

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Горные работы»

ДОБЫЧА И ПЕРЕРАБОТКА ГОРНЫХ ПОРОД

Методические указания по выполнению курсового проекта для
студентов специальности 1-51 02 01
"Разработка месторождений полезных ископаемых"

Учебное электронное издание

М и н с к 2 0 1 2

УДК 622.35:622.7

А в т о р ы :

С.А. Федотова

Р е ц е н з е н т ы :

И.П. Бабак, генеральный директор ОАО «Доломит»;

Г.А. Таяновский, доцент кафедры «Горные машины», кандидат технических наук, доцент

В методических указаниях изложен алгоритм подбора и расчета оборудования, необходимого для переработки горных пород для получения нерудных строительных материалов. Приведены необходимые расчетные формулы и справочные материалы. Представлены примеры расчета производительности дробилок. Методические указания предназначены для студентов очной и заочной форм обучения, магистрантов, аспирантов, преподавателей, инженерных работников, изучающих вопросы, связанные с механической переработкой строительных горных пород.

Белорусский национальный технический университет
пр-т Независимости, 65, г. Минск, Республика Беларусь
Тел.(017)293-92-34 факс (017)292-71-82
E-mail: fgde@bntu.by
Регистрационный № БНТУ/ФГДЭ58-70.2012

© Федотова С.А., 2012

© Федотова С.А., компьютерный дизайн, 2012

© БНТУ, 2012

Содержание

Введение.....	4
1. Общие принципы построения технологических линий переработки строительных горных пород.....	6
1.1.Переработка изверженных и метаморфических пород.....	7
1.2.Переработка неоднородных по прочности карбонатных пород (известняки, доломиты).....	9
1.3.Переработка прочных однородных известняков.....	10
1.4.Переработка гравийно-песчаных пород.....	11
1.5.Совместная работа дробилок и грохотов.....	13
2.Основное оборудование для переработки строительных горных пород.....	15
2.1.Щековые дробилки	15
2.2.Конусные дробилки	17
2.3.Роторные дробилки	20
2.4.Оборудование для грохочения	22
3.Алгоритм расчета.....	30
3.1.Обоснование выбора типовой технологической схемы переработки горной породы.....	30
3.2.определение степени дробления и номинальной крупности дробленых продуктов.....	30
3.3.Определение ширины загрузочных и разгрузочных щелей дробилок.....	32
3.4.Выбор и расчет оборудования I стадии дробления	33
3.5.Выбор и расчет оборудования II стадии дробления	35
3.6.Выбор и расчет оборудования III стадии дробления	37
Заключение	38
Список использованных источников	39
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	40
Приложение 1.....	40
Приложение 2.....	41
Приложение 3.....	42
Приложение 4.....	42

Введение

Основными задачами курсового проектирования являются выработка навыков творческого мышления и умения применять обоснованные в технико-экономическом отношении решения инженерных задач; закрепление знаний, полученных ранее; формирование профессиональных навыков, связанных с самостоятельной деятельностью будущего специалиста; приобщение к работе со специальной и нормативной литературой; привитие практических навыков применения методик расчетов, типовых проектов, стандартов и других нормативных материалов; оформление проектных материалов (четкое, ясное, технически грамотное и качественное литературное изложение пояснительной записки и оформление графического материала проекта).

Курсовой проект по дисциплине «Добыча и переработка горных пород» предусмотрен учебным планом подготовки горных инженеров по направлению «Открытие горные работы специальности 1-51 02 01 «Разработка месторождений полезных ископаемых». В Республике Беларусь подавляющее число полезных ископаемых, добываемых открытым способом, относится к строительным горным породам – это горные породы, которые используются для производства нерудных строительных материалов (бутовый камень, щебень, гравий, песок и др.). На долю промышленности нерудных строительных материалов приходится примерно 7 % основных производственных фондов республики. Растущие темпы жилищного, дорожного и промышленного строительства значительно увеличили спрос на строительные горные породы. С учетом вышеизложенного объектом курсового проектирования в дисциплине «Добыча и переработка горных пород» являются технологические схемы переработки строительных горных пород. Отличительная особенность проекта – использование для расчета данных по свойствам горных пород, которые студенты собирают в ходе производственной практики.

В теории и практике открытых горных работ на месторождениях строительных горных пород к настоящему времени наметилось ряд важных направлений совершенствования добычи и переработки полезных ископаемых. К ним можно отнести определение условий

эффективной и безопасной работы оборудования, комплексное использование разрабатываемых горных пород, совершенствование технологических схем переработки полезных ископаемых. При проектировании технологических схем переработки строительных горных пород необходимо тщательно анализировать принимаемые решения с точки зрения ресурсосбережения: необходимо учитывать требования по снижению энергозатрат на переработку горных пород и повышению качества получаемых материалов.

Высокое качество проектов – это залог быстрого и экономного строительства и эффективной эксплуатации заводов по переработке строительных горных пород, разумной организации труда и быта людей, сохранения природы. Это важнейшее средство реализации единой технической и экономической стратегии. В каждом проекте необходимо искать пути снижения капитальных затрат и себестоимости продукции, сокращения сроков строительства, повышения производительности труда и рентабельности производства, ориентируясь на новейшую технику, передовую технологию и организацию работ. При этом весьма важно обеспечить улучшение условий работы трудящихся, безопасность всего предприятия, а также более рациональное и комплексное использование запасов полезных ископаемых и охрану окружающей природной среды.

В процессе выполнения курсового проекта, при количественной оценке параметров проектируемых объектов, разработке оптимальных технических решений необходимо использовать знания, полученные студентами при изучении курса «Основы геологии», «Физика горных пород», «Открытые горные работы». Разработка проектной документации в электронном виде с автоматизацией чертежных и расчетных работ будет осуществляться на базе знаний полученных при изучении курса «Основы компьютерного проектирования».

1. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ ПЕРЕРАБОТКИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

В общем виде технология переработки строительных горных пород заключается в уменьшении крупности исходного материала до заданного значения, что достигается дроблением и грохочением. Продукт разделяют на узкие фракции. Технология должна обеспечить не менее 70 % выхода щебня и гравия при переработке изверженных и метаморфических пород, 55 % при переработке карбонатных пород и 30 % при переработке гравийно-песчаных пород.

При содержании в горной массе глинистых примесей в технологию переработки включают процесс промывки, что характерно для переработки карбонатных и гравийно-песчаных пород.

При переработке неоднородных по прочности горных пород, содержащих слабые разности, предусматривают процессы избирательного дробления с целью получения щебня, кондиционного по прочности. Такую технологию применяют для производства щебня из неоднородных карбонатных пород.

Для получения нескольких различных по крупности фракций из природного песка или отсевов дробления применяют процессы гидравлической или пневматической классификации.

Выбору эффективной и наиболее экономичной технологии переработки должны предшествовать технологические испытания сырья для выявления рациональных областей его применения. Как правило, данных геологоразведочных изысканий месторождений недостаточно для комплексной оценки сырья и обоснования выбора оптимальной технологии переработки. Только на основе результатов полупромышленных технологических испытаний уточняют схему переработки, определяют выход продуктов и их качество.

Каждый технологический процесс может осуществляться в одну или несколько операций, которые между собой различаются условиями протекания, например, грохочение сухое или с промывкой для отмывания пылевидных частиц. Если условия протекания одинаковы, то он может осуществляться в несколько стадий (например, дробление).

По характеру выпускаемой продукции и особенностям технологии предприятия по переработке строительных горных пород под-

разделяют на щебеночные (дробильно-сортировочные), гравийно-песчаные и песчаные (гравийно-сортировочные) заводы..

Предприятия, на которых сырье добывают экскаваторами, работают в течение всего года в три смены по 8 ч при годовом фонде рабочего времени 6075 ч. Предприятия с гидромеханизированным способом добычи гравия и песка работают сезонно. Продолжительность сезона зависит от климатических условий соответствующего региона.

Коэффициент использования оборудования завода зависит от числа единиц оборудования в схеме и изменяется от 0,7 до 0,85.

Минимальный срок работы ДСЗ - 25 лет, срок эксплуатации передвижных и сборно-разборных установок определяется их назначением.

При переработке прочных однородных изверженных, метаморфических и осадочных пород технологическая схема однопоточная, при переработке неоднородных по прочности карбонатных пород – двухпоточная (с прочным и слабым потоками), при переработке гравийно-песчаных материалов – двухпоточная с выделением гравийного и щебеночного потоков. На предприятиях, вырабатывающих более 1000 тыс. м³ щебня в год, предусмотрено несколько параллельных технологических линий с одинаковым набором оборудования.

С целью усреднения сырья, равномерной загрузки дробильного оборудования и создания запасов сырья на время простоев горного цеха после I стадии дробления с технологии ДСЗ материал направляют на промежуточный склад, а перед дробилками среднего и мелкого дробления размещают промежуточные бункера.

Для получения щебня мелких фракций, используемого для производства спецжелезобетона, в технологии предусматривают операции по исправлению или улучшению формы зерен щебня.

В зависимости от выхода (%) готовой продукции различают безотходную (100), малоотходную (>90), высоко-(70-90), средне- (55-70) и низкопродуктивную (<55) технологию. При комплексном использовании сырья, кроме выпуска щебня, гравия и песка, производят сырье для приготовления цемента, минеральных удобрений, смеси для асфальтобетона, а также добавки к корму животных и птиц и другую продукцию.

1.1. Переработка изверженных и метаморфических пород

Технологическая схема производства щебня из прочных однородных пород обычно однопоточная. Она включает три-четыре стадии дробления в щековых и конусных дробилках с замкнутым циклом на последней стадии, три-четыре операции грохочения и промывку щебня на грохотах (рисунок 1). Перед операциями дробления предусмотрены операции грохочения с целью удаления из питания готового продукта. Промывку щебня осуществляют в летнее время с целью удаления пылевидных частиц и повышения эффективности грохочения. При совмещении операций товарного грохочения с промывкой производительность грохотов увеличивается на 20-25%. Подрешетный продукт грохотов в виде пульпы направляют в спиральный классификатор, где от песка отделяются глинисты и пылевидные частицы (класс – 0,05).

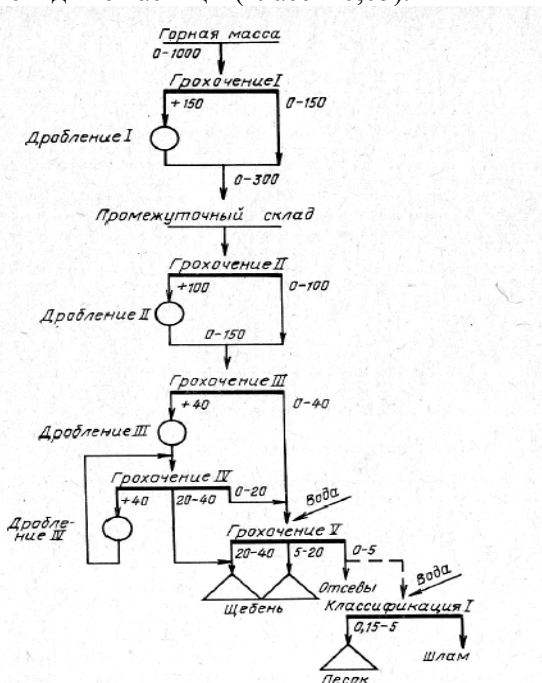


Рисунок 1 - Технологическая схема получения щебня из изверженных и метаморфических пород

При содержании в питании дробилок до 30 % материала мельче ширины разгрузочной щели в технологии обычно не предусматривают операцию предварительного грохочения.

1.2. Переработка неоднородных по прочности карбонатных пород (известняки, доломиты)

Технологическая схема предусматривает отдельную переработку прочного и слабого потоков (рисунок 2). Разделение на эти потоки осуществляют грохочением на колосниках перед I стадией дробления. Надрешетный продукт колосников перерабатывают на прочный щебень, а подрешетный – на менее прочный. Принципиальная схема переработки предусматривает три-четыре стадии дробления в щековых, роторных и реже конусных дробилках в замкнутом циклом на последней стадии, четыре-пять операций грохочения, промывку щебня в корытных мойках.

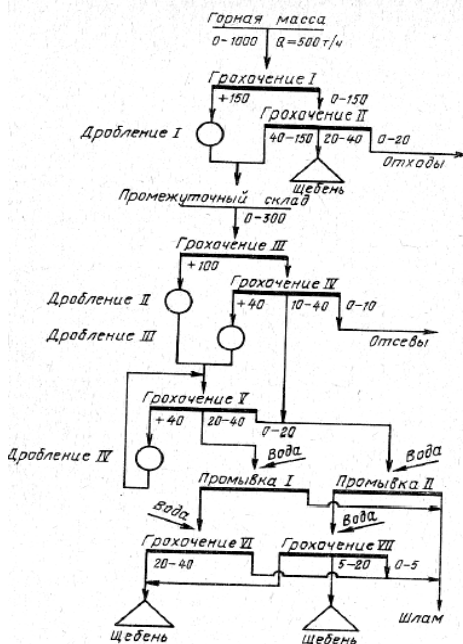


Рисунок 2 – Технологическая схема переработки неоднородных карбонатных пород

1.3. Переработка прочных однородных известняков

Технология переработки прочных однородных известняков включает дробление в три стадии в щековой, конусной и короткоконусной дробилках (рисунок 3). Применение вместо роторных дробилок конусных позволяет на 6-8 % снизить переизмельчение известняка и повысить выход щебня.

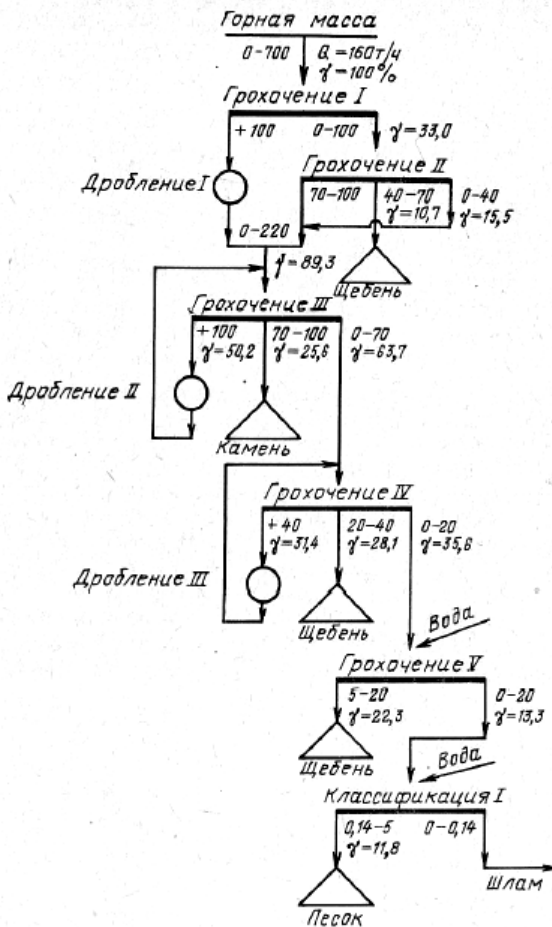


Рисунок 3 – Технологическая схема производства щебня из прочного известняка

Комовая глина удаляется при промывке в корытных мойках. Примеси в виде средних и тяжелых суглинков крупностью до 40 мм дезинтегрируются за одну операцию промывки в течение 2-2,5 мин. Однако поскольку прочные карбонатные породы почти всегда содержат трудноразмываемые примеси, для их удаления требуется одна или даже две стадии промывки в корытных мойках.

При комплексном использовании сырья технология переработки карбонатных пород усложняется. Продукты промежуточной крупности получают при создании дополнительного замкнутого цикла дробления.

1.4. Переработка гравийно-песчаных пород

Гравийно-песчаные породы перерабатывают по трехпоточной технологии с выделением гравийного, щебеночного и песчаного потоков (рисунок 4). Разделение на гравийный и щебеночный потоки (по крупности 20 или 40 мм) осуществляется после I стадии дробления, а на гравийный и песчаный потоки (до крупности 5 или 3 мм) – перед товарной сортировкой или промывкой гравия.

Технология переработки предусматривает две-три стадии дробления в щековых и конусных дробилках с замкнутым циклом на последней стадии, четыре-пять стадий грохочения, промывку гравия и щебня в корытных мойках, классификацию песка в гидравлических или механических классификаторах. При промывке в корытных мойках зерна гравия и щебня покрываются глинистой пленкой. С продуктами промывки из корыта извлекается до 25 % воды, поэтому после корытных моек устанавливают грохоты, где ополаскивают и обезвоживают гравий и щебень.

При классификации в спиральных классификаторах получают пески влажностью 16-28 %, которую снижают до 12-16 % в виброобезвоживателях. Крупную и мелкую фракции гидравлических классификаторов обезвоживают в спиральных классификаторах.

При разделении в спиральном классификаторе по крупности 0,05-0,1 мм выход готовой продукции возрастает до 90-92 % (при среднем содержании фракции +5 мм в горной массе 35 %).

При гидромеханизированной добыче гравийно-песчаной смеси и подаче на переработку горной массы в виде пульпы в начале технологической схемы предусматривают процессы отделения воды от

твердого, а затем отдельную переработку гравийно-валунного и песчаного материала.

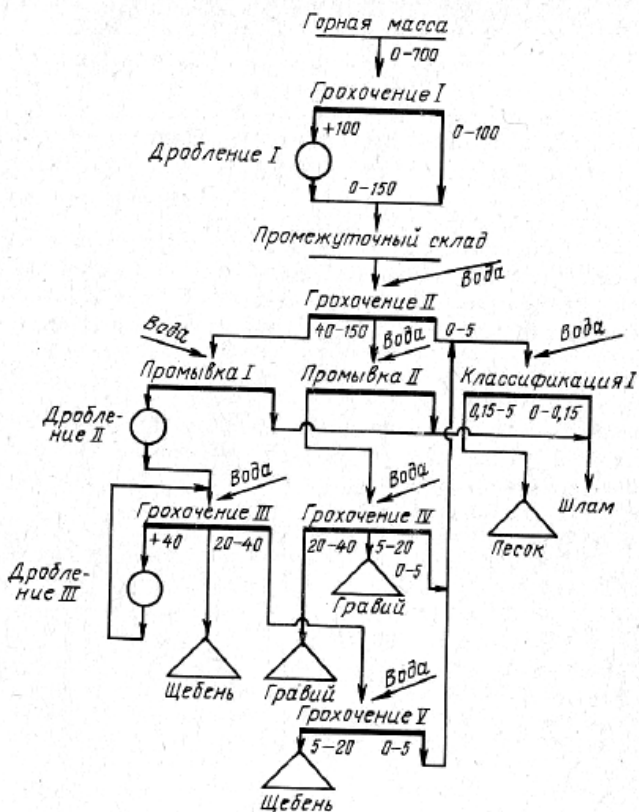


Рисунок 4 – Технологическая схема гравийно-сортировочного завода

Для нивелирования колебаний содержания гравийно-валунного материала его усредняют на промежуточном складе, включаемом в схему завода после I стадии дробления.

1.5. Совместная работа дробилок и грохотов

Одной из основных операций при переработке строительных горных пород на щебень, наряду с дроблением, является грохочение. В технологических схемах переработки строительных горных пород выделяют следующие операции грохочения: предварительное, поверочное и товарное.

Предварительное грохочение предусматривают перед дроблением с целью отсева материала, крупность которого меньше ширины разгрузочной щели дробилки, или удаления некондиционной горной массы.

Поверочное грохочение включают в схему переработки после последней стадии дробления для максимального извлечения из потока материала товарного продукта. Получаемый надрешетный продукт является циркулирующей нагрузкой. Обычно она составляет от 25 до 40 % питания дробилки последней стадии дробления.

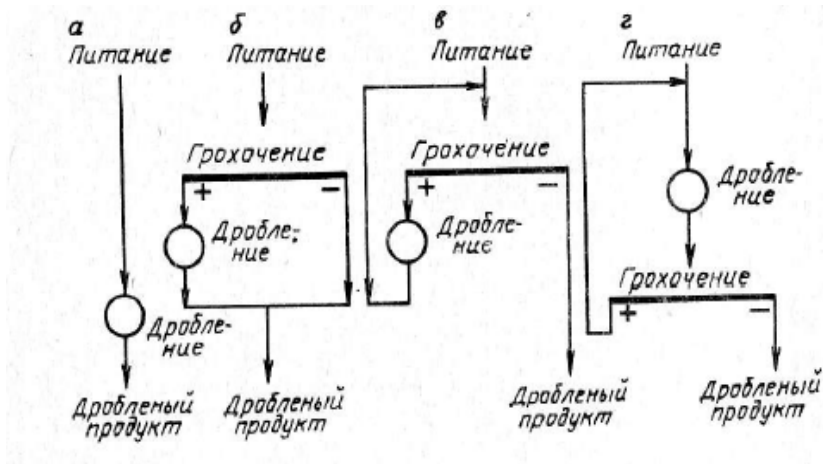
Товарное грохочение – наиболее ответственная операция, в которой получают щебень и гравий товарных фракций требуемого качества (с допустимым содержанием посторонней фракции). Рекомендации по выбору грохотов для различных целей проведения этого процесса представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Подбор грохотов

Наименование операции	Тип оборудования
Предварительное грохочение перед первой стадией дробления	Неподвижный колосниковый грохот Инерционный грохот тяжелого типа
То же перед второй стадией дробления	Вибрационный грохот
Окончательное (товарное) грохочение, грохочение в замкнутом цикле с дробилками второй и третьей стадии дробления	Инерционный грохот Вибрационный грохот

В связи с тем, что в комплексе с операциями дробления грохочение является обязательным процессом переработки строительных горных пород, в практике проектирования технологических схем

используется так называемый блочный принцип: дробилка в комплекте с грохотом рисунок 5.



а - открытый цикл работы дробилки; б – открытый цикл работы дробилки с предварительным грохочением; в – замкнутый цикл с предварительным и поверочным грохочением; г – замкнутый цикл с поверочным грохочением

Рисунок 5 – Схемы совместной работы дробилок и грохотов

Одним из основных показателей, характеризующим процесс грохочения, является эффективность грохочения, которая определяется отношением (в процентах) количества нижнего класса в подрешетном продукте к количеству нижнего класса в исходном продукте. Эффективность предварительного, поверочного и товарного грохочения составляет соответственно 70-75, 85-90 и 90-95 %.

Грохоты подразделяют на неподвижные и подвижные. К неподвижным относят колосниковые плоские и конические гидрогрохоты, а к подвижным – барабанные, дисковые, вибрационные и резонансные.

Совместно грохочение и дробление образуют стадию дробления, а совокупность стадий дробления – схему дробления.

2. ОСНОВНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

Основными процессами при переработке строительных горных пород являются дробление и грохочение, поэтому к основному оборудованию относят соответственно дробилки и грохоты.

2.1. Щековые дробилки

При переработке строительных горных пород на I стадии дробления применяют щековые дробилки с простым ЩДП и сложным ЩДС качанием щеки. Основные характеристики щековых дробилок приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Основные параметры щековых дробилок

Типоразмер дробилки	D_{max} в питании, мм	Номинальная ширина разгрузочного отверстия, мм	Пределы регулирования разгрузочного отверстия, мм	Изменение производительности, м ³ /ч
ЩДС – 2,5x4	210	40	20–60	6–30
ЩДС – 2,5 x9	210	40	20-60	6-30
ЩДС - 4x9	340	60	20-60	20–48
ЩДП - 6x9	510	100	80–160	45–84
ЩДП - 9x12	750	130	95–165	130–230
ЩДП - 12x15	1000	150	110–190	230–400
ЩДП - 15x21	1200	180	135–225	450–750

Дробилки со сложным движением щеки применяют преимущественно для переработки малоабразивных материалов и в передвижных дробильно-сортировочных установках. Их достоинства – простота конструкции, компактность и малая масса.

Типоразмер дробилки выбирается по максимальному куску D_{max} в поступающей горной массе.

Размер загрузочного отверстия дробилки B должен быть в 1,15 – 1,2 раза больше максимального куска руды. Обычно принимают следующее соотношение $B = D_{max} / 0,85$.

Производительность щековых дробилок можно определить по следующей эмпирической формуле

$$Q = K_f K_w K_{кр} (150 + 750B) L b \rho, \quad (2.1)$$

где K_f - поправочный коэффициент на крепость f горной породы;

K_w - поправочный коэффициент на влажность горной породы;

$K_{кр}$ - поправочный коэффициент на содержание крупных классов в питании (более $0,5B$);

B - ширина приемного отверстия, м;

L - длина выходной щели, м;

b - ширина выходной щели, м;

ρ – насыпная плотность горной породы, т/м³.

Значения частных поправочных коэффициентов приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Поправочные коэффициенты на условия дробления

Категория крепости	Мягкая		Средней твердости				Твердая		Очень твердая	
	9 и меньше		10	11–14	15	16–17		18–20		
Поправочный коэффициент K_f	1.20		1.10	1.00	0.97	0.95		0.90		
Влажность руды, %	4	5	6	7	8	9	10	11		
Поправочный коэффициент K_w	1.0	1.0	0.95	0.9	0.85	0.8	0.75	0.65		
Содержание крупных классов (крупнее $0,5B$ в питании, %)	5	10	20	25	30	40	50	60	70	80
Поправочный коэффициент $K_{кр}$	1.10	1.08	1.05	1.04	1.03	1.00	0.97	0.95	0.92	0.89

Пример. Требуется определить производительность щековой дробилки ЩДП 15x21 ($B=1,5$ м; $L=2,1$ м), в которую поступает горная порода повышенной крепости $f=15-20$ по М.М. Протодяконову с насыпной плотностью $\rho=1800$ кг/м³, крупностью -1200 +0 (25% класса +750 мм), влажностью $w=5\%$. Ширина выходной щели дробилки $b=180$ мм.

Определяем поправочные коэффициенты по таблице 2.2: $K_f=0,93$ (считая в среднем $f=18$); $K_w=1$ ($w=5\%$); $K_{кр}=1,04$. По формуле (2.1) определяем $Q=835$ т/ч.

2.2. Конусные дробилки

При производстве щебня конусные дробилки крупного дробления применяют редко, что объясняется значительными затратами на строительство мощных дробильно-сортировочных заводов и доставку потребителям относительно недорогого щебня. Чаще применяют конусные дробилки среднего и мелкого дробления (II и III стадии дробления).

Для среднего и мелкого дробления прочных горных пород применяют конусные дробилки с нормальным (КСД) и коротким (КМД) дробящим конусом для грубого (Гр) и тонкого (Т) дробления. Дробилки КСД и КМД отличаются формой сечения камеры дробления: у первых – это наклонный клин, а у вторых на выходе разгрузочной щели имеется зона параллельности, где каждое зерно не менее одного раза сжимается между конусами, чем достигается додрабывание материала.

В таблице 2.3. приведена техническая характеристика конусных дробилок среднего дробления, в таблице 2.4 – техническая характеристика конусных дробилок мелкого дробления.

Производительность конусных дробилок помимо конструктивных параметров определяется прочностными и гранулометрическими характеристиками горных пород

$$Q = K_f K_{кр} Q_{геом}, \quad (2.2)$$

где K_f и $K_{кр}$ – поправочные коэффициенты, учитывающие влияние соответственно прочностных характеристик горных пород и крупности питания дробилки; $Q_{геом}$ – производительность дробилки, определяемая ее конструктивными параметрами

Таблица 2.3 – Параметры конусных дробилок среднего дробления

Типоразмер дробилок	Ширина приемной щели (В), мм	Наибольший размер куска в питании, мм	Диаметр основания дробящего конуса, мм	Размер разгрузочной щели, мм	Производительность, м ³ /час
КСД–600–Гр	75	60	600	12–25	19–40
КСД–900–Гр	130	100	900	15–50	38–57
КСД–1200–Гр	185	150	1200	20–50	80–120
КСД–1200–Т	125	100	1200	10–25	38–85
КСД–1750–Гр	250	215	1750	25–60	170–320
КСД–1750–Т	200	160	1750	15–30	100–190
КСД–2200–Гр	350	300	2200	30–60	360–610
КСД–2200–Т	275	250	2200	15–30	180–360
КСД–3000–Т	475	380	3000	25–50	245–850

Таблица 2.4 – Параметры конусных дробилок мелкого дробления

Типоразмер дробилок	Ширина приемной щели (В), мм	Наибольший размер куска в питании, мм	Диаметр основания дробящего конуса, мм	Размер разгрузочной щели, мм	Производительность, м ³ /час
КМД–1200–Гр	100	80	1200	5–15	45–130
КМД–1200–Т	50	40	1200	3–12	24–90
КМД–1750–Гр	130	100	1750	9–20	95–130
КМД–1750–Т	80	70	1750	5–15	85–110
КМД–2200–Гр	140	110	2200	10–20	220–260
КМД–2200–Т	100	85	2200	5–15	160–220
КМД–3000–Гр	220	180	3000	15–25	360–620
КМД–3000–Т	95	75	3000	6–20	320–440

$$Q_{geom} = 40D^2 \operatorname{tg} \varepsilon (e \cos 50^\circ + b_0), \quad (2.3)$$

где D – диаметр основания дробящего конуса, м;

ε – угол нутации, градус;

e – эксцентриситет на уровне основания дробящего конуса, мм;

b_0 – ширина выходной щели в фазе сближения профилей, мм.

В таблице 2.5. приведены конструктивные параметры конусных дробилок.

Таблица 2.5 – Конструктивные параметры конусных дробилок

Параметры	Диаметр основания конуса D , мм				
	600	900	1200	1750	2200
ε , градус	2,43	2,28	2,17	2	2
$\operatorname{tg} \varepsilon$	0,0425	0,040	0,038	0,035	0,035
e , мм	10,7	15,0	19,0	25,6	32,2
$e \cos 50^\circ$, мм	6,9	9,65	12,1	16,5	20,8

Коэффициент K_f принимается для горных пород средней крепости равным 1,0; для мягких пород 1,1 и для крепких пород 0,75.

Значения коэффициента $K_{кр}$ принимаются по таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Значения коэффициента крупности $K_{кр}$

Дробление	Номинальная крупность питания, доли B	Коэффициент крупности $K_{кр}$
с предварительным грохочением	0,8	1,0
	0,6	1,05
	0,3	1,1
без предварительного грохочения	0,8	1,0
	0,65	1,1
	0,55	1,2
	0,45	1,3
	0,35	1,4

Пример. Требуется определить производительность конусной дробилки КСД-2200Гр ($B = 350$ мм, $b_o = 40$ мм), работающей с предварительным грохочением на материале средней твердости номинальной крупностью 175 мм, что в долях B соответствует $175/350=0,5B$.

Производительность дробилки на материале номинальной крупностью $0,8B$ при $b_o = 40$ мм по формуле (2.3) равняется $372 \text{ м}^3/\text{ч}$. По таблице 2.6 находим поправочный коэффициент на крупность питания $K_{кр} = 1,07$ и определяем производительность дробилки $Q = 1,07 \cdot 375 = 400 \text{ м}^3/\text{ч}$.

2.3. Роторные дробилки

В дробилках ударного действия дробление материала осуществляется вследствие ударов рабочих элементов, жестко или шарнирно закрепленных на роторе, и при отбрасывании на отражательные плиты или футерованный корпус дробилки.

К дробилкам с жестко закрепленными рабочими билами относятся роторные дробилки. Их применяют для дробления малоабразивных пород с пределом прочности на сжатие до 120 МПа.

Основные параметры роторных дробилок – диаметр D_p и длина L ротора. От них зависит допустимая крупность питания и производительность дробилки. Для роторных дробилок характерна высокая избирательность дробления: 80 - 85 % продукта дробления состоит из зерен кубовидной формы.

К роторным дробилкам крупного дробления относятся дробилки СМД-85А, СМД-86А, СМД-95 и СМД-87. К роторным дробилкам среднего и мелкого дробления относятся дробилки СМД-75А и СМД-94А. Технические характеристики роторных дробилок приведены в таблице 2.7.

Таблица 2.7 – Техническая характеристика роторных дробилок

Параметры	СМД-85А	СМД-86А	СМД-95	СМД-87	СМД-75А	СМД-94
Размеры ротора, мм:						
диаметр	800	1250	1600	2000	1000	1250
длина	630	1000	1250	1600	1000	1250
Размеры приемного отверстия, мм:						
длина	630	1000	1250	1600	1000	1000
ширина	550	850	1100	1400	500	600
Производительность, м ³ /ч	60	135	200	370	135	200
Максимальная крупность питания, мм	400	600	800	1100	300	375
Мощность привода, кВт	40	100	160	250	125	200

Производительность роторных дробилок пропорциональна мощности электродвигателя $N_{дв}$ и обратно пропорциональна удельному расходу энергии E

$$Q = \frac{N_{дв}}{E}, \quad (2.4)$$

где

$$E = \frac{3,65}{K_{ло}} \left[\lg \left(\frac{100}{R_5^r} \right) - \lg \left(\frac{100}{R_5^h} \right) \right]. \quad (2.5)$$

Здесь E – удельный расход энергии, кВт·ч/т;

$K_{ло}$ – коэффициент размолоспособности (для известняка $K_{ло} \approx 0,3$);

R_5^h и R_5^r – остаток на сите 5 мм соответственно в исходном материале и продукте дробления.

Зависимость между крупностью известняка и размером сита, на котором остаток равен 5 %, приведена в таблице 2.8.

Таблица 2.8 – Суммарный остаток R_5 на сите 5 мм при различной номинальной крупности материала

Номинальная крупность известняка (сито, на котором остаток равен 5 %) d_n , мм	Остаток на сите 5 мм R_5 , %	Содержание класса -5+0 мм
5	5	95
8	22	78
10	35	65
13	46	54
16	56	44
20	66	34
25	73	27
35	82	18
50	89	11
80	94	6
100	95	5
200	98	2
300	99	1

2.4. Оборудование для грохочения

Грохоты подразделяются на неподвижные и подвижные. К неподвижным относятся колосниковые плоские и конические гидрогрохоты, а к подвижным – барабанные, дисковые, вибрационные и резонансные.

Колосниковые грохоты устанавливают под углом 45° . В схемах переработки строительных горных пород грохочение на них применяют перед I (реже перед II) стадией дробления, а также при гидромеханизированном способе добычи гравийно-песчаной массы для разделения на песчаную и гравийную составляющие.

Площадь F (м^2) просеивающей поверхности колосникового неподвижного грохота определяется по формуле

$$F = \frac{Q}{2,4a}, \quad (2.6)$$

где Q – производительность, т/ч;

a – ширина щели между колосниками, мм.

Обычно длину колосникового грохота принимают в пределах 2,5-4 м (в 2 раза больше ширины) и на 100-200 мм больше двойного размера максимальных кусков. При подаче материала с пластинчатого питателя ширину колосникового грохота принимают равной ширине полотна питателя. Эффективность грохочения E неподвижных колосниковых грохотов обычно колеблется в пределах 50-60 %.

Конические гидрогрохоты широко применяют для разделения сырья, подаваемого землесосом в виде пульпы с $T:Ж=1:10=1:24$. В практике переработки строительных горных пород осуществляют одновременное разделение по граничному зерну 3 или 5 мм и обезвоживание. Производительность конических гидрогрохотов по гидросмеси изменяется от 600 до 5000 $\text{м}^3/\text{ч}$ при скорости ее потока от 2,5 до 6 м/с.

Граничное зерно разделения в конических гидрогрохотах в 2,5-2,8 раз меньше диаметра отверстий сита. При разделении по зерну 4,4-5 мм диаметр отверстий сита изменяется от 10 до 14 мм. В этом случае в подрешетный продукт попадает не более 5 % зерен гравия крупнее 5 мм. В гравийном материале при разделении на грохоте содержится 15-30 % песка и 30-50 % воды.

Производительность конических гидрогрохотов определяется по пульпе. Удельная пропускная способность 1 м^2 сита с отверстиями диаметром 10-12 мм равна 220-240 $\text{м}^3/\text{ч}$, сита со щелевидными зазо-

рами шириной 10-12 мм – 360-380 м³/ч. Живое сечение сита с круглыми отверстиями составляет 0,2; со щелевидными – 0,33-0,35. Техническая производительность гидрогрохотов приведена в таблице 2.9.

Таблица 2.9 – Техническая производительность гидрогрохотов

Параметры	КГТ-1000	КГТ-2500	КГТ-4000
Производительность, м ³ /ч:			
по пульпе	1000	2500	4000
по твердому	100	250	400
Скорость потока вводимой пульпы, м/с	3,5	4,0	4,5
Максимальная крупность материала в питании, мм	200	300	400
Размеры сита, м:			
диаметр	1,7	2,5	3,0
высота			
цилиндрической части	0,4	0,5	0,6
конической части	0,8	1,1	1,3
Размеры колосников в конической части			
длина	980	1450	1710
ширина			
поверху	170	200	200
понизу	50	50	50
толщина	20-30	30	30
Ширина щелей, мм	8-16	10-16	12-16
Число колосников, шт.	30	40	45
Диаметры патрубков, м:			
питающего	0,4	0,5	0,6
надрешетного продукта	0,5	0,6	0,7
подрешетного продукта	0,5	0,6	0,7
Масса, т	3,5	5,5	6,5
Габаритные размеры, м:			
ширина	3,4	3,9	4,2
длина	2,2	3,0	3,5
высота	2,6	3,6	4,3

Эффективность грохочения E на конических гидрогрохотах, составляющая 80-86 %, зависит от производительности грохота, Т:Ж пульпы и соотношения в ней песка и гравия.

Производительность конических гидрогрохотов по пульпе Q_n (м³/ч) можно определить по формуле

$$Q_n = kbD_c v K_F, \quad (2.7)$$

где k – коэффициент, учитывающий форму отверстий в сите ($k=1000$ для круглых отверстий, $k=1600$ для щелевидных отверстий);

b – диаметр питающего патрубка, м;

D_c – диаметр цилиндрической части сита, м;

v – подачи пульпы на гидрогрохот, м/с;

K_F – живое сечение сита, доли ед.

К барабанным грохотам относятся гравиемойки-сортировки типа и С-215Б, применяемые на небольших установках для отделения песка от гравия с промывкой, а также бутары О-89А (таблица 2.10). Их преимущества – стабильность работы, незначительная высота, возможность одновременного получения продукции нескольких фракций.

Таблица 2.10 – Техническая характеристика барабанных грохотов

Параметры	О-89А	С-213А	С-215Б
Производительность, м ³ /ч	50	9-11	37-45
Максимальная крупность питания, мм	150	80	100
Диаметр барабана, мм	1330	600	1000
Диаметр отверстий просеивающей поверхности, мм	20	6; 25; 50	6; 25; 50
Угол наклона, градус	3	0	0
Частота вращения барабана, мин ⁻¹	16	20	15
Расход воды, м ³ /ч	50	10-15	25-30
Мощность электродвигателя, кВт	30	2,7	7,3

Вибрационные грохоты наиболее распространены при производстве щебня и гравия. В зависимости от типа вибровозбудителя их подразделяют на гирационные (эксцентрикковые), инерционные, самобалансные (качающиеся) и резонансные.

К недостаткам применяемых при переработке строительных горных пород гирационных грохотов СМ-572, СМ-652А и СМ-653Б следует отнести сложность ремонта и обслуживания, значительную массу. Поэтому их выпуск в настоящее время прекращен. Гравий и щебень рассеивают на инерционных и самобалансных виброгрохотах. Инерционные грохоты широко применяют на всех стадиях грохочения. Выпускают инерционные грохоты тяжелого, среднего и легкого типов. На грохотах тяжелого типа возможен рассев материалов плотностью до 2500 кг/м³ и крупностью до 1300 мм, на грохотах среднего типа – плотностью до 1600 кг/м³ фракции 0-150 мм.

В таблице 2.11 приведена техническая характеристика инерционных грохотов легкого типа (ГИЛ и СМД).

Таблица 2.11 – Техническая характеристика инерционных грохотов легкого типа

Показатели	ГИЛ-32	ГИЛ-42	ГИЛ-43	ГИЛ-52	ГИЛ-61
Производительность, т/ч	140	150	140	300	550
Размеры сит, мм:					
ширина	1250	1500	1500	1750	2000
длина	2500	3750	3750	4500	5000
Число ярусов сит, шт.	2	2	3	2	1
Размеры ячеек сит, мм:					
верхнего	60	50	50	100	60
нижнего	6	6	6	6	5
Угол наклона короба, градус	10-25	10-25	10-25	10-25	10-25
Крупность питания, мм	100	150	200	300	300
Частота колебаний, мин ⁻¹	1150	900; 1000	900; 1000	900	900
Мощность электродвигателя, кВт	4	10	10	10	17
Габаритные размеры, мм:					
длина	3100	4500	4350	5090	-
ширина	2000	2950	2985	3235	-
высота	1100	2600	2960	2750	-

В таблицах 2.12 и 2.13 приведены технические характеристики инерционных (дебалансных) грохотов соответственно среднего (ГИС) и тяжелого (ГИТ) типов.

Таблица 2.12 – Техническая характеристика инерционных грохотов среднего типа

Показатели	ГИС-42	СМД-50	СМД-121	ГИС-52	ГИС-62Г
Производительность, т/ч	200	150	280	600	100
Размеры сит, мм:					
ширина	1250	1500	1750	1750	2000
длина	3750	3750	4500	4500	5000
Число ярусов сит, шт.	2	2	2	2	2
Размеры ячеек сит, мм:					
верхнего	40	40	40	40	10
нижнего	12-20	20	20	12	3
Угол наклона короба, градус	10-30	10-25	10-25	10-30	18-25
Крупность питания, мм	100	150	200	100	80
Частота колебаний, мин ⁻¹	800	900	900	800	1465
Мощность электродвигателя, кВт	10	10	17	10	15
Габаритные размеры, мм:					
длина	4500	4500	5080	5300	6400
ширина	2400	2410	2445	2700	3475
высота	1300	1115	1290	4200	3770

В зависимости от крупности питания подбирают колебательные режимы грохочения. При разделении по крупности 20-40 мм частота и амплитуда колебаний должны быть равны соответственно 700-1000 мин⁻¹ и 6-10 мм, при границе разделения 5-10 мм – 1000-1200 мин⁻¹ и 2-4 мм, при разделении по крупности 0,5-1,5 мм – 3000 мин⁻¹ и 1-1,5 мм.

В последнее время для поверочного и товарного грохочения широко применяют грохоты с прямолинейными колебаниями короба. К ним относят самобалансные и резонансные грохоты.

Таблица 2.13 – Техническая характеристика инерционных грохотов тяжелого типа

Показатели	ГИТ-32Н	ГИТ-41	ГИТ-42	ГИС-52Н	ГИС-61
Производительность, т/ч	360	700	350	1000	900
Размеры сит, мм:					
ширина	1250	1500	1500	1750	2000
длина	2500	3000	3000	3500	4000
Число ярусов сит, шт.	2	1	2	2	1
Размеры ячеек сит, мм:					
верхнего	12-100	70;180	12-100	300	75;200
нижнего	10-25		10-25	12-40	
Угол наклона короба, градус	10-30	15-30	10-30	10-30	15-30
Частота колебаний, мин ⁻¹	776; 970	800	776; 970	530; 970	800
Мощность электродвигателя, кВт	10	13	13	22	22
Габаритные размеры, мм:					
длина	2835	3100	3276	4295	4800
ширина	1839	2090	2089	1605	2200
высота	2320	2300	2380	2540	2400

Горизонтальные виброгрохоты с самобалансным вибровозбудителем применяют в передвижных дробильно-сортировочных установках. В таблице 2.14 приведена техническая характеристика самобалансных виброгрохотов тяжелого типа.

Резонансные грохоты применяют для грохочения, обесшламливания и обезвоживания углей, в зарубежной практике их используют для товарного грохочения нерудных строительных материалов, когда требуется получить широкую гамму узких фракций щебня и гравия.

Резонансные грохоты с прямолинейными колебаниями короба представляют собой двухмассные системы (короб и рама), колеблющиеся в противофазах. К недостаткам резонансных грохотов следует отнести сложность привода (шарниры, пружины, упругие элементы), большую металлоемкость (в 2 раза больше, чем у самобалансных грохотов).

Таблица 2.14 – Техническая характеристика самобалансных виброгрохотов тяжелого типа

Показатели	ГСТ-42	ГСТ-61	ГСТ-62	ГСТ-71сб	ГСТ-72м
Производительность, т/ч	90	500	500	450	1000
Размеры сит, мм:					
ширина	1500	2000	2000	2500	2500
длина	3000	5000	5820	6000	6000
Число ярусов сит, шт.	2	1	2	1	2
Размеры ячеек сит, мм:					
верхнего	12×12	8,12,16	110-50	9	20
нижнего	4×4		8-25		3
Угол наклона короба, градус	0	0	0	15	8
Крупность питания, мм	40	200	120	50	120
Частота колебаний, мин ⁻¹	960	735	735	735	735
Мощность электродвигателя, кВт	2×4	2×11	2×22	2×22	2×18,5
Габаритные размеры, мм:					
длина	3240	5730	5760	6755	7400
ширина	1992	4255	3676	3250	4205
высота	1415	2700	2260	1820	2560

В таблице 2.15 приведена техническая характеристика резонансных грохотов.

В последнее время для поверочного и товарного грохочения нерудных строительных материалов стали применять грохоты инерционного действия типа ГИСЛ. По сравнению с резонансными грохоты типа ГИСЛ более ремонтпригодны, менее металлоемки, у них улучшены условия замены сит и обслуживания. В отличие от самобалансных грохотов в инерционных отсутствуют зубчатые пары для синхронизации частоты и фазы вращения. Техническая характеристика инерционных грохотов ГИСЛ-62, -72 и -82 с площадью сит соответственно 10, 15 и 21 м² приведена в таблице 2.16.

Таблица 2.15 – Техническая характеристика резонансных грохотов

Показатели	ГРЛ-61	ГРЛ-61П	ГРЛ-62	ГРЛ-72
Производительность, т/ч	100-500	200-1000	100-500	150-750
Размеры сит, мм: ширина длина	2000 5000	2000 10000	2000 5000	2500 6000
Число ярусов сит, шт.	1	1	2	2
Размеры ячеек сит, мм:	6-50	6-50	6-50	6-50
Угол наклона короба, градус	0-5	0-5	0-5	0-5
Частота колебаний, мин ⁻¹	500; 550	500; 550	500; 550	500; 550
Мощность электродвигателя, кВт	13	22	13	17

Таблица 2.16 – Техническая характеристика грохотов инерционного действия типа ГИСЛ

Показатели	ГИСЛ-62	ГИСЛ-72	ГИСЛ-82
Производительность, т/ч	270	400	Определяется расчетным путем
Размеры сит, мм: ширина длина	2000 5000	2000 6000	2000 7000
Число ярусов сит, шт.	2	2	2
Размеры ячеек сит, мм:	7-100	7-100	7-100
Угол наклона короба, градус	0-25	0-25	0-25
Частота колебаний, мин ⁻¹	300	300	600
Мощность электродвигателя, кВт	6	6	6
Габаритные размеры, мм: длина ширина высота	5670 2860 2650	6960 3740 2500	7720 3742 2763

3. АЛГОРИТМ РАСЧЕТА

Исходными данными для выполнения курсового проекта являются: название горной породы, значение максимального размера куска D_{max} в исходной горной массе, насыпная плотность горной массы, влажность породы, размер получаемых фракций щебня, производительность технологической линии. Гранулометрическая характеристика исходной горной массы указывается в задании на проектирование или принимается согласно приложению 1.

3.1. Обоснование выбора типовой технологической схемы переработки горной породы

В данном подразделе следует обосновать применение выбранного варианта типовой технологической схемы для переработки горной породы, исходя из ее свойств и продукта, который необходимо получить в итоге. Следует дать подробное описание выбранной технологической схемы.

3.2. Определение степени дробления и номинальной крупности дробленых продуктов

Степень дробления (измельчения) называется отношение размеров зёрен исходного материала к размерам зёрен дроблёного (измельчённого) продукта.

При ориентировочных определениях степени дробления в промышленности широко пользуются формулой

$$i = \frac{D_{max}}{d_{max}}, \quad (3.1)$$

где D_{max} и d_{max} – размер максимального куска материала соответственно до и после дробления.

Выбираем степень дробления по отдельным стадиям дробления.

$$i = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3, \quad (3.2)$$

где i_1, i_2, i_3 – степень дробления I, II и III стадии соответственно.

Учитывая большие размеры максимальных кусков исходной горной массы предполагается установка в I стадии крупноразмерных дробилок с большой шириной приемных отверстий. В этом случае можно ожидать запас по производительности, в связи с чем степень дробления в I и II стадии принимается несколько меньшей,

чем в стадии III. Возможные значения степени дробления приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Значения степени дробления для щековых и конусных дробилок

Стадия дробления	Тип оборудования дробления	Допустимые степени дробления	Рекомендуемые степени дробления
I стадия (крупное дробление)	Щековая дробилка с простым качанием щеки (ЩДП)	3 – 5	3 – 4
	Щековая дробилка со сложным качанием щеки (ЩДС) для фабрик с небольшой и средней производительности	4 – 8	4 – 6
II стадия (среднее дробление)	Конусная дробилка среднего дробления (КСД) для открытого цикла	3 – 6	3 – 5
	Конусная дробилка среднего дробления (КСД) для замкнутого цикла	6 – 8	4 – 6
III стадия (мелкое дробление)	Конусная дробилка мелкого дробления (КМД) для открытого цикла	3 – 5	3 – 4
	Конусная дробилка мелкого дробления (КМД) для замкнутого цикла	6 – 8	4 – 7

Номинальная крупность дробленых продуктов по стадиям дробления:

для I стадии $d_{n1} = D_n / i_1$, причем $D_n = D_{max}$;

для II стадии $d_{n2} = d_{n1} / i_2$;

для III стадии $d_{n3} = d_{n2} / i_3$,

3.3. Определение ширины загрузочных и разгрузочных щелей дробилок

Ширина приемного отверстия (щели) должна быть на 15-20 % больше диаметра наибольшего куска материала, поступающего в дробилку,

$$B = (1,15 \div 1,20) D_n, \quad (3.3)$$

Для I стадии $B_1 = 1,15 D_n$;

Для II стадии $B_2 = 1,15 \cdot d_{n1}$;

Для III стадии $B_3 = 1,15 \cdot d_{n2}$.

где B – ширина приемного отверстия дробилки, мм.

Определяем ширину разгрузочных щелей дробилок – b .

$$b = \frac{d_n}{Z_{щ,к}}, \quad (3.4)$$

где d_n – номинальная крупность продуктов дробления щековой или конусной дробилки;

Z – коэффициент закругнения продуктов дробления щековой или конусной дробилки соответственно (таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Коэффициент закругнения продуктов дробления Z и номинальная крупность дробленого продукта d_n

Тип дробилки	Ширина разгрузочного отверстия, мм	Крепость руды					
		Мягкие		Сред. тверд.		Твердые	
		d_n	Z	d_n	Z	d_n	Z
1	2	3	4	5	6	7	8
ЩДП	—	—	1.3	—	1.5	—	1.7
КСД–1200	10	14	1.4	17	1.7	19	1.9
	20	24	1.2	28	1.4	32	1.6
	30	36	1.2	42	1.4	48	1.6
	40	48	1.2	56	1.4	64	1.6
КСД–1750	15	25	1.7	29	1.9	33	2.1
	20	32	1.6	34	1.7	38	1.9
	30	45	1.5	51	1.7	54	1.8
	40	60	1.5	68	1.7	72	1.8
	50	75	1.5	85	1.7	96	1.8
	60	90	1.5	102	1.7	108	1.8

Продолжение табл. 3.2

1	2	3	4	5	6	7	8
КСД–2200	15	36	2.4	41	2.7	45	3.0
	20	42	2.1	48	2.4	52	2.6
	30	57	1.9	63	2.1	72	2.4
	40	72	1.8	84	2.1	92	2.3
	50	96	1.8	105	2.1	115	2.3
	60	108	1.8	114	1.9	132	2.2
КМД–1200	3	9	2.8	10	3.35	11	3.7
	8	12	1.5	14	1.75	16	2.0
	12	15	1.2	17	1.45	19	1.6
КМД–1750	5	14	2.8	16	3.2	18	3.6
	7	16	2.3	18	2.6	20	2.8
	10	19	1.9	22	2.2	24	2.4
	15	24	1.6	27	1.8	30	2.0
	20	30	1.5	32	1.6	36	1.8
КМД–2200	5	23	4.6	25	5.0	28	5.6
	7	24	3.4	27	3.8	30	4.3
	10	27	2.7	30	3.1	34	3.4
	15	33	2.2	38	2.5	41	2.7
	20	40	2.0	44	2.2	50	2.5

При работе дробилки в замкнутом цикле с грохотом ширина ее разгрузочной щели должна быть на 20 – 25 % меньше размера отверстия сита грохота. В этом случае выход подрешетного продукта будет максимальным, а количество циркулирующего продукта минимальным.

3.4. Выбор и расчет оборудования I стадии дробления

Дробилки, которые подходят для установки на I стадии дробления, подбираем по расчетным данным согласно таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Расчетные данные для дробилок I стадии дробления

Показатели	I стадия дробления
Размер загрузочного отверстия B , мм	
Размер разгрузочной щели b , мм	
Наибольший размер куска в питании D_{max} , мм	

Техническую характеристику выбранных дробилок следует привести в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Дробилки для I стадии дробления

Марка дробилки	D_{max} , мм	Номинальная ширина разгрузочного отверстия, мм	Пределы регулирования разгрузочного отверстия, мм	Изменение производительности, м ³ /ч	Мощность двигателя, кВт	Масса дробилки, т

Далее следует рассчитать производительность выбранных дробилок.

Перед первой стадией крупного дробления обычно устанавливают колосниковые грохоты. Количество грохотов должно быть равным числу дробилок, так как верхний класс колосникового грохота в дробилку поступает самотеком.

Размеры колосникового грохота должны удовлетворять двум условиям:

- обеспечение требуемой производительности;
- обеспечение продвижения руды по грохоту самотеком.

Первое условие требует, чтобы площадь каждого колосникового грохота должна быть не меньше, определяемой по формуле (2.6).

Обычно площадь по расчету получается весьма малой, и размеры грохота назначаются конструктивно.

Второе условие требует, чтобы ширина грохота превышала диаметр максимального куска в материале в 2–3 раза. При такой ширине грохота исключается заклинивание руды и задержка продвижения материала по просеивающей поверхности грохота.

$$B = (2 \div 3) D_{max} \cdot \quad (3.5)$$

Длину грохота необходимо принимать в два раза больше ширины, $L \geq 2B$. В этом случае площадь грохота определится из выражения

$$F = B \cdot L . \quad (3.6)$$

Из двух полученных значений площади грохота F по формуле (2.6) и (3.6) к установке принимаем бóльшую величину.

3.5. Выбор и расчет оборудования II стадии дробления

Для расчета второй стадии дробления необходимо знать характеристику крупности продукта, поступающего в неё. Гранулометрическая характеристика может быть определена аналитическим путем или принята согласно приложению 2 (опция задается руководителем проекта). Результаты определения должны быть представлены в виде характеристики продуктов дробления «по плюсу» и «по минусу».

Дробилки II стадии дробления должны удовлетворять требованиям, представленным в таблице 3.5.

Таблица 3.5 - Расчетные данные для дробилок II стадии дробления

Показатели	II стадия дробления
Размер загрузочного отверстия B , мм	
Размер разгрузочной щели b , мм	
Наибольший размер куска в питании D_{max} , мм	

Параметры дробилок, которые могут быть приняты к установке на II стадии дробления, приводятся в таблице 3.6.

Далее необходимо выполнить расчет производительности дробилок в зависимости от их типа по формулам (2.1), (2.2), (2.4).

Если перед дробилкой предусмотрена операция грохочения, то размер отверстий сита грохота принимается равным номинальному размеру дробленого продукта II стадии дробления.

В стадии среднего дробления к установке принимаются вибрационные грохоты тяжелого типа, необходимая площадь грохочения которых рассчитывается по формуле

$$F = \frac{Q}{q\rho k_{\phi} k_m k_z k_p k_{cm}} , \quad (3.7)$$

где Q – количество материала, поступающего на грохочение в единицу времени, т/ч;

q – удельная производительность грохота, $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$;

ρ – насыпная плотность горной породы, $\text{т}/\text{м}^3$.

k_{ϕ} – поправочный коэффициент на форму отверстий просеивающей поверхности;

k_m – поправочный коэффициент на интенсивность механического режима грохота;

k_z – поправочный коэффициент на геометрическую форму зерен и кусков;

k_p – поправочный коэффициент на расположение сетки в двухситном грохоте;

k_{cm} – поправочный коэффициент на способ грохочения.

Значения q , k_{ϕ} , k_m , k_z , k_p , k_{cm} приведены в приложении 3.

Таблица 3.6 - Дробилки для II стадии дробления

Марка дробилки	D_{max} , мм	Номинальная ширина на разгрузочного отверстия, мм	Пределы регулирования разгрузочного отверстия, мм	Изменение производительности, $\text{м}^3/\text{ч}$	Мощность двигателя, кВт	Масса дробилки, т

Количество грохотов n для II стадии дробления определяют из отношения площадей

$$n = \frac{F}{f}, \quad (3.8)$$

где f – площадь просеивающей поверхности выбранного грохота, м^2 .

Во второй стадии дробления желательно иметь по одному грохоту на дробилку, это облегчает конструктивное решение узла «грохот-дробилка».

3.6. Выбор и расчет оборудования III стадии дробления

Дробилки III стадии дробления работают в замкнутом цикле. Диаметр отверстия грохотов перед дробилками и ширину разгрузочной щели дробилки принимают равными номинальной крупности дробленых продуктов III стадии дробления. Все избыточные куски будут отсеяны на грохоте поверочного грохочения и возвращены в дробилку.

Дробилки выбирают по ширине загрузочного отверстия и по производительности при заданной ширине выходной щели.

В третьей стадии дробилка работает в замкнутом цикле с поверочным грохочением, поэтому ее выбор осуществляется по тоннажу вновь поступающего в нее продукта. Для определения его величины необходимо знать гранулометрический состав дробленого продукта II и III стадии дробления.

Гранулометрическая характеристика может быть определена аналитическим путем или принята согласно приложению 4 (опция задается руководителем проекта). Результаты определения должны быть представлены в виде характеристики продуктов дробления «по плюсу» и «по минусу».

Выбор дробилок для III стадии дробления и грохотов производится также, как и для II стадии (см. подраздел 3.5). При этом надо учесть, что число грохотов в третьей стадии дробления может достигать 3–4 на дробилку. При этом приходится перед грохотами проектировать распределительные бункеры.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При выполнении курсового проекта углубляются, закрепляются и обобщаются знания, полученные на лекционных практических и лабораторных занятиях по дисциплине «Добыча и переработка горных пород».

Приобретаются навыки работы с технической литературой, справочниками и государственными стандартами.

При разработке технологической линии по переработке строительных горных пород исходя из заданной производительности и свойств горной массы принимаются:

- возможная типовая схема переработки;
- определяются степени дробления по стадиям и подбирается соответствующая ширина загрузочных и разгрузочных щелей дробилок;
- исходя из требований по ширине загрузочных и разгрузочных щелей дробилок, необходимой производительности принимаются конкретные марки дробильного оборудования;
- согласно принятой схеме переработки выбирается вид грохотов и далее определяются необходимая площадь просеивающей поверхности. С учетом расчетов выбирается конкретная марка грохота.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Чирков, А.С. Добыча и переработка строительных горных пород / А.С. Чирков. – М.: МГГУ, 2009. – 623 с.
2. Богатов, Б.А. Добыча и переработка горных пород / Б.А. Богатов, Н.И. Березовский. – Минск: БНТУ, 2005. – 138 с.
3. Томаков, П.И. Технология, механизация и организация открытых горных работ / П.И. Томаков, И.К. Наумов. – М.: МГИ, 1992. – 464 с.
4. Шлаин, И.Б. Разработка месторождений нерудного сырья / И.Б. Шлаин. – М.: Недра. – 392 с.
5. Олюнин, В.В. Переработка нерудных строительных материалов / В.В. Олюнин. – М.: Недра. – 1989. – 426 с.
6. Андреев, С. Е. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых: учеб. для вузов / С. Е. Андреев, В. М. Зверевич, В. А. Перов. – М.: Недра, 1980. – 415 с.
7. Перов, В. А. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых / В. А. Перов, С. Е. Андреев, Л. Ф. Биленко. – М.: Недра, 1990. – 301 с.
8. Справочник по обогащению руд. Подготовительные процессы / под ред. О. С. Богданова, В. А. Олевского. – М.: Недра, 1982. – 366 с.
9. Справочник. Открытые горные работы / редкол.: К.Н. Трубецкой [и др.]. – М.: Горное бюро, 1994. – 590 с.
10. Нормы технологического проектирования предприятий НСМ. – Л.: Стройиздат, 1988. – 576 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Исходные данные для определения гранулометрической характеристики горной массы

Таблица П.1.1 - Усредненные характеристики крупности взорванной горной массы

Крупность классов, мм	Суммарный выход классов по минусу, %, при крупности продукта, мм						
	1200-0	1000-0	800-0	600-0	500-0	400-0	300-0
1200	95	-	-	-	-	-	-
1000	90	95	-	-	-	-	-
800	83	88	95	-	-	-	-
600	73	80	87	95	-	-	-
500	68	73	81	90	95	-	-
400	60	66	73	83	89	95	-
300	50	57	64	73	80	87	95
200	37	44	50	60	66	73	83
100	22	26	31	37	44	50	60
50	11	15	18	22	26	31	37

Приложение 2

Исходные данные для определения гранулометрического состава продуктов крупного дробления

Таблица П.2.1 - Усредненные характеристики крупности разгрузки дробилок крупного дробления

Крупность классов, мм	Суммарный выход классов по минусу, %, при крупности продукта, мм					
	350-0	300-0	250-0	200-0	150-0	100-0
350	95	-	-	-	-	-
300	88	95	-	-	-	-
250	81	87	95	-	-	-
200	74	79	86	95	-	-
150	62	68	75	84	95	-
100	47	51	58	68	79	95
75	37	41	47	56	68	84
50	27	31	35	41	51	68
25	14	17	20	24	30	41
15	7	10	12	15	20	27

Приложение 3

Исходные данные к расчету необходимой площади просеивающей поверхности

Таблица П.3.1 - Сводные данные к технологическому расчету грохотов

Показатели	Размер отверстий сетки a , мм																			
	3,2	4	5	6	8	10	12	16	20	25	32	40	50	60	80	100				
q , м ³ /(м ² ·ч)	7,0	8,5	9,8	11,3	14,2	17,0	20	26	29	31	34	38	42	46	55	64				
E , %	65	70	75	80	85	90	92	94		95		96		98		-				
K_E	2,25	2,0	1,75	1,50	1,25	1,0	0,9	0,8		0,75		0,7		0,6		-				
Вид просеивающей поверхности	Проволочные сита						Перфорированные (штампованные) листовые решета					Сита из резины и полиуретана								
Форма отверстий	Квадратные			Прямоугольные (щелевидные)			Квадратные		Круглые			Квадратные			Щелевидные					
K_Φ	1,0			1,2			0,85		0,7			0,9			1,2					
Параметр механического режима грохота, мм/мин	6000				8000				9000				10000				12000			
K_M	0,7			0,8			0,85			0,9			1,0							
Форма зерен и кусков	Многогранная (дробленая порода)						Округлая (песчано-гравийная смесь)					Плитняковая (лещадь)								
K_Z	1,0						1,2					0,8								
Расположение сетки в двухситном грохоте	Верхнее сито								Нижнее сито											
K_P	1,0								0,7											
Способ грохочения	Сухое грохочение								Грохочение с орошением											
K_{CM}	1,0								1,25-1,40											

Приложение 4

Исходные данные для определения гранулометрического состава продуктов среднего дробления

Таблица П.4.1 – Усредненные характеристики крупности продуктов дробления КСД (с предварительным грохочением)

Крупность классов, мм	Суммарный выход классов по минусу, %, при крупности продукта, мм					
	130-0	100-0	80-0	60-0	40-0	20-0
130	95	-	-	-	-	-
100	82	95	-	-	-	-
80	68	84	95	-	-	-
60	48	65	81	95	-	-
40	31	42	53	74	95	-
20	15	20	25	33	53	95
10	7	10	12	16	25	53

Таблица П.4.1 – Усредненные характеристики крупности продуктов дробления КСД (без предварительного грохочения)

Крупность классов, мм	Суммарный выход классов по минусу, %, при крупности продукта, мм					
	130-0	100-0	80-0	60-0	40-0	20-0
130	95	-	-	-	-	-
100	83	95	-	-	-	-
80	72	85	95	-	-	-
60	57	70	81	95	-	-
40	41	49	62	76	95	-
20	21	28	34	43	62	95
10	11	13	17	23	34	62

Таблица П.4.3 – Усредненные гранулометрические характеристики продуктов КМД при дроблении с предварительным грохочением

Крупность классов, мм	Суммарный выход классов по минусу, %, при крупности продукта, мм				
	35-0	30-0	25-0	20-0	15-0
35	95	-	-	-	-
30	88	95	-	-	-
25	79	87	95	-	-
20	62	74	84	95	-
15	45	53	65	80	95
10	29	33	41	53	74
5	14	16	20	25	33