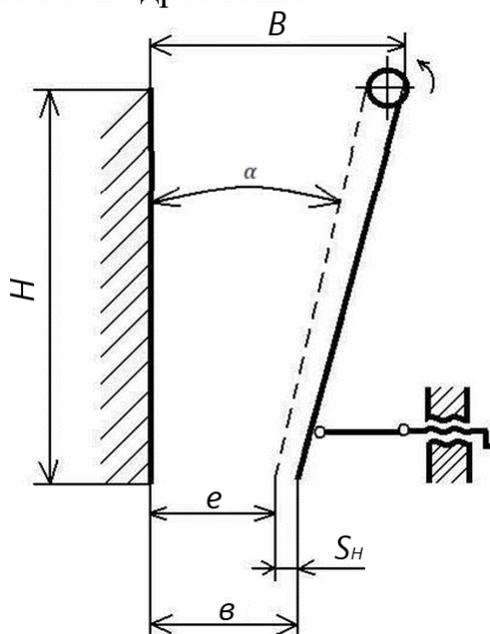


Рис 1.2. Расчетная схема щековой дробилки

Величина хода  $S_H$  (рис. 1.2) определяется по формуле

$$S_H = v - e.$$

Угол захвата  $\alpha$  определяется из отношения

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{b - e}{H}, \text{ откуда } \alpha = \operatorname{arctg} \frac{b - e}{H}.$$

Частота вращения  $n$  эксцентрикового вала дробилки определяется исходя из числа оборотов вала электродвигателя  $n_{\text{дв}}$  и передаточного числа клиноремной передачи  $i_p$ .

$$n = \frac{n_{\text{дв}}}{i_p}.$$

Степень измельчения щековых дробилок рассчитывается из отношения

$$i = \frac{0,85B}{b}.$$

Техническая производительность щековых дробилок определяется по формуле

$$\Pi_m = 6 \cdot 10^{-5} V \mu n,$$

где  $\mu$  – коэффициент, учитывающий разрыхление материала ( $\mu = 0,2 - 0,3$  для твердых пород,  $\mu = 0,4 - 0,6$  для рыхлых пород).

$n$  – частота вращения эксцентрикового вала,  $\text{мин}^{-1}$ ;

$V$  – объем призмы материала, выпадающего из дробилки за один отход подвижной щеки (пол-оборота эксцентрикового вала),  $\text{см}^3$ .

$$V = F_n L,$$

где  $F_n$  – площадь поперечного сечения призмы измельченного материала, выпадающего через разгрузочное отверстие дробилки (см. рис. 1.2),  $\text{см}^2$ .

$$F_n = (e + b)h / 2,$$

где  $h$  – высота призмы выпадающего материала,  $\text{см}$ .

$$h = \frac{S_n}{\operatorname{tg} \alpha},$$

Тогда

$$V = \frac{(e + b)S_n L}{2 \operatorname{tg} \alpha}.$$

Фактическая производительность  $\Pi_{\text{ф}}$  дробилки определяется путем замера объема материала, вышедшего из дробилки при ее работе в течение одной минуты. Полученные значения технической и фактической производительности необходимо сравнить и дать оценку.

Мощность привода дробилки рассчитывают по эмпирической зависимости,  $\text{кВт}$ :

$$N_{\text{дв}} = \frac{BL}{60}.$$

#### 1.4. ФОРМА ОТЧЕТА

1. Указывается цель работы,
2. Дается краткое описание устройства и назначения щековых дробилок с

изображением схемы модели дробилки и обозначением основных элементов.

3. Представляется расчет основных параметров дробилки и графическая зависимость производительности  $\Pi$  и степени измельчения  $i_u$  от величины размера разгрузочного отверстия в пределах 5; 10; 15; 20 мм.

4. Делаются выводы.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

### ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ, ПРИНЦИПА РАБОТЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВАЛКОВОЙ ДРОБИЛКИ

#### 2.1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является изучение конструкции, области применения и определение основных параметров двухвалковой дробилки.

#### 2.2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ВАЛКОВЫХ ДРОБИЛКАХ

Валковые дробилки измельчают материал путем раскалывания, раздавливания и истирания в пространстве между вращающимися навстречу друг другу валками. Рабочие поверхности валков выполняются с гладкой или рифленой поверхностями. При гладкой поверхности валков происходит раздавливание и истирание материала, при рифленой – раскалывание. Дробилки предназначены в основном для мелкого дробления материалов средней прочности, а также вязких горных пород, склонных к налипанию, и используются на окончательной стадии дробления в передвижных дробильно-сортировочных установках.

Отечественная промышленность выпускает валковые дробилки с гладкими и рифлеными валками диаметром от 400 до 1500 мм и шириной, составляющей 40 – 100% диаметра. Их производительность колеблется от 10 до 100 м<sup>3</sup>/ч.

Крупность продукта дробления зависит от размера выходной щели между валками и типа рабочей поверхности валков. Для приготовления щебня размером до 25 мм используют один гладкий, другой рифленый валки; для щебня размером 40 мм и более – рифленые валки. Втягивание материала между валками обеспечивается при определенном соотношении диаметра валка  $D_в$  к размеру кусков исходного материала  $D_{max}$ . Для гладких валков  $D_{max} \leq 0,05D_в$ , для рифленых валков  $D_{max} \leq 0,1D_в$ .

В валковой дробилке (рис. 2.1) вращение от электродвигателя клиноременной передачей сообщается приводному валу I, от которого зубчатой передачей 1 – неподвижному валку 2, размещенному в роликовых подшипниках, закрепленных на раме.

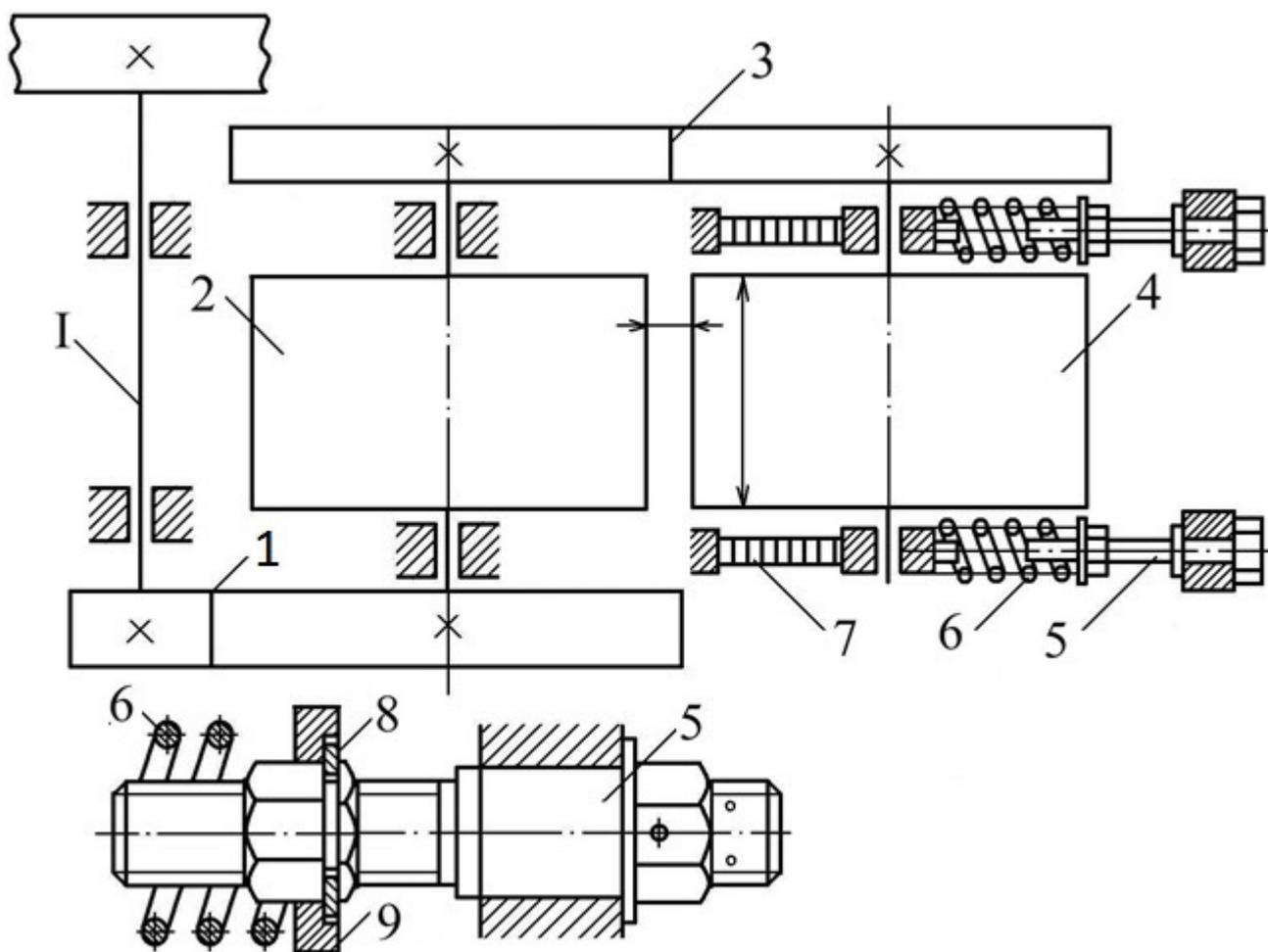


Рис 2.1. Кинематическая схема валковой дробилки

Зубчатые колеса 3 с удлиненными зубьями передают вращение на подвижный валок 4, установленный в подвижных подшипниках с предохранительными пружинами 5. Необходимое усилие дробления обеспечивается затяжкой пружин 6 при помощи винта 5. Зазор между валками изменяется сменными регулировочными прокладками 7. При попадании между валками не дробимого материала подвижный валок отходит, сжимая пружины. Если куски не дробимого материала имеют значительна размеры и отхода валка недостаточно для их выпадения, то срезаются полушайбы 8 предохранительного устройства 9.

Дробящие валки изготовляют со сменной рабочей поверхностью (бандажами) из марганцовистой стали, которые могут быть выполнены гладкими, рифлеными и зубчатыми, а зависимости от необходимого гранулометрического состава готового продукта.

### 2.3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

2.3.1. Используя плакаты, альбомы и действующую модель дробилки изучить принцип работы и устройство валковой дробилки.

2.3.2. Определить следующие параметры действующей модели двухвал-

ковой дробилки:

- размеры валков – диаметр  $D_в$  и длину  $L_в$ ;
- величину зазора между валками  $e$  и диаметр шейки вала валка  $d$ ;
- фактическую частоту вращения валков  $n_в$ ;
- производительность;
- мощность электродвигателя.

Максимальный размер загружаемых кусков для гладких валков равен

$$D_{max} \leq 0,05 D_в + e.$$

В рабочем состоянии под действием нормальных усилий дроблении предохранительные пружины деформируются, увеличивая предварительно установленный зазор примерно на 25%. Величина зазора зависит от прочности дробимого материала. Средний размер готового продукта обычно принимают равным  $d_{cp} = 1,25e$ .

Степень измельчения валковой дробилки определяется из отношения

$$i_u = \frac{0,85(0,05D_в + e)}{1,25e}.$$

Производительность валковой дробилки можно вычислить, если представить процесс дробления как движение ленты материала шириной, равной длине валка  $L_в$  и толщиной, равной ширине выходной щели. Тогда за один оборот валка объем  $V$  ленты материала, прошедшей через выходную щель, составит

$$V = \pi D_в L_в 1,25e,$$

а производительность ( $м^3/мин$ ) дробилки определится по формуле

$$П = \pi D_в L_в 1,25 e n_в.$$

Частота вращения ( $с^{-1}$ ) валков определяется по формуле

$$n_в = 102,5 \sqrt{\frac{f}{D_в \rho D_{ma}}},$$

где  $\rho$  плотность материала ( $кг/м^3$ ).

Фактическая частота вращения валков находится из учета частоты вращения вала электродвигателя  $n_э$  и передаточного числа клиноременной передачи  $i$  ( $n_в = n_э / i$ ).

Так как длина валка используется не полностью и материал выходит из дробилки в разрыхленном виде, в формулу производительности вводят коэффициент  $\mu$ , учитывающий степень разрыхленности материала: для прочных материалов  $\mu = 0,2 \dots 0,3$ , для влажных вязких  $\mu = 0,4 \dots 0,6$ .

Тогда в окончательном виде техническая производительность ( $m^3/ч$ ) валковой дробилки (линейные размеры в  $см$ ) будет равна

$$P_m = 7,5 \cdot 10^{-5} \pi D_g L_g e \mu n_g.$$

Фактическая производительность валковой дробилки определяется при непрерывной подаче материала в течение 1 мин.

Необходимая установленная мощность электродвигателя  $N_{дв}$  определяется из затрат мощности на дробление материала  $N_1$ , трение в подшипниках  $N_2$  и КПД привода  $\eta$ :

$$N_{дв} = (N_1 + N_2) / \eta.$$

При захвате валками кусков материала среднее суммарное усилие  $P_{cp}$  дробления вызывает силу трения, равную  $f P_{cp}$  (где  $f$  – коэффициент трения,  $f = 0,3...0,45$ ). Произведение этой силы на радиус вала  $R_g$  представляет собой момент силы, на преодоление которого расходуется мощность двигателя.

Произведение момента силы трения и угловой скорости вала  $\omega$  определяет мощность  $N_1$ , необходимую для дробления:

$$N_1 = \omega P_{cp} f R_g.$$

Мощность, необходимая на преодоление силы трения в подшипниках двух валков:

$$N_2 = \omega d f_1 Q,$$

где  $d$  – диаметр шейки вала;  $f_1$  – коэффициент трения качения, приведенный к валу  $f_1 = 0,001$ ;  $Q$  – нагрузка на подшипники.

С точностью вполне достаточной для практических расчетов, величину установленной мощности ( $Bm$ ) электродвигателя валковой дробилки можно определить по формуле

$$N_{дв} = 24 \sigma_{сж} n L_g R_g^2.$$

Здесь  $\sigma_{сж}$ ,  $MПа$ , (для пород малой прочности  $\sigma_{сж} = 80 MПа$ );  $n$  ( $мин^{-1}$ );  $L_g$ ,  $R_g$  ( $м$ ).

Полученную величину мощности сравнить с паспортными данными установленных на макете двигателей и дать оценку.

#### 2.4. ФОРМА ОТЧЕТА

- 1) Указывается цель работы.
- 2) Дается краткое описание области применения, общего устройства и назначения валковых дробилок.
- 3) Приводится кинематическая схема двухвалковой дробилки с обозначением основных элементов конструкции.
- 4) Представляются расчет основных параметров машины и построение графических зависимостей:

а) производительности и степени измельчения от расстояния между валками:

$$e = 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 \text{ см при } n = 600 \text{ мин}^{-1};$$

б) производительности от частоты вращения валков:

$$n_e = 200, 400, 600; 800 \text{ мин}^{-1} \text{ при } e = 1,0 \text{ см.}$$

5) Приводятся выводы.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

### ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ, ПРИНЦИПА РАБОТЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ КОНУСНОЙ ДРОБИЛКИ

#### 3.1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является изучение конструкции, области применения и определение основных параметров лабораторной модели конусной дробилки мелкого дробления.

#### 3.2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О КОНУСНЫХ ДРОБИЛКАХ

Конусные дробилки применяют для дробления прочных и высокопрочных горных пород на различных стадиях дробления.

Дробление материала в конусных дробилках осуществляется непрерывно между двумя усеченными конусами, расположенными один в другом. Дробление осуществляется при круговом (гирационном) движении внутреннего дробящего конуса. В камере дробления одновременно образуются зоны сближения (дробление) и отхода конусов (разгрузка). Обе зоны диаметрально противоположны и перемещаются по окружности – синхронно вращению эксцентриковой втулки дробилки.

Верхнее кольцообразное сечение камеры дробления – приемное отверстие, нижнее – разгрузочная щель. Наименьшее расстояние между окружностями кольца – размер выходной щели.

Конусные дробилки классифицируют по крупности дробления: крупного (ККД) – максимальный размер поступающих кусков материала  $D_{max} = 1,2...0,4 \text{ м}$ , размер выходного отверстия  $b_{max} = 0,3...0,075 \text{ м}$ ; среднего (КСД)  $D_{max} = 0,35...0,075 \text{ м}$ ;  $b_{max} = 0,06... 0,015 \text{ м}$ ; мелкого (КМД)  $D_{max} = 0,075...0,03 \text{ м}$ ,  $b_{max} = 0,015... 0,003 \text{ м}$ .

Конструктивная схема конусной дробилки мелкого дробления представлена на рис. 3.1.

Основными сборочными единицами конусной дробилки мелкого дробления являются: подвижный 1 и неподвижный 6 конусы, сферический подпятник

2, эксцентриковая втулка 3, привод 5, станина, неподвижное (опорное) кольцо 7, регулировочный механизм 8, загрузочная воронка.

Дробящий конус 1 – основной рабочий орган дробилки – включает в себя конус, насаженный на вертикальный консольный вал, футеровку и распределительную тарелку 9. Нижняя часть конуса имеет опорную шаровую поверхность, служащую для передачи усилий дробления и массы конуса сферическому подпятнику 2. Нижний консольный конец вала свободно вставляется в коническую расточку эксцентриковой втулки 3. Эксцентриковая втулка приводится во вращение приводным устройством 5, состоящим из зубчатой конической и клиноременной передач. При этом подвижный конус получает гирационное движение, а расположенная в верхней части вала распределительная тарелка 9 покачивается вместе с конусом и равномерно распределяет исходный материал по окружности приемного отверстия.

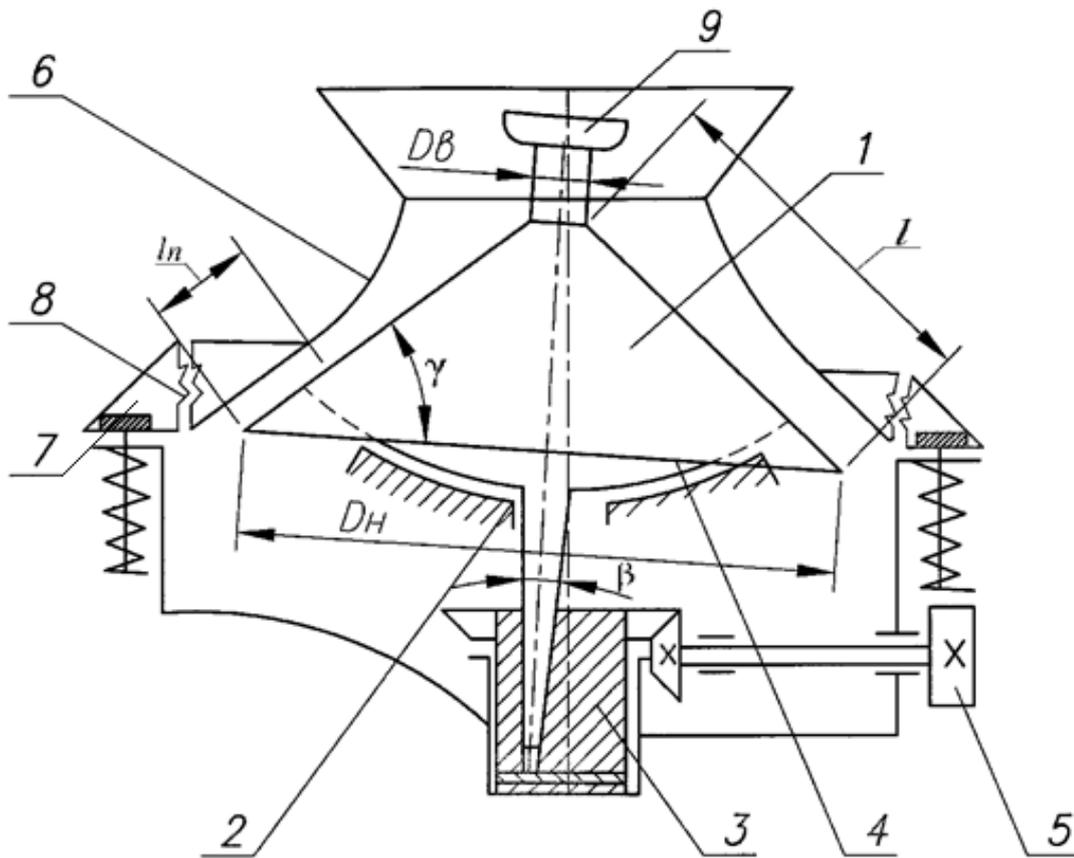


Рис 3.1. Схема конусной дробилки мелкого дробления

На верхнюю часть станины устанавливают опорное кольцо 7, прижимаемое к станине винтовыми пружинами, расположенными равномерно по окружности. На внутренней поверхности кольца нарезана резьба, в которую ввинчивается неподвижный конус 6. Пружины являются предохранительным элементом и в случае попадания не дробимого предмета позволяют отжать неподвижный конус от подвижного.

Изменение размера выходной щели дробилки осуществляется проворачиванием корпуса неподвижного конуса по резьбе с помощью специального регулировочного механизма, выполняемого в виде механического или гидравлического домкрата.

### 3.3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

3.3.1. Изучить конструкцию и принцип действия КМД на примере лабораторной модели, а также используя плакаты, альбомы, учебные материалы.

Начертить кинематическую и конструктивную (сечение по плоскости симметрии) схемы лабораторной модели дробилки, обозначить ее детали и дать краткое описание ее конструкции, принципа действия и последовательности разборки и сборки.

3.3.2. Определить следующие основные параметры действующей модели конусной дробилки мелкого дробления:

1) геометрические параметры: диаметры основания подвижного конуса –  $D_n$  и верхней части подвижного конуса –  $D_в$ ; 2) длины образующей –  $l$  и параллельной зоны –  $l_n$ ; 3) угол  $\gamma$  наклона образующей (на практике  $\gamma = 30 - 40^\circ$ ); 4) частоту вращения эксцентриковой втулки; 5) теоретическую и фактическую производительность; 6) расходуемую мощность дробилки.

Угол наклона образующей подвижного конуса к основанию  $\gamma$  находится по формуле

$$\gamma = \arccos \frac{D_n - D_в}{2l}.$$

Длина зоны параллельности  $l_n$  для дробилок мелкого дробления принимается равной

$$l_n = 0,08 D_n.$$

Частота вращения  $n_э$  ( $c^{-1}$ ) эксцентриковой втулки, используя паспортные данные приводного электродвигателя и передаточное число клиноременной и конической передач, рассчитывается по формуле

$$n = \sqrt{g(\sin\gamma - f \cos\gamma) / 2l_n};$$

где  $f = 0,35$  – коэффициент трения куска материала о поверхность конусов.

Теоретическая производительность конусной дробилки определяется по формуле,  $m^3/ч$ :

$$P_m = 3,6 \cdot 10^{-3} \mu \pi n_э b l_n D_n,$$

где  $\mu$  – коэффициент разрыхления материала,  $\mu=0,3...0,6$ ;  $b$  – ширина параллельной зоны (выходной щели),  $см$ ;  $l_n, D_n$  – в  $см$ ;  $n_э$  –  $c^{-1}$ .

Фактическая производительность дробилки определяется при работе в

течение 1 мин.

Мощность (*кВт*) дробилки КМД рассчитывается по эмпирической формуле В.Л. Олевского

$$N_{\text{дв}} = 12,6 D_n^2 n_{\text{э}},$$

где  $D_n$ , в м.

Сравнить расчетное значение  $N_{\text{дв}}$  с фактическим.

### 3.4. ФОРМА ОТЧЕТА

1. Указать цель работы.
2. Дать краткое описание области применения и устройства конусных дробилок.
3. Представить кинематическую схему конусных дробилок с обозначением основных элементов.
4. Измерить геометрические размеры рабочих органов дробилки, определить и рассчитать основные параметры машины, построить графическую зависимость производительности от размеров выходной щели при  $b = 0,5; 1,0; 1,5$  см.
5. Представить выводы.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

### ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ, ПРИНЦИПА РАБОТЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ МОЛОТКОВОЙ ДРОБИЛКИ

#### 4.1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является изучение конструкций, принципа действия (рабочего процесса), расчет основных технологических и конструктивных параметров молотковых дробилок на примере лабораторной модели.

#### 4.2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МОЛОТКОВЫХ ДРОБИЛКАХ

Молотковые дробилки относятся к дробилкам ударного действия и отличаются высокой степенью измельчения (дробления), достигающей 100, а также малой массой, незначительной стоимостью 1т перерабатываемого материала. Их удельная стоимость на единицу производительности составляет только 1/4...1/5 часть стоимости сопоставимых щековых и конусных дробилок. Потребляемая мощность, масса и размеры молотковой дробилки на единицу производительности в 2 ... 5 раз меньше, чем у щековых и конусных дробилок.

Сравнительно небольшие размеры молотковых дробилок позволяют установить их в ограниченных пространствах, например в шахтах.

Молотковые дробилки измельчают материал ударом быстровращающихся молотков, шарнирно или жестко закрепленных на роторе. Куски материала разрушаются от удара молотков, а также от удара о дробящие бронеплиты, ко-

торыми футерован изнутри корпус дробилки и от удара о колосники решеток и друг о друга. Молотковые дробилки применяют в основном для вторичного дробления хрупких неабразивных пород, пород средней прочности и мягких с естественной влажностью не более 10% (известняк, мергель, гипсовый камень, мел, асбестовая руда, сухая глина, шамот, каменный уголь). Такие дробилки обеспечивают высокую степень измельчения (10—50), но дают продукт весьма неоднородной по зерновому (гранулометрическому) составу.

*Классификация.* По технологическому назначению молотковые дробилки подразделяют на дробилки первичного и вторичного дробления — при крупности загружаемых кусков соответственно до 600 мм и 100...300 мм, а также на дробилки для крупного, среднего и мелкого дробления, а при работе в замкнутом цикле — и для помола.

При шарнирном креплении молотков и при быстром вращении ротора молотки располагаются по радиальным направлениям и дробят материал накопленной ими кинетической энергией. При ударе по куску материала молоток отклоняется. Такие дробилки называют молотковыми.

По количеству молотковые дробилки подразделяют на однороторные и многороторные. Многороторные при встречном вращении роторов называют одноступенчатыми, а при одностороннем вращении — двухступенчатыми. Однороторные дробилки бывают реверсивные и нереверсивные.

По расположению молотков молотковые дробилки подразделяют на дробилки однорядные и многорядные. У однорядных молотки на роторе располагают по окружности в одной плоскости в количестве от 2 до 8 молотков массой до 70 кг каждый. Многорядные дробилки имеют ротор, выполненный в виде набора параллельных дисков, отстоящих друг от друга на некотором расстоянии и соединенных стержнями, на которые, как на оси, надеты ряды молотков. В зависимости от количества стержней между каждой парой дисков размещается от 2 до 8 сравнительно мелких молотков (с массой от 3 до 10 кг). Всего на роторе многорядной дробилки размещают до 300 молотков. По форме молотки бывают плоские, утолщенные и П-образные.

Размер дробилки характеризуют диаметром ротора  $D_p$  и длиной ротора  $L_p$ , которые составляют от 600х450 до 2000х3000 мм. Диаметр ротора называют диаметром окружности, описываемой концами молотков. Угловая скорость ротора составляет от 30 рад/с крупных дробилок до 300 рад/с дробилок небольших размеров. Производительность наиболее крупных дробилок достигает 1000 т/ч при мощности двигателя до 400 кВт.

Молотковая дробилка (рис. 4.1) состоит из корпуса, колосниковой решетки и ротора. Корпус — сварной конструкции, изготовлен из листовой стали и состоит из станины 4 и крышки 11. Станина прямоугольной формы крепится к фундаменту болтами, снизу — открыта, что обеспечивает выход из дробилки измельченного материала. Продольные стенки станины соединяют стяжные болты и оси 1. На оси одеты опорные дуги 2, в прорези которых вставлены колосники 3, образующие колосниковую решетку. Колосники в сечении имеют

клиновидную форму и повернуты навстречу дробимому материалу, что облегчает процесс измельчения и предотвращает засорение отверстий. Оси дуг колосниковой решетки имеют эксцентриковые шайбы, что позволяет по мере износа колосников и внешних поверхностей молотков 5 поворотом шайб перемещать дуги с колосниками ближе к молоткам.

Молотки шарнирно подвешены на осях 6, представляющих собой стержни, пропущенные через диски 7, которые надеты на вал 9. Чтобы молотки свободно качались на осях, диски разделены кольцами 10; между молотками в парах также имеются разделительные кольца, надетые на оси молотков. Ротор в сборе имеет 6 рядов молотков по 12 штук в ряду. Вал ротора опирается на роликовые подшипники 15, корпуса которых закреплены на выносных стойках, и вращается от электродвигателя через упругую муфту 16.

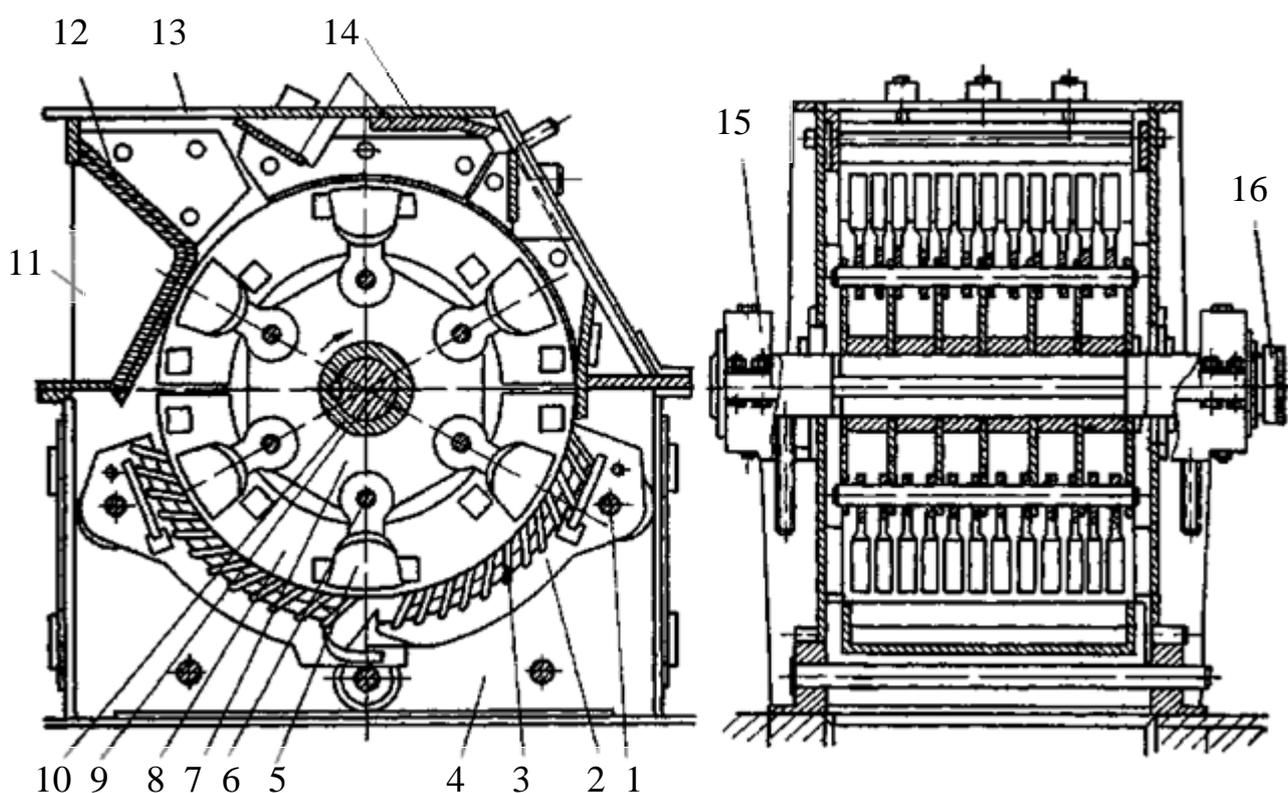


Рис 4.1. Конструкция однороторной молотковой дробилки

В крышке корпуса имеется приемное отверстие 13, через которое материал поступает в дробилку, продвигаясь по приемному лотку 12. К крышке корпуса прикреплены отражательные плиты 14, а все внутренние поверхности корпуса, подверженные абразивному износу, защищены футеровкой 8.

После включения двигателя и набора ротором соответствующего числа оборотов в дробилку равномерно подают материал. Молотки разбивают куски материала, отбрасывают их на отражательные плиты, при ударе о которые материал продолжает измельчаться, и додрабливают его на колосниковой решет-

ке. Передвигая колосниковую решетку, изменяют зазор между колосниками и молотками, что позволяет менять степень измельчения и крупность готового продукта.

### 4.3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

4.3.1. Используя плакаты, альбомы и действующую модель дробилки изучить принцип работы и устройство молотковой дробилки.

4.3.2. Определить следующие параметры действующей модели молотковой дробилки:

- размеры ротора – диаметр  $D_p$  (м) и длину  $L_p$  (м).
- фактическую угловую скорость ротора  $\omega_p$  (рад/с);
- производительность молотковой дробилки ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) при  $D_p > L_p$  и при  $D_p < L_p$  соответственно по формулам

$$P = (0,36 \dots 0,54) D_p^2 L_p \omega_p \quad \text{и} \quad P = (0,36 - 0,54) D_p L_p^2 \omega_p$$

– мощность двигателя по эмпирической формуле, кВт:

$$N_{дв} = 1,34 D_p^2 L_p \omega_p.$$

### 4.4. ФОРМА ОТЧЕТА

- 1) Указать цель работы.
- 2) Дать описание области применения, общего устройства и назначения молотковых дробилок.
- 3) Представить кинематическую схему молотковой дробилки с обозначением основных элементов конструкции.
- 4) Измерить размеры геометрических параметров рабочих органов макета дробилки.
- 5) Представить расчет основных параметров машины.
- 6) Сделать выводы.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

### ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ, ПРИНЦИПА РАБОТЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВИБРАЦИОННОГО ГРОХОТА

#### 5.1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является изучение конструкции, принципа работы определение основных параметров вибрационного инерционного грохота.

#### 5.2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГРОХОТАХ

Для механического разделения щебня, гравия, песка и других сыпучих материалов на классы по крупности применяются сортировочные машины – грохоты, рабочим органом которых является подвижная просеивающая поверхность. Машины для механической сортировки классифицируют по следующим признакам: а) по типу просеивающей поверхности – на колосниковые, штампованные и плетеные; б) по характеру движения просеивающей поверхности – на неподвижные, качающиеся, вибрационные и вращающиеся; в) по форме просеивающей поверхности – на плоские и цилиндрические; г) по положению просеивающей поверхности в пространстве – на горизонтальные и наклонные.

Наибольшее распространение получили наклонные и горизонтальные вибрационные грохоты (виброгрохоты) с просеивающей поверхностью в виде плоских сит или решет. Сита представляют собой сетку с ячейками определенной формы и размера, изготовленную из плетеной проволоки, сваренных прутков или растянутых резиновых шнуров. Решето – штампованный стальной или литой резиновый лист с отверстиями. Просеивающей поверхности виброгрохотов сообщаются колебательные движения от приводного устройства. Частота и амплитуда колебаний у грохотов устанавливается в зависимости от гранулометрического состава сортируемой смеси. Частицы материала интенсивно встряхиваются колеблющейся поверхностью грохочения и, проходя сквозь ее отверстия, разделяются на классы. Часть материала, остающаяся на сите, называется верхним классом, а прошедшая через отверстия сита – нижним классом. Показателем, оценивающим полноту разделения исходного материала на классы, служит эффективность грохочения. Эффективностью грохочения называют выраженное в процентах или долях единицы весовое отношение количества зерен, прошедших сквозь отверстия сита, к количеству зерен такой же крупности, содержащихся в поступившем на грохот исходном материале. Эффективность грохочения современных виброгрохотов составляет 80...95%.

Размер отверстий сита выбирают в зависимости от максимального граничного размера зерен отделяемого нижнего класса. Виброгрохоты, как правило, имеют одно или два сита. При последовательном грохочении на  $n$  ситах получают  $n + 1$  классов сортируемого материала.

Классификация вибрационных грохотов производится по роду приводных устройств, в качестве которых применяются эксцентриковые механизмы и дебалансные вибраторы с круговыми и направленными колебаниями. Первая группа грохотов относится к эксцентриковым (гирационным), вторая – к инерционным.

Различают грохоты тяжелого типа (колосниковые), предназначенные для грубой сортировки крупнокусковых (до 1000 мм) материалов; среднего типа – для товарного грохочения материалов с кусками крупностью до 150 мм и легкого типа, применяемыми для сортировки мелких щебеночных и гравийно-песчаных-смесей.

Инерционные виброгрохоты (рис. 5.1) выполняются наклонными (угол наклона сит 10–25°) и горизонтальными.

Наклонный виброгрохот (рис 5.1, а) имеет вибровозбудитель круговых колебаний, состоящий из вала 6 с дебалансами 5. Дебалансный вал приводится во вращение от электродвигателя 3 через клиноременную передачу 4. Короб 1 с двумя ярусами сит 7 опирается на четыре вертикальные цилиндрические пружины 2.

Размеры просеивающей поверхности сит – до 1750x4500 мм, частота колебаний до 800 мин<sup>-1</sup>, амплитуда колебаний 4...4,5 мм.

Горизонтальные инерционные виброгрохоты (рис. 5.1, б, в) в качестве источника колебаний имеют вибратор с направленными колебаниями, который состоит из двух параллельно расположенных дебалансных валов 9 и 10, вращающихся навстречу друг другу с одинаковой скоростью. Один из валов вибратора приводится во вращение от электродвигателя через клиноременную передачу, а вращение другому валу от ведущего передается цилиндрическими шестернями. Вибратор смонтирован на подвижном коробе 8 с ситами. Продольная ось вибратора наклонена под углом 35...45° к поверхности сит.

Короб имеет четыре упругие опоры в виде стальных цилиндрических пружин 2 (рис. 5.1, б), установленных вертикально, или наклонных пластинчатых рессор 12 (рис. 5.1, в). Пружинные цилиндрические опоры в отличие от пластинчатых допускают несколько степеней свободы движения короба. При этом траектория перемещения короба получается эллиптической, что улучшает эффект рассеивания зерен на ситах. Эффективность грохочения и производительность машин на пружинных цилиндрических опорах выше, чем у машин с пластинчатыми рессорами в среднем соответственно на 8 и 25%.

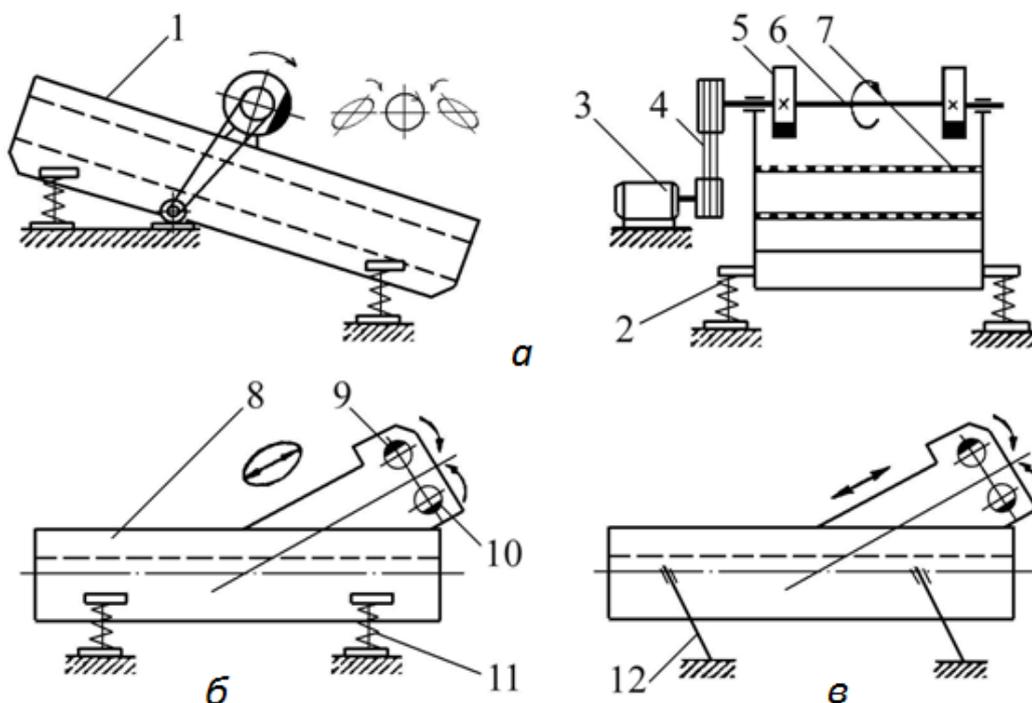


Рис. 5.1. Схемы инерционных виброгрохотов

Горизонтальные виброгрохоты имеют по два сита размерами до 1250×3000 мм, частоту колебаний 720 ... 750 мин<sup>-1</sup>, амплитуду колебаний 8 ... 12 мм.

### 5.3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

5.3.1. Используя плакаты, альбомы, учебный материал и действующую модель наклонного инерционного виброгрохота, изучить назначение, общее устройство и принцип работы виброгрохотов.

5.3.2. Определить следующие основные параметры действующей модели наклонного инерционного виброгрохота:

1) Геометрические параметры: длину –  $L$  и ширину –  $B$  (м) просеивающей поверхности, угол наклона просеивающей поверхности к горизонту –  $\alpha^\circ$ .

2) Кинематический параметр – частоту колебаний короба грохота (частота колебаний короба равна частоте вращения дебалансного вала, мин<sup>-1</sup>). Частота вращения дебалансного вала определяется из паспортной частоты вращения вала приводного электродвигателя и передаточного числа клиноременной передачи.

3) Определить количество и вид просеивающих поверхностей, размеры отверстий  $d$  в свету всех просеивающих поверхностей.

4) Рассчитать техническую производительность ( $м^3/ч$ ) виброгрохотов для отсева щебня и гравия по формуле ВНИИСтройдормаша.

$$P_m = F q \kappa_1 \kappa_2 \kappa_3 c,$$

где  $q$  – удельная производительность грохота для определенного размера отверстий сит,  $м^3/(ч \cdot м^2)$ , (табл. 5.1);  $\kappa_1$  – коэффициент, учитывающий угол наклона сита;  $\kappa_2$  – коэффициент, учитывающий процентное содержание зерен нижнего класса в исходном материале  $C_H, \%$  (табл. 5.2);  $\kappa_3$  – коэффициент, учитывающий содержание в нижнем классе зерен размером меньше половины отвести сита  $C_{0,5H}, \%$  (табл. 5.2);  $c$  – коэффициент, учитывающий неравномерность питания и зерновой состав материала (для отсева щебня наклонным виброгрохотом  $c = 0,5$ );  $F$  – площадь грохочения,  $м^2$ .

Таблица 5.1

Значения удельной производительности виброгрохотов

Размер квадратного отверстия сита, м	10	14	16	20	25	35
$q, м^3/(ч \cdot м^2)$	23	32	37	43	46	56

Таблица 5.2

Значения эмпирических коэффициентов для расчета виброгрохотов

Угол наклона сита, $\alpha$	12	15	18	21	24
$\kappa_1$	0,61	0,8	1,0	1,28	1,56
$\kappa_1'$	1,03	1,02	1,0	0,96	0,88

$C_H, C_{0,5H}, \%$	20	30	40	50	60	70	80
$\kappa_2$	0,66	0,76	0,84	0,92	1,0	1,08	1,17
$\kappa_3$	0,72	0,82	0,91	1,0	1,09	1,18	1,28
$\kappa_2'$	0,86	0,9	0,94	0,97	1,0	1,015	1,02
$\kappa_3'$	0,9	0,94	0,98	1,0	1,01	1,02	1,03

5) Рассчитать эффективность грохочения по формуле

$$E = e \kappa_1' \kappa_2' \kappa_3',$$

где  $e$  – эталонное значение эффективности грохочения (для отсева щебня наклонным виброгрохотом  $e = 0,86$ );  $\kappa_1'$  – коэффициент, учитывающий угол наклона грохота  $\alpha$ ;  $\kappa_2'$  – коэффициент, учитывающий содержание нижнего класса ( $C_H, \%$ ) в исходном материале;  $\kappa_3'$  – коэффициент, учитывающий содержание в нижнем классе зерен, размер которых меньше половины отверстия сита ( $C_{0,5H}, \%$ ).

6) Определить гранулометрический состав продукта дробления по типовым кривым для щековых дробилок (рис. 5.2) и границу разделения  $d_{gp}$  зерен, ориентировочно принимаемой в зависимости от размера ячеек сит  $d$ . Так для квадратного отверстия

$$d_{gp} = d_{кв} / 0,8.$$

Гранулометрический состав продукта дробления в соответствии с графиком (рис. 5.2) необходимо представить в виде

$0 \dots 0,5 d_2, мм,$	– $\gamma_1, \%$
$0,5 d_2 \dots 0,5 d_1, мм,$	– $\gamma_2, \%$
$0,5 d_1 \dots d_{гр2}, мм,$	– $\gamma_3, \%$
$d_{гр2} \dots d_{гр1}, мм,$	– $\gamma_4, \%$
$d_{гр1}$ и более, мм,	– $\gamma_5, \%$
Итого:	100 %

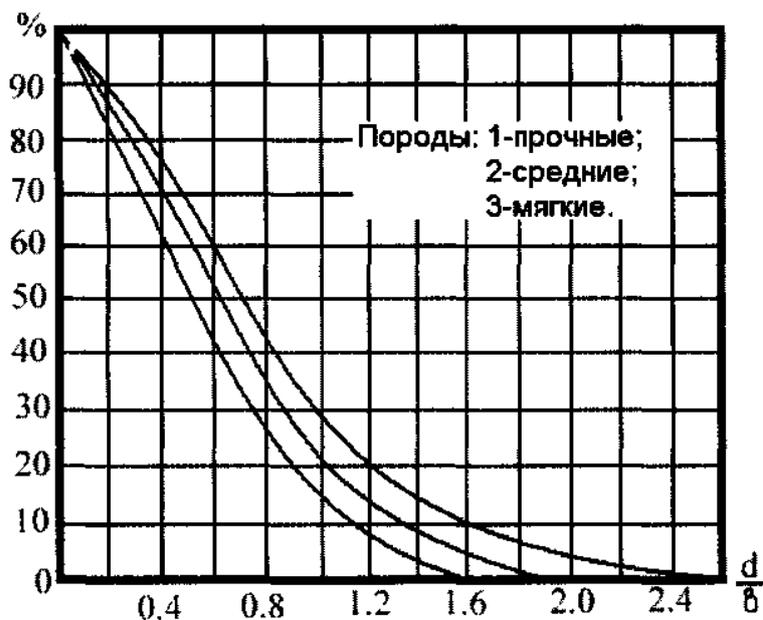


Рис. 5.2. Кривые гранулометрического состава щековых дробилок

Здесь  $d_1$ ,  $d_2$  и  $d_{гр1}$  и  $d_{гр2}$  — размеры квадратных отверстий сит в свету и границы разделения зерен соответственно верхнего и нижнего сит. Тогда процентное содержание,  $C_{н1}$  и  $C_{0,5н1}$  будет: для верхнего сита  $C_{н1} = 100 - \gamma_5$  и  $C_{0,5н1} = \gamma_1 + \gamma_2$ , для нижнего сита, с учетом эффективности грохочения на верхнем сите  $E_1$ ,  $C_{н2} = (100 - \gamma_4) / (E_1 C_{н1})$  и  $C_{0,5н2} = \gamma_1 / (E_1 C_{н1})$ .

Коэффициент загрузки нижнего сита при полной загрузке верхнего равен

$$K_{32} = \frac{\Pi_T(1 - \gamma_5)E_1}{\Pi_{T2}}$$

#### 5.4. ФОРМА ОТЧЕТА

1. Указывается цель работы.
2. Дается краткое описание устройства и принципа работы наклонного инерционного виброгрохота.
3. Измеряются и определяются основные геометрические и кинематические параметры действующей модели грохота.
4. Представляются результаты определения гранулометрического состава продукта дробления, выполненного по графику (рис. 5.2) для материала и размера разгрузочного отверстия дробилки ( $\epsilon = 40 \dots 60$  мм) по указанию преподавателя.
5. Приводятся результаты расчета производительности и эффективности

грохочения для верхнего и нижнего сит с указанием коэффициента загрузки нижнего сита при полной загрузке верхнего.

6. На основе расчётов представить графические зависимости производительности  $P_T$  и эффективности грохочения  $E_1$  от угла наклона сит –  $\alpha = 12^\circ; 15^\circ; 18^\circ; 21^\circ; 24^\circ$ .

7. Представить выводы.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6

### ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА, КОМПОНОВОЧНЫХ СХЕМ И РАБОТЫ ПЕРЕДВИЖНЫХ ДРОБИЛЬНО-СОРТИРОВОЧНЫХ УСТАНОВОК (ПДСУ)

#### 6.1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является изучение компоновочных схем ПДСУ и их принципа действия.

#### 6.2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПДСУ

Дробильно-сортировочные установки разделяют на стационарные (строятся на крупных месторождениях, обеспечивающих работу завода в течение минимум 25 лет) и передвижные, которые наиболее применимы в дорожном и аэродромном строительстве. Они представляют собой комплект дробильно-сортировочного и транспортирующего оборудования, установленного на прицепных платформах на пневмоколесном ходу. Все агрегаты ПДСУ снабжены площадками для обслуживания и винтовыми домкратами, на которые они опираются при эксплуатации. Управление оборудованием, как правило, дистанционное с общего пульта, смонтированного в кабине агрегата управления. Последний снабжен кондиционером, обогревателями и осветителями. Кабина защищает оператора от воздействия шумов, пыли и вибрации.

Передвижные дробильно-сортировочные установки по производительности подразделяются на три основные группы: малой (до 12  $m^3/ч$ ), средней (до 50  $m^3/ч$ ) и большой (более 50  $m^3/ч$ ) производительности.

ПДСУ малой производительности применяются при ремонте и строительстве автомобильных дорог местного значения. Конструкцию установки с одностадийным дроблением с замкнутым циклом рассмотрим на примере ПДСУ СМД–106 (рис. 6.1).

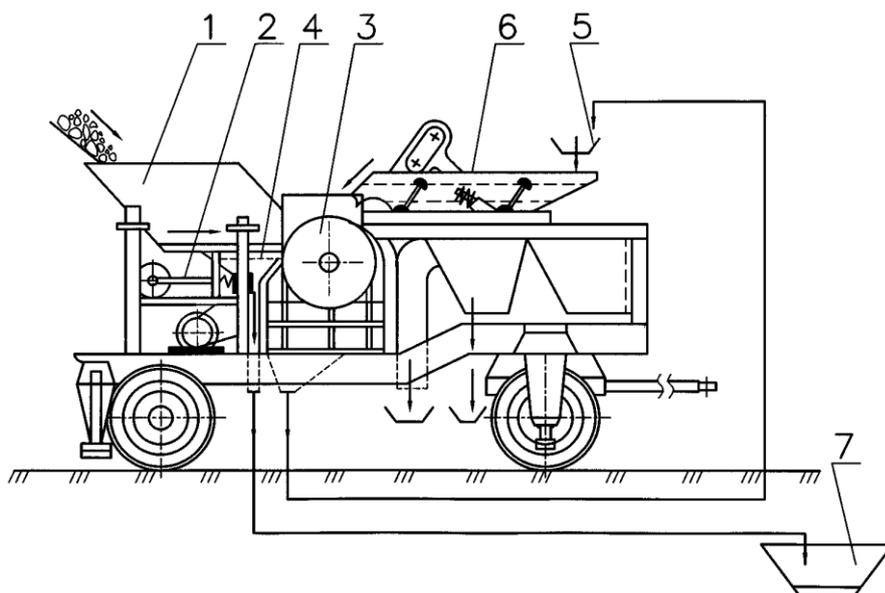


Рис 6.1. Компоновочная схема ПДСУ СМД-106

Предназначенный для дробления и сортировки материал загружается в бункер 1, откуда лотковым питателем 2 подается в щековую дробилку 3. Питатель снабжен просеивающей решеткой 4 для предварительного грохочения перед дробилкой. Измельченный в дробилке и прошедший через колосниковый грохот материал по ленточному конвейеру 5 поступает на горизонтальный двухситный виброгрохот 6. Надрешетный материал направляется на доизмельчение в дробилку 3, а остальной разделяется на ситах по фракциям и подается в бункер 7 для готовой продукции. Все вышеперечисленное оборудование расположено на раме, снабженной пневмоколесными тележками. В процессе работы рама опирается на домкраты, так как эластичность пневмоколесного хода вызывает нежелательную вибрацию.

В установках средней производительности обычно используется многостадийная схема дробления в замкнутом цикле (рис. 6.2). В отличие от первой схемы, в ней надрешетный материал после дробления в щековой дробилке направляется в конусную дробилку 8, работающую в замкнутом цикле.

ПДСУ большой производительности применяются при большом объеме работ — строительстве магистральных автомобильных дорог. Они позволяют обеспечить комплексную механизацию технологического процесса дробления и сортировки. На рис. 6.2 и 6.3 представлены технологические схемы ПДСУ двух- и трехстадийного дробления щебня.

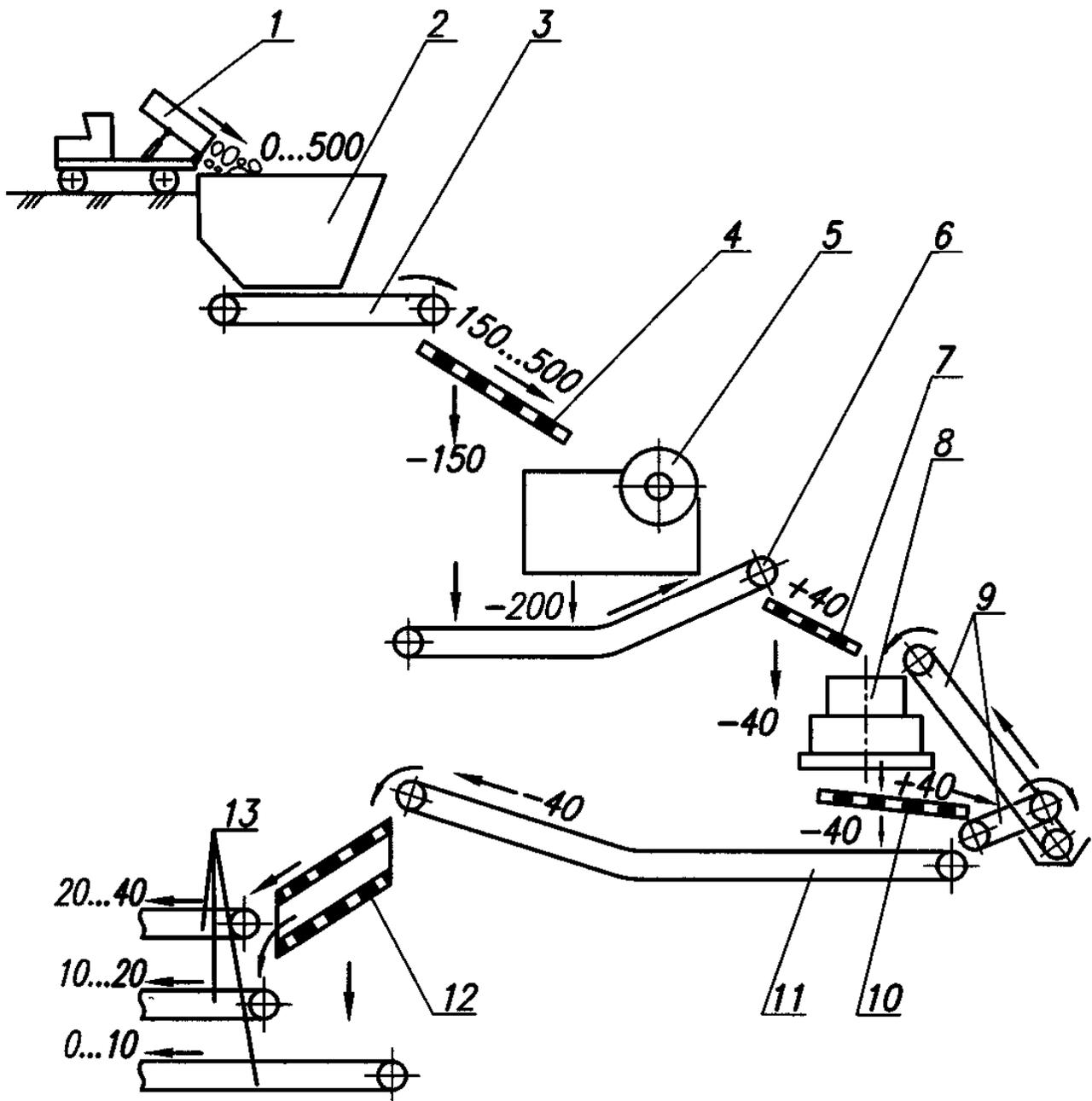


Рис.6.2. Технологическая схема двухстадийного дробления нерудных строительных материалов с замкнутым циклом

1 – автосамосвал; 2 – бункер для исходного материала; 3, 6, 9, 11, 13 – конвейеры; 4 – грохот предварительного грохочения; 5 – щековая дробилка; 7, 10 – грохоты промежуточного грохочения; 8 – конусная дробилка среднего дробления; 12 – грохоты товарного грохочения

Передвижные дробильно-сортировочные установки изготовляют как с приводом от двигателей внутреннего сгорания, устанавливаемых автономно на каждом агрегате, так и с многомоторным электрическим приводом.

Производительность ПДСУ определяется согласованной работой отдель-

ных агрегатов, увязанных по производительности,

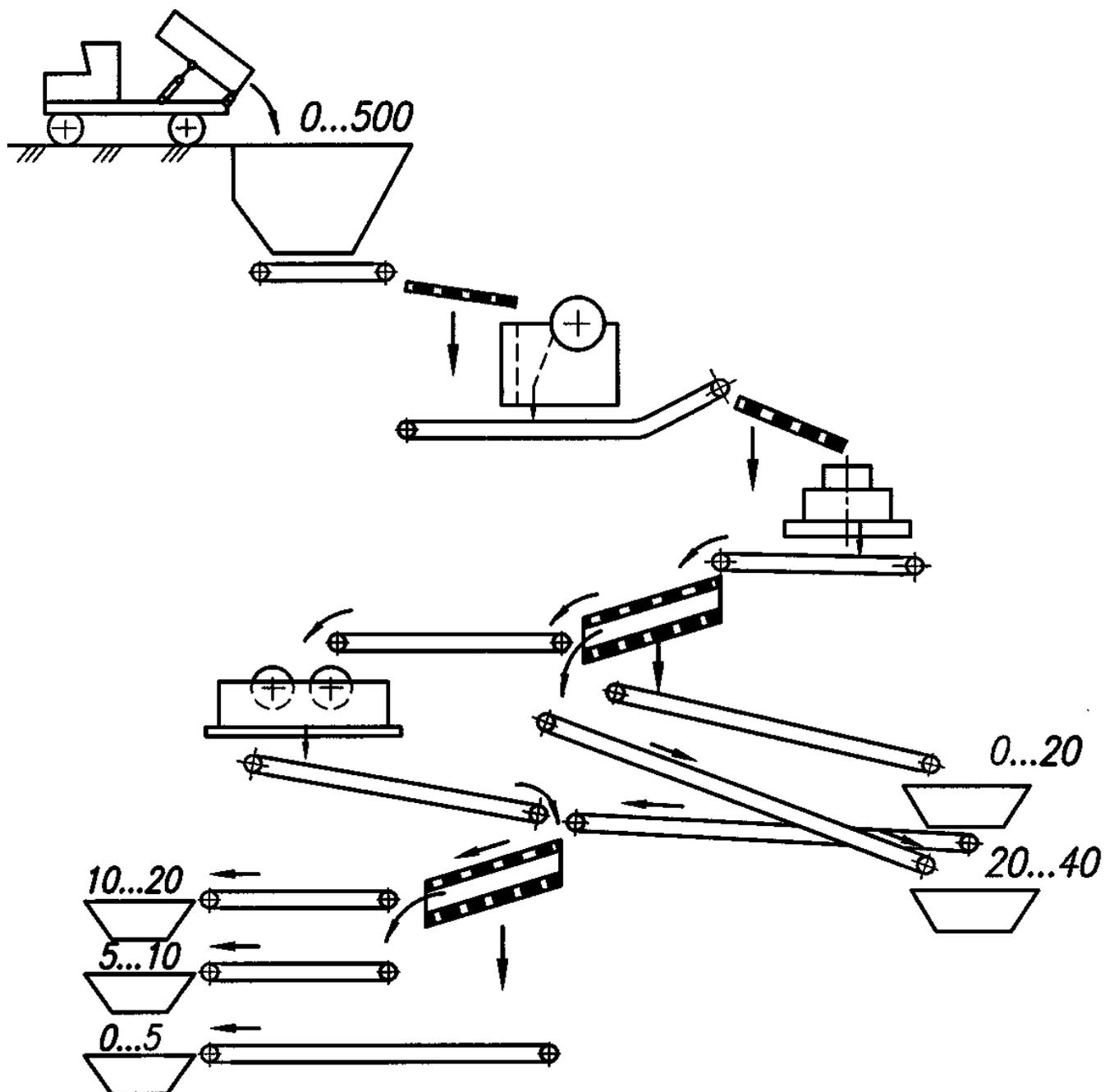


Рис.6.3. Технологическая схема трехстадийного дробления нерудных строительных материалов с открытым циклом с использованием последовательно щековой конусной и валковой дробилок

### 6.3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

6.3.1. Используя методические указания, плакаты, альбомы, изучить на-

значение, общее устройство и схемы работ ПДСУ и заводов.

6.3.2. По заданию преподавателя выполнить одну из технологических схем дробления (рис. 6.2 или 6.3) с указанием размеров исходного материала и готового продукта дробления на всех стадиях с назначением и названием всего технологического оборудования при заданных преподавателем значениях степени измельчения на разных стадиях.

#### 6.4. ФОРМА ОТЧЕТА:

– указывается цель работы.

– дается краткое описание общего устройства, принципа действия конкретной технологической схемы ПДСУ с обозначением всего оборудования и с указанием размеров продукта дробления после каждой дробилки по заданию преподавателя.

– представляются выводы.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клушанцев Б.В., Косарев А.И. Муйземнек Ю.А. Дробилки. Конструкция, расчет, особенности эксплуатации М.: Машиностроение» 1990 - 320 с.
2. Строительные машины: Справочник 2т. Т.1: Машины для строительства промышленных, гражданских сооружений и дорог / Под общ. ред. Э.Н.Кузина. - М.: Машиностроение, 1991. - 496 с.
3. Теория, конструкция и расчет строительных и дорожных машин/ Под ред. Д.А. Гобермана. - М.: Машиностроение, 1979. - 407 с.
4. Добронравов С.С. Сергеев В.П. Строительные машины. - М.: Высшая школа. 1981. - 320 с.
5. Шарипов Л.Х. Технологические схемы и оборудование дробильно-сортировочных предприятий: выбор, расчет: Учебное пособие. Воронеж: Изд-во ВГУ. 1996. - 184 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Лабораторная работа № 1</b> .....	3
Изучение конструкции, принципа работы и определение основных параметров щековой дробилки со сложным качанием подвижной щеки	
<b>Лабораторная работа № 2</b> .....	7
Изучение конструкций, принципа работы и определение основных параметров валковой дробилки	
<b>Лабораторная работа № 3</b> .....	11
Изучение конструкции, принципа работы и определение основных параметров конусной дробилки	
<b>Лабораторная работа № 4</b> .....	14
Изучение конструкции, принципа работы и определение основных параметров молотковой дробилки	
<b>Лабораторная работа № 5</b> .....	17
Изучение конструкции, принципа работы и определение основных параметров вибрационного грохота	
<b>Лабораторная работа № 6</b> .....	23
Изучение устройства, компоновочных схем и работы передвижных дробильно-сортировочных установок (ПДСУ)	
Список использованной литературы.....	28