

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ).

Общие сведения

1.	Кафедра	Горного дела, наук о Земле и природообустройства
2.	Специальность	21.05.04 Горное дело Специализация № 6 «Обогащение полезных ископаемых»
3.	Дисциплина (модуль)	Б1.Б.36.1 Дробление, измельчение и подготовка сырья к обогащению
4.	Количество этапов формирования компетенций (ДЕ, разделов, тем и т.д.)	11

Перечень компетенций

<p>- способностью выбирать и рассчитывать основные технологические параметры эффективного и экологически безопасного производства работ по переработке и обогащению минерального сырья на основе знаний принципов проектирования технологических схем обогатительного производства и выбора основного и вспомогательного обогатительного оборудования (ПСК-6.3)</p>

Критерии и показатели оценивания компетенций на различных этапах их формирования

Этап формирования компетенции (разделы, темы дисциплины)	Формируемая компетенция	Критерии и показатели оценивания компетенций			Формы контроля сформированности компетенций
		Знать:	Уметь:	Владеть:	
1. Основы процесса грохочения	ПСК-6.3	роль и место процесса; теоретические основы			Устный опрос
2. Ситовой анализ. Характеристики крупности	ПСК-6.3	роль и место процесса; теоретические основы	анализировать результаты исследований в области теории, практики и технологии с целью их экспериментальной проверки		Решение задач, реферат, лабораторная работа
3. Эффективность и кинетика процесса грохочения	ПСК-6.3	роль и место процесса; теоретические основы	анализировать результаты исследований в области теории, практики и технологии с целью их экспериментальной проверки		Решение задач, лабораторная работа
4. Типы грохотов, их эксплуатация	ПСК-6.3	конструкции, технические характеристики, эксплуатационные данные оборудования и аппаратов	выбирать тип и рассчитывать число требуемых аппаратов и машин	методикой выбора и технико-экономическими показателями оборудования	Устный опрос, реферат
5. Основы процесса дробления, законы дробления	ПСК-6.3	роль и место процесса; теоретические основы			Устный опрос
6. Способы и стадии дробления, технология дробления	ПСК-6.3	теоретические основы	анализировать результаты исследований в области теории, практики и технологии с целью их экспериментальной проверки; использовать принципы моделирования для	методикой расчета схем	Устный опрос, реферат, лабораторная работа

			совершенствования и интенсификации процессов		
7. Типы дробилок и область их применения	ПСК-6.3	конструкции, технические характеристики, эксплуатационные данные оборудования и аппаратов	выбирать тип и рассчитывать число требуемых аппаратов и машин	методикой выбора и технико-экономическими показателями оборудования	Устный опрос, реферат
8. Основы процесса измельчения	ПСК-6.3	роль и место процесса; теоретические основы			Устный опрос, реферат
9. Кинетика измельчения	ПСК-6.3	теоретические основы	анализировать результаты исследований в области теории, практики и технологии с целью их экспериментальной проверки	методикой расчета схем	Решение задач, лабораторная работа
10. Типы мельниц и область их применения	ПСК-6.3	конструкции, технические характеристики, эксплуатационные данные оборудования и аппаратов	выбирать тип и рассчитывать число требуемых аппаратов и машин	методикой выбора и технико-экономическими показателями оборудования	Устный опрос, реферат
11. Технология измельчения	ПСК-6.3	теоретические основы	использовать принципы моделирования для совершенствования и интенсификации процессов		Устный опрос, опорный конспект

Критерии и шкалы оценивания

1. Устный опрос

Процент правильных ответов	До 60	60-80	81-100
Количество баллов	0,2	0,5	1

2. Решение задач

4 балла выставляется, если студент решил все рекомендованные задачи, правильно изложил все варианты их решения, аргументировав их, с обязательной ссылкой на соответствующие нормативы (если по содержанию это необходимо).

3 балла выставляется, если студент решил не менее 85% рекомендованных задач, правильно изложил все варианты решения, аргументировав их, с обязательной ссылкой на соответствующие нормативы (если по содержанию это необходимо).

2 балла выставляется, если студент решил не менее 65% рекомендованных задач, правильно изложил все варианты их решения, аргументировав их, с обязательной ссылкой на соответствующие нормативы (если по содержанию это необходимо).

0 баллов - если студент выполнил менее 50% задания, и/или неверно указал варианты решения.

3. Опорный конспект

Опорный конспект- это сокращенная запись крупного блока изучаемого материала, которая поможет студентам структурировать знания, грамотно и точно воспроизвести изученный материал при подготовке к экзамену.

Баллы	Содержание конспекта
8	записаны все темы; выделены главные (ключевые слова); использованы системы условных обозначений, символов и т.д.
7	записаны все темы; выделены главные (ключевые слова)
5	записаны все темы

4. Лабораторная работа

Структура лабораторной работы	Максимальное количество баллов
Содержание	
Сформулирована цель работы	2
Понятны задачи и ход работы	2
Выполнение работы в отчете изложено полно, четко и правильно	2
Иллюстрации усиливают эффект восприятия текстовой части информации	2
Сделаны выводы	2
Максимальное количество баллов	10

5. Критерии оценки выступления студентов с рефератом

Баллы	Характеристики ответа студента
2	- студент глубоко и всесторонне усвоил проблему;

	<ul style="list-style-type: none"> - уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; - опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью; - умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; - делает выводы и обобщения; - свободно владеет понятиями
1,5	<ul style="list-style-type: none"> - студент твердо усвоил тему, грамотно и по существу излагает ее, опираясь на знания основной литературы; - не допускает существенных неточностей; - увязывает усвоенные знания с практической деятельностью; - аргументирует научные положения; - делает выводы и обобщения; - владеет системой основных понятий
1	<ul style="list-style-type: none"> - тема раскрыта недостаточно четко и полно, то есть студент освоил проблему, по существу излагает ее, опираясь на знания только основной литературы; - допускает несущественные ошибки и неточности; - испытывает затруднения в практическом применении знаний; - слабо аргументирует научные положения; - затрудняется в формулировании выводов и обобщений; - частично владеет системой понятий
0	<ul style="list-style-type: none"> - студент не усвоил значительной части проблемы; - допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении ее; - испытывает трудности в практическом применении знаний; - не может аргументировать научные положения; - не формулирует выводов и обобщений; - не владеет понятийным аппаратом

Типовые контрольные задания и методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

1) Типовые вопросы к устному опросу

1. На сколько % загружают мельницу шарами?
2. Основными размерами щековых дробилок являются...
3. Угол захвата щековой дробилки - это угол ...
4. Дробилками периодического действия называются...
5. Что такое эффективность грохочения?

2) Примеры решения задач

Для определения гранулометрического состава необходимо провести ситовой анализ (рассев пробы на узкие классы на стандартном наборе сит).

Пример 1. Приведем пример обработки результатов ситового анализа. Ситовой анализ выполнялся на наборе сит с размерами отверстия от 0,3 до 0,074 мм. Результаты взвешивания узких классов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты взвешивания узких классов

Крупность класса, мм	Масса класса, г
+0,3	10
-0,3+0,15	25

-0,15+0,104	40
-0,104+0,074	35
-0,074+0,0	30

По данным взвешивания составим таблицу 2.

Таблица 2 – Результаты ситового анализа

Крупность класса, мм	Масса класса, г	Содержание класса β^* , %	Суммарное содержание класса, $\Sigma\beta$, %	
- $d_{\max}+0,3$	10	7,2	7,2	100,0
-0,3+0,15	25	17,8	25,0	92,8
-0,15+0,104	40	28,6	53,6	75,0
-0,104+0,074	35	25,0	78,8	48,4
-0,074+0,0	30	21,4	100,0	21,4
Всего	140	100,0	-	-

Примечание: * - содержание класса совпадает с выходом класса. Так как масса класса и масса расчетного компонента (классы определенной крупности) – здесь одна и та же величина.

Содержание класса определяется как отношение массы данного класса к сумме масс всех классов:

$$\beta_{+0,3} = 10 : 140 \cdot 100 = 7,15\%;$$

$$\beta_{-0,3+0,15} = 25 : 140 \cdot 100 = 17,85\% \text{ и т.д.}$$

Суммарными называются классы крупности, полученные при рассеве материала только на одном сите. Верхний класс называется суммарным по плюсу, а нижний - суммарным по минусу.

Для одного и того же сита сумма суммарных содержаний по плюсу и минусу равна 100%. В графе 4 и 5 таблицы 2.2 записывают суммарные содержания классов для каждого из сит. В каждой строчке суммарное содержание по плюсу записывают для размера сита, стоящего в этой строчке в графе 1 и имеющего знак плюс, а суммарное содержание по минусу – для размера сита, стоящего в графе 1 на строчку ниже и имеющего знак минус. Суммарные содержания по плюсу подсчитываются последовательным суммированием содержаний узких классов сверху вниз, а по минусу – суммированием снизу вверх. Например:

$$\Sigma\beta_{+0,15} = 7,2 + 17,8 = 25\%;$$

$$\Sigma\beta_{+0,104} = 25 + 28,6 = 53,6\%;$$

$$\Sigma\beta_{-0,104} = 21,4 + 25 = 46,4\%;$$

$$\Sigma\beta_{-0,15} = 46,4 - 28,6 = 17,8\%.$$

По данным ситового анализа строятся суммарные характеристики крупности по плюсу или по минусу.

Суммарные характеристики представляют собой графическую зависимость между размером отверстий сит в миллиметрах и суммарным содержанием класса на этом сите по плюсу или по минусу в процентах. Суммарная характеристика по минусу является зеркальным отображением суммарной характеристики по плюсу (рисунок 1).

Пользуясь суммарной характеристикой крупности, можно определять содержания любых классов крупности – как суммарных, так и узких. Суммарное содержание класса для какого-либо размера сита определяется как ордината, проведенная из точки на оси абсцисс, соответствующей размеру сита, до графика характеристики крупности, для определения содержания узкого класса необходимо определить суммарные содержания для крайних размеров класса и произвести их вычитание.

Пример 2. По рис.1 необходимо определить содержание класса -0,2+0,1 мм.

Решение. Определяем по плюсу содержание класса крупнее 0,1 и 0,2 мм. Получаем соответственно: $\beta_{+0,1}=54\%$ и $\beta_{+0,2}=15\%$.

Затем производим вычитание: $\beta_{-0,2+0,1} = \beta_{+0,1} - \beta_{+0,2} = 54 - 15 = 39\%$.

Пользуясь характеристикой по минусу, получим:

$$\beta_{-0,2+0,1} = \beta_{-0,2} - \beta_{-0,1} = 85 - 46 = 39\%.$$

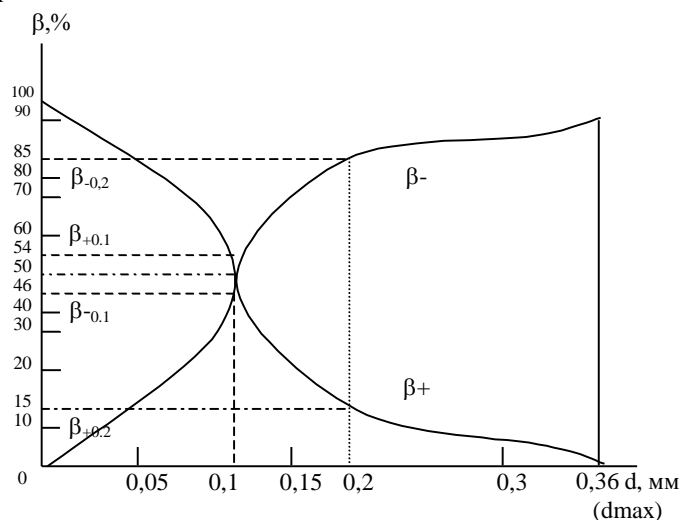


Рисунок 1 – Суммарная характеристика крупности

Крупность массы зерен характеризуют максимальным или средним диаметром $d_{\text{ср}}$. За d_{max} принимается максимальный размер сита, через которое все зерна проходят. Его находят по характеристике крупности как размер отверстий сита, при котором суммарные содержания по плюсу и по минусу соответственно равны нулю и 100%. Для нашего примера $d_{\text{max}} = 0,36$ мм.

Средний диаметр рассчитывается по таблице результатов ситового анализа по различным формулам, выражение которых зависит от параметра усреднения. В нашем примере:

$$d_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i \beta_i}{\sum_{i=1}^n \beta_i},$$

где β_i – содержание узкого класса крупности, %; n – число классов; d_i – среднеарифметический диаметр узкого класса крупности, мм, $d_i = (d_1 + d_2)/2$; d_1 и d_2 – крайние размеры узкого класса крупности.

Для нашего примера:

$$d_{\text{ср}} = (0,330 \cdot 7,2 + 0,225 \cdot 17,8 + 0,127 \cdot 28,6 + 0,089 \cdot 25 + 0,37 \cdot 21,4) : (7,15 + 17,85 + 28,6 + 25 + 21,4) = 0,2 \text{ мм}.$$

Грохочение – процесс разделения дробленых полезных ископаемых по крупности путем просеивания их через сетки. В процессе грохочения материала на одной сетке получается два продукта: надрешетный, или верхний, и подрешетный, или нижний. Качество проведенной операции грохочения определяется эффективностью грохочения, выражаемой в долях единицы или процентах. Эффективность грохочения подсчитывается по всему нижнему классу, т.е. классу меньше размера отверстий сетки, и по узким классам крупности, составляющим нижний продукт.

Эффективность грохочения может быть определена по любой из следующих формул:

$$E = \frac{Q_n \cdot \beta}{Q_{\text{исх}}^\alpha} \cdot 100;$$

$$E = \frac{\gamma_n \cdot \beta}{\alpha};$$

$$E = \frac{\beta}{\alpha} \cdot \frac{\alpha - \vartheta}{\beta - \vartheta},$$

где Q_n и $Q_{исх}$ – масса соответственно нижнего и исходного продукта, т/час, т/сутки; α , β , ν – содержание расчетного класса соответственно в исходном, нижнем и верхнем продукте, %; γ_n – выход нижнего продукта, %.

При расчете E по всему нижнему классу в формулах $\beta = 100$ %.

Измельчение – процесс уменьшения размеров кусков (зёрен) полезных ископаемых действием внешних сил до крупности мельче 5 мм.

На обогатительных фабриках измельчение – подготовительная операция перед обогащением и применяется вместе с дроблением для разъединения (раскрытия) зерен различных минералов, содержащихся в полезном ископаемом, тесно переплетённых и сросшихся между собой.

Основными аппаратами для измельчения являются барабанные мельницы. Мельницы могут работать в открытом цикле и чаще в замкнутом цикле с классификацией. В последнем случае для расчета схем измельчения необходимо знать циркулирующую нагрузку – количество материала (песков классификации), возвращаемое обратно в до измельчения. Циркулирующую нагрузку определяют обычно не взвешиванием пробы песков, получаемых за определённое время, а рассчитывают по данным опробования отдельных потоков измельчения. Опробованию подлежат разгрузка мельниц, поступающая в классификацию, и продукты классификации (пески и слив).

Циркулирующую нагрузку рассчитывают по результатам ситового анализа данных продуктов либо по разжижению в них (отношению $Ж:Q$ в них) или содержанию влаги

Циркулирующая нагрузка по результатам ситового анализа отработанных проб из продуктов измельчения (рис. 2) рассчитывается по следующим формулам:

для схемы рис. 2, а

$$C = \frac{\beta_4 - \beta_3}{\beta_3 - \beta_5}$$

тогда $C=Q_5/Q_1$; $Q_1=Q_4$;

для схемы рис.2, б

$$C = \frac{\beta_4 - \beta_1}{\beta_5 - \beta_4}$$

тогда $C=Q_4/Q_1$; Q_1 ; $Q_4=Q_5$; $Q_1=Q_3$

для схемы рис. 2, в

$$C = \frac{\beta_6 - \beta_5}{\beta_5 - \beta_7}$$

тогда $C=Q_7/Q_3$; $Q_3=Q_1 \frac{\beta_2 - \beta_1}{\beta_2 - \beta_3}$; $Q_3=Q_6$; $Q_1=Q_8$

для схемы рис.2, г

$$C = \frac{\beta_4 - \beta_3}{(\beta_4 - \beta_5) - n(\beta_4 - \beta_3)}$$

тогда $C=Q_5/Q_1$; $n=Q_7/Q_5$; $Q_7=n \cdot Q_5$; $Q_6=(1-n)Q_5$; $Q_4=Q_1-(1-n)Q_5$; $Q_1=Q_6+Q_4$.

Здесь C – циркулирующая нагрузка, доли единицы;

β_i – содержание любого класса крупности (узкого или широкого) по минусу в i -м продукте, % или доли единицы; Q_i – масса i -того продукта; n – соотношение частей песков, доли единиц.

Циркулирующую нагрузку по разжижению в продуктах цикла измельчения (или по содержанию в них влаги), установленных по результатам опробования, рассчитывают по следующим формулам:

для схемы рис. 2,а.

$$C = \frac{R_4 - R_3}{R_3 - R_5}$$

тогда $C=Q_5/Q_1$;
для схем рис.2,б.

$$C = \frac{R_3 - R_1}{R_5 - R_4}$$

тогда $C=Q_4/Q_1$;
для схем рис.2,в.

$$C = \frac{R_6 - R_5}{R_5 - R_7}$$

тогда $C=Q_7/Q_3$; $Q_3=Q_1 \frac{R_2 - R_1}{R_2 - R_3}$;

для схем рис.2,г.

$$C = \frac{R_4 - R_3}{(R_4 - R_5) - n(R_4 - R_3)}$$

тогда $C=Q_5/Q_1$; $n=Q_7/Q_5$; $Q_7=n \cdot Q_5$; $Q_6=(1-n)Q_5$;

Здесь R_i – разжижение i – го продукта – Ж:Q по массе; остальные обозначения те же, что и в формулах () – ().

Если при опробовании определяют не разжижения, а влажности продуктов, то нужные для расчета циркулирующей нагрузки разжижения R , зная влажность продуктов, рассчитывают по формуле

$$R_N = \frac{M_N}{(100 - M_N)}$$

где M_N – влажность продукта N , %.

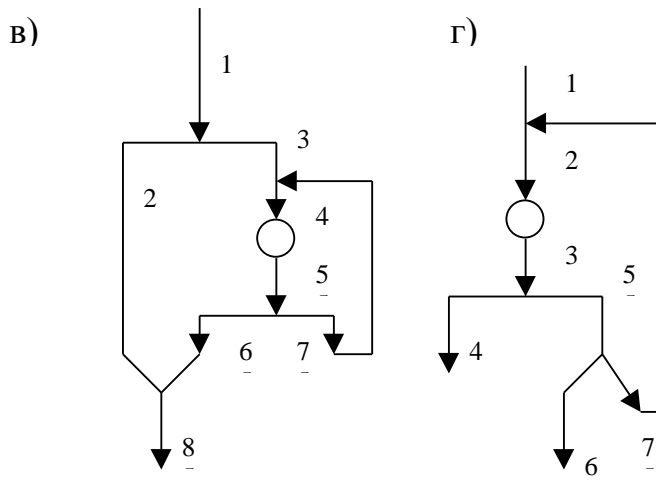
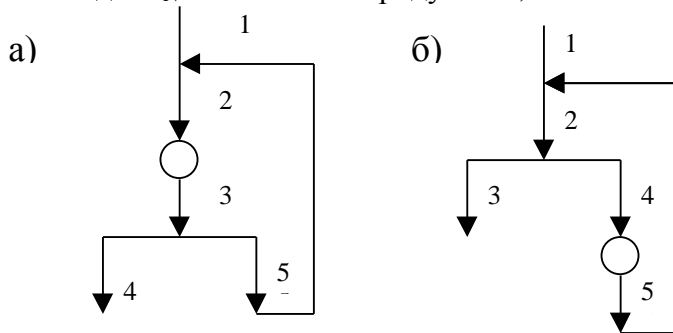


Рисунок 2. Схемы измельчения: **а)** – замкнутый цикл, операции предварительной классификации нет, только поверочная классификация; **б)** – замкнутый цикл, операции предварительной и поверочной классификации совмещены; **в)** – замкнутый цикл, операции предварительной и поверочной классификации разделены; **г)** – полузамкнутый (частично замкнутый) цикл. 1-7 – номера продуктов.

Подготовительные процессы имеют важное значение при обогащении самых различных видов полезных ископаемых. Технологические схемы этих процессов определяются, прежде всего, минералогическим составом перерабатываемого сырья и дальнейшим методом обогащения. Поэтому изучению данного курса должно предшествовать знакомство с основами физики, химии, учения о горных породах, минералогического состава горных пород и их текстурно-структурных особенностей.

Таблица 1 – Выбор варианта

Номер зачетной книжки (последняя цифра)	0 – 1	2 – 3	4 – 5	6 – 7	8 – 9
Номер варианта	1	2	3	4	5

Грохочение

Задачи на расчет показателей грохочения

Задача 3 (вариант 1). Определить выход нижнего продукта при грохочении материала 300-0 мм на сетке с размером отверстий 120 мм, если эффективность грохочения 85 %. Характеристика крупности материала выражается прямой линией.

Задача 4 (вариант 2). Установить эффективность грохочения материала 300-0 мм на сетке с размером отверстий 60 мм, если выход верхнего продукта 82 %. Характеристика крупности исходного материала выражается прямой линией.

Задача 5 (вариант 3). Найти эффективность грохочения материала 500-0 мм на сетке с размером отверстий 200 мм, если содержание нижнего класса в верхнем продукте 10%. Характеристика крупности исходного материала выражается прямой линией.

Задача 6 (вариант 4). Вычислить эффективность грохочения материала крупностью 200-0 мм на сетке с размером отверстий 50 мм, если выход верхнего продукта 80%, а содержание класса -50 мм в исходном 25 %.

Задача 7 (вариант 5). Вычислить эффективность грохочения по всему нижнему классу и по классам крупности: -10+8 мм; -8+5 мм; -5 мм. Размер отверстий сетки 10 мм. Исходные данные для расчета приведены в таблице 4.

Таблица 4 – условия задачи 7

Содержание расчетных классов, %:	Крупность класса. мм		
	-10+8	-8+5	-5
в исходном материале	5	15	25
в верхнем продукте	7	12	3
в нижнем продукте	2	21	77

Гранулометрический состав материалов

Задачи на построение суммарных характеристик крупности и определение по ним содержания класса и средневзвешенного диаметра

Задача 1. По результатам ситового анализа построить суммарную характеристику крупности по плюсу или по минусу. Определить по ней содержание указанных классов и средневзвешенный диаметр (см. таблицу 2).

Таблица 2 – Условия задачи 1

Номер варианта	Исходные данные					Построение суммарной характеристики крупности	Требуемая крупность класса, мм	Ответы	
	Крупность класса, мм / Содержание класса, %							Содержание класса, %	Средневзвешенный диаметр, мм
1	-50+30 / 10	-30+15 / 12	-15+8 / 8	-8+4 / 18	-4+0 / 52	По плюсу	-12+1		
2	-10+5 / 39	-5+2 / 32	-2+1 / 13	-1+0,5 / 7	-0.5+0 / 9	По минусу	-6+3		
3	-20+10 / 7	-10+5 / 8	-5+3 / 9	-3+1 / 16	-1+0 / 60	По плюсу	-8		
4	-1+0,5 / 31	-0,5+0,25 / 24	-0,25+0,15 / 15	-0,15+0 / 30	-	По плюсу	-0,3		
5	-25+12 / 27	-12+6 / 17	-6+3 / 13	-3+1,5 / 13	1,5 / 30	По плюсу	-10+1		

Задача 2. По результатам ситового анализа построить суммарную характеристику крупности по плюсу или по минусу. Определить по ней содержание указанных классов (см. таблицу 3).

Таблица 3 – Условия задачи 2

Номер варианта	Исходные данные					Построение суммарной характеристики крупности	Требуемая крупность класса, мм	Ответы
	Крупность класса, мм / Содержание класса, %							Содержание класса, %
1	-2+1 / 13	-1+0,5 / 22	-0,5+0,25 / 25	-0,25+0,5 / 12	-0,15+0 / 28	По минусу	-0,6+0,3	
2	-10+5 / 20	-5+3 / 10	-3+1 / 22	-1+0,5 / 15	-0,5+0 / 33	По плюсу	-4+2	
3	-300+200 / 20	-200+100 / 27	-100+50 / 23	-50+25 / 14	-25+0 / 16	По минусу	-125+75	
4	-50+25 / 40	-25+12,5 / 23	-12,5+5 / 18	-5+2,5 / 8	-2,5+0 / 11	По минусу	-5+1	
5	-50+25 / 25	-25+12,5 / 27	-12,5+5 / 28	-5+2,5 / 15	-2,5+0 / 25	По плюсу	-10	

Измельчение

Задачи на расчет циркулирующей нагрузки мельниц по результатам ситового анализа продуктов цикла измельчения

Задача 8. Определить циркулирующую нагрузку мельницы для схемы измельчения на рис.1а по результатам ситового анализа проб продуктов измельчения. Условия задачи (содержание класса определенной крупности в отобранных пробах и схеме измельчения) даны в таблице 5.

Таблица 5 – условия задачи 8 (схема рис.1а)

Номер варианта	Содержание класса определенной крупности (узкого или широкого) по минусу в продуктах, %			Ответ, с
	3	4	5	
1	20	80	10	
2	35	75	12	
3	40	85	20	
4	25	65	13	
5	45	95	15	

Задача 9. Определить циркулирующую нагрузку мельницы для схемы измельчения на рис.1б по результатам ситового анализа проб продуктов измельчения. Условия задачи (содержание класса определенной крупности в отобранных пробах и схеме измельчения) даны в таблице 6.

Таблица 6—условия задачи 9 (схема рис.1б)

Номер варианта	Содержание класса определенной крупности (узкого или широкого) по минусу в продуктах, %				Ответ: с
	1	3	4	5	
1	10	40	5	18	
2	15	25	10	19	
3	18	35	12	22	
4	9	20	5	15	
5	12	28	8	18	

Задача 10. Определить циркулирующую нагрузку мельницы для схемы измельчения на рис.1в по результатам ситового анализа проб продуктов измельчения. Условия задачи (содержание класса определенной крупности в отобранных пробах и схеме измельчения) даны в таблице 7.

Таблица 7 --условия задачи 10 (схема рис.1в)

Номер варианта	Содержание класса определенной крупности (узкого или широкого) по минусу в продуктах, %						Ответ: с
	1	2	3	5	6	7	
1	3	40	1	20	43	10	
2	5	55	3	30	56	12	
3	6	80	2	25	75	8	
4	4	65	2	32	68	9	
5	8	70	4	40	72	6	

Задача 11. Определить циркулирующую нагрузку мельницы для схемы измельчения на рис.1г по результатам ситового анализа проб продуктов измельчения. Условия задачи (содержание класса определенной крупности в отобранных пробах и схеме измельчения) даны в таблице 8.

Таблица 8 --условия задачи 11 (схема рис.1г)

Номер варианта	Содержание класса определенной крупности (узкого или широкого) по минусу в продуктах, %			$n=Q_7/Q_5$	Ответ: c
	3	4	5		
1	30	65	10	0,2	
2	28	70	8	0,5	
3	45	80	20	0,3	
4	50	90	18	0,4	
5	35	68	12	0,6	

Задачи на расчет циркулирующей нагрузки мельниц по разжижению (или влажности) продуктов цикла измельчения

Задача 12. Определить циркулирующую нагрузку мельницы по схеме измельчения на рисунке 1а по результатам опробования цикла измельчения. При опробовании определялось разжижение – отношение жидкого к твердому (по массе) в продуктах или содержание в них влаги. Условия задачи приведены в таблице 9.

Таблица 9 – условия задачи 12

Номер варианта	Отношение Ж:Q в продуктах / Влажность продуктов, %			Ответ: c
	3	4	5	
1	- / 30	2 / -	- / 20	
2	- / 40	3 / -	0,15 / -	
3	- / 35	2,5 / -	0,25 / -	
4	1 / -	- / 80	- / 25	
5	0,45 / -	4,5 / -	0,2 / -	

Задача 13. Определить циркулирующую нагрузку мельницы по схеме измельчения на рисунке 1б по результатам опробования цикла измельчения. При опробовании определялось разжижение – отношение жидкого к твердому (по массе) в продуктах или содержание в них влаги. Условия задачи приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Условия задачи 13

Номер варианта	Отношение Ж:Q в продуктах / Влажность продуктов, %				Ответ: c
	1	3	4	5	
1	- / 10	5,0 / -	1,0 / -	- / 35	
2	- / 8	- / 70	0,45 / -	- / 20	
3	0,08 / -	- / 50	0,2 / -	0,35 / -	
4	- / 12	3,5 / -	0,4 / -	1,5 / -	
5	0,17 / -	- / 75	- / 25	0,6 / -	

Задача 14. Определить циркулирующую нагрузку мельницы по схеме измельчения на рисунке 1в по результатам опробования цикла измельчения. При опробовании определялось разжижение – отношение жидкого к твердому (по массе) в продуктах или содержание в них влаги. Условия задачи приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Условия задачи 14

Номер варианта	Отношение Ж:Q в продуктах / Влажность продуктов, %						Ответ: c
	1	2	3	5	6	7	
1	- / 40	- / 65	0,29 / -	0,54 / -	1,86 / -	- / 15	
2	- / 48	- / 70	- / 30	- / 40	2,3 / -	0,4 / -	
3	- / 55	5 / -	- / 30	0,66 / -	- / 83	0,40 / -	
4	1,5 / *	- / 80	- / 35	- / 45	4 / -	- / 20	
5	- / 32	4 / -	0,33 / -	- / 35	4 / -	0,25 / -	

Задача 15. Определить циркулирующую нагрузку мельницы по схеме измельчения на рисунке 1г по результатам опробования цикла измельчения. При опробовании определялось разжижение – отношение жидкого к твердому (по массе) в продуктах или содержание в них влаги. Условия задачи приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Условия задачи 15

Номер варианта	Отношение Ж:Q в продуктах / Влажность			$n=Q_7/Q_5$	Ответ: <i>c</i>
	3	4	5		
1	0,6 / -	- / 70	0,20 / -	0,5	
2	- / 40	5 / -	- / 15	0,3	
3	0,7 / -	- / 80	0,3 / -	0,6	
4	- / 35	3,5 / -	0,25 / -	0,25	
5	- / 45	4 / -	- / 15	0,75	

3) Примерные темы рефератов

1. Выбор и обоснование технологической схемы рудоподготовки.
2. Выбор режима работы цехов дробления и корпуса обогащения.
3. Выбор и расчет дробилок, грохотов и мельниц первой стадии измельчения.
4. Размещение оборудования в объемах зданий цехов рудоподготовки.
5. Выбор и обоснование схемы дробления и измельчения, дробильного, классифицирующего и измельчительного оборудования.
6. Характеристика крупности исходной руды.
7. Расчет стадий дробления, грохотов, мельниц, классификатора.
8. Ситовые характеристики крупности.
9. Определение общей степени дробления для цеха дробления. Подбор степени дробления.
10. Расчет и выбор дробилок, колосникового грохота. Расчет грохота второй стадии дробления.
11. Расчет схемы измельчения и выбор оборудования для измельчения и классификации.
12. Особенности и этапы осуществления технологии дробления.
13. Уточненный расчет схемы грохочения.
14. Выбор и расчет дробилок.
15. Определение потребности оборудования для рудоподготовки, вспомогательного оборудования.
16. Положения техники безопасности в цехе дробления.
17. Выбор оборудования и технологической схемы измельчения.
18. Особенности переработки руд месторождения.
19. Эксплуатация мельниц и измельчительного оборудования.
20. Экономика производства, организация труда и управление.
21. Расчет производительности дробильных цехов и измельчительного отделения обогатительной фабрики.
22. Выбор и расчет дробилок и грохотов.
23. Расчет производительности измельчительных мельниц. Расчет гидроциклонов, схем цепей.
24. Теоретические основы дробления, измельчения.
25. Свойства материалов подвергаемых измельчению.
26. Требования предъявляемые к продуктам измельчения.
27. Классификация методов машин для измельчения материалов. Щековые и молотковые дробилки, дробильное оборудование.

28. Выбор и расчет основного технологического оборудования процесса переработки минерального сырья, питателей.
29. Расчет операций грохочения. Выбор и обоснование количества основного оборудования, их технические характеристики, назначение и основные функции.

4) Пример плана типового задания на лабораторную работу

1. Цель
2. Теоретическая часть
3. Методика расчета
4. Пример решения
5. Задание студентам
6. Выводы

Примерные темы лабораторных работ

№ п/п	Лабораторная работа	Номер темы	Кол-во часов
1.	Определить гранулометрический состав с помощью ситового анализа. Построить характеристики крупности. Вывести уравнения характеристик крупности материала и построить кривые распределения по полученным данным	2	2
2.	Определить эффективность грохочения – общую и по отдельным классам крупности. Определить вероятность прохождения зерен через отверстия сита. Изучить влияние на процесс грохочения различных факторов и последовательность выделения классов крупности. Определить зависимость эффективности грохочения от продолжительности отсева, нагрузки грохота и гранулометрического состава грохотимого материала.	3	4
3.	Изучить способы дробления, степень дробления и ее определение. Определить оптимальную крупность дробленого продукта, поступающего в последующие операции измельчения.	6	2
4.	Изучить кинетику измельчения, уравнения кинетики измельчения, значение параметров уравнения, их определение. Определить технологические зависимости, вытекающие из уравнения кинетики измельчения.	9	2
	Итого		10 час.

Вопросы к экзамену

1. Основные понятия и виды грохочения по технологическому назначению: самостоятельное, подготовительное, вспомогательное, избирательное, обезвоживающее.
2. Просеивающая поверхность грохотов: колосниковые решетки, листовые решета со штампованными отверстиями, резиновые решета, проволочные сетки, шпальтовые, струйные сита. Живое сечение просеивающих поверхностей (коэффициент живого сечения).
3. Гранулометрический состав сыпучего материала, классы крупности. Средний диаметр отдельной частицы и смеси частиц. Виды грохочения по крупности материала: крупное, среднее, мелкое, тонкое.
4. Ситовый анализ, стандартные шкалы сит. Аппараты для производства ситового анализа. Характеристики крупности сыпучего материала по частным и суммарным

выходам классов крупности. Формы суммарной (кумулятивной) характеристики крупности: по «плюсу» и «минусу», полулогарифмическая, логарифмическая.

5. Уравнения характеристик крупности материала (Годэна–Андреева, Розина–Раммлера). Кривые распределения. Вычисление поверхности и числа зерен по уравнению суммарной характеристики крупности. Вычисление среднего диаметра зерен сыпучего материала.

6. Эффективность грохочения – общая и по отдельным классам крупности. «Легкие», «трудные» и «затрудняющие» зерна. Вероятность прохождения зерен через отверстия сита.

7. Влияние на процесс грохочения различных факторов: влажности материала, формы и размера его частиц, формы отверстий и наклона просеивающей поверхности, скорости движения грохотимого материала, амплитуды и частоты вибраций короба инерционных грохотов. Последовательность выделения классов крупности: от крупного к мелкому, от мелкого к крупного, комбинированная.

8. Зависимость эффективности грохочения от продолжительности рассева, нагрузки грохота и гранулометрического состава грохотимого материала. Извлечение мелкого класса в подрешетный продукт. «Замельченность» надрешетного продукта.

9. Общая классификация грохотов. Неподвижные колосниковые грохоты. Валковые грохоты. Схема устройства, принцип действия, размеры, область применения, производительность, показатели работы. Достоинства и недостатки.

10. Барабанные грохоты. Плоские качающиеся грохоты. Схема устройства, принцип действия, размеры, область применения, производительность, показатели работы. Достоинства и недостатки.

11. Вибрационные (инерционные) грохоты с круговыми и эллиптическими колебаниями, самоцентрирующиеся грохоты. Амплитудно-частотная характеристика инерционных грохотов. Схема устройства, принцип действия, размеры, область применения, производительность, показатели работы. Достоинства и недостатки.

12. Вибрационные грохоты с линейными вибрациями. Типы вибраторов. Грохоты с самобалансным вибратором, самосинхронизирующиеся, самобалансные грохоты. Схема устройства, принцип действия, размеры, область применения, производительность, показатели работы. Достоинства и недостатки.

13. Резонансные горизонтальные грохоты. Электровибрационные наклонные грохоты. Схема устройства, принцип действия, размеры, область применения, производительность, показатели работы. Достоинства и недостатки.

14. Условия, влияющие на производительность и эффективность работы вибрационных грохотов. Технологический расчет наклонных инерционных грохотов. Гидравлические грохоты: дуговые сита, плоские грохоты для тонкого грохочения.

15. Эксплуатация грохотов. Способы крепления сит, замена сит. Балансировка вибрационных грохотов. Борьба с залипанием рабочей поверхности и пылевыведением. Основные приемы безопасного обслуживания грохотов.

16. Основные понятия и назначение процессов дробления. Степень дробления и измельчения. Стадиальность и схемы дробления и измельчения. Удельная поверхность рыхлого материала.

17. Современные представления о процессе разрушения упруго-хрупких и хрупких твердых тел под механическим воздействием. Физико-механические свойства горных пород: прочность, твердость, вязкость, пластичность, упругость, их значимость в процессах разрушения. Шкала крепости горных пород по М.М. Протоdjяконову.

18. Структура горных пород, пористость, дефекты, трещиноватость. Образование и распространение в напряженном упруго-хрупком теле разрывающей трещины «критической» длины, как критерий возникаемого напряжения атомно-молекулярных связей в устье трещины. Физическая сущность напряжения и предельно возможная его величина.

19. Законы дробления горных пород (Риттингера, Кирпичева–Кика, Ребиндера, Бонда), их сущность, достоинства и недостатки, область применения. Зависимость удельного расхода энергии разрушения куска или частицы твердого тела от их крупности, общее выражение для энергозатрат на сокращение крупности. Индекс работы дробления по Бонду, возможность его практического использования. Избирательность дробления, физическая основа процесса, критерии и показатели, характеризующие избирательность. Роль дефектов и трещин при разделении сростков различных минералов и их связь с показателями избирательности.

20. Гранулометрический состав поступающей на дробильно-сортировочную фабрику горной массы. Способы дробления. Дробление крупное, среднее и мелкое. Степень дробления, ее определение. Схемы дробления, стадийность дробления. Открытый и замкнутый циклы дробления. Работа дробилок мелкого дробления в замкнутом цикле с грохотом.

21. Технологическая эффективность дробления. Энергетические показатели дробления. Циркулирующая нагрузка в циклах дробления. Технологические особенности дробления при переработке различного минерального сырья: руд металлических и неметаллических полезных ископаемых, угля.

22. Эксплуатация дробильных отделений, требования карт технологического режима к конечному продукту дробления. Оптимальная крупность дробленого продукта, поступающего в последующие операции измельчения. Операции предконцентрации в циклах дробления: сухая магнитная сепарация, обогащение в тяжелых суспензиях и др.

23. Классификация дробильных машин. Щековые дробилки с простым и сложным движением щеки. Схемы устройства и принцип работы, формулы для определения угла захвата, теоретической производительности, частоты качаний (для конусных и щековых), степень дробления, расход электроэнергии и металла на дробление, достоинства и недостатки, области применения.

24. Конусные дробилки для крупного дробления с верхним подвесом и нижней опорой дробящего конуса. Конусные редуцирующие дробилки. Конусные дробилки среднего и мелкого дробления. Дробилки с гидравлической амортизацией и регулированием загрузочной щели. Безэксцентриковая инерционная дробилка. Схемы устройства и принцип работы, формулы для определения угла захвата, теоретической производительности, частоты качаний (для конусных и щековых), степень дробления, расход электроэнергии и металла на дробление, достоинства и недостатки, области применения.

25. Валковые дробилки, устройства, окружная скорость валков, область применения. Зависимость диаметра валков от размера дробимых кусков. Дробилки с гладкими, рифлеными и зубчатыми валками. Схемы устройства и принцип работы, формулы для определения угла захвата, теоретической производительности, частоты качаний (для конусных и щековых), степень дробления, расход электроэнергии и металла на дробление, достоинства и недостатки, области применения.

26. Новые типы дробильных машин. Физические способы дробления: электрогидравлическое, кавитационное, процесс Снайдера и др.

27. Машины для среднего и мелкого дробления мягких и хрупких пород. Валковые дробилки для угля. Молотковые и роторные дробилки, дезинтеграторы. Схемы устройства

и принцип действия, степень дробления, производительность, расход электроэнергии и металла, способы управления.

28. Выбор типа и размеров дробилок для среднего и мелкого дробления для работы в заданных условиях. Достоинства дробилок ударного действия. Способы автоматического регулирования дробильных агрегатов.

29. Особенности разрушения минеральных частиц и зерен в процессах измельчения. Крупность исходного и конечного продуктов. Понятие «масштабного фактора» и его влияние на энергоемкость процесса измельчения в зависимости от тонины помола.

30. Раскрытие рудных и нерудных минералов в процессе измельчения, определение параметров раскрытия, селективность измельчения, способы ее повышения. Взаимосвязь процессов измельчения и обогащения при переработке руд с различной крупностью вкрапленности минералов.

31. Измельчаемость полезных ископаемых. Методы определения измельчаемости.

32. Кинетика измельчения, уравнения кинетики измельчения, значение параметров уравнения, их определение. Технологические зависимости, вытекающие из уравнения кинетики измельчения.

33. Типы мельниц, их классификация. Барабанные вращающиеся мельницы как основное измельчительное оборудование на обогатительных фабриках: шаровые с центральной разгрузкой и через решетку, стержневые, рудно-галечные. Конструктивные особенности, режимы работы, питатели, привод.

34. Скоростные режимы измельчения в шаровых мельницах: водопадный, каскадный, смешанный, сверхкритический. Угол отрыва шаров. Критическая и относительная частота вращения мельниц. Уравнения круговой и параболической траектории движения шаров в мельнице. Координаты характеристик точек параболической траектории шаров в мельнице. Оборачиваемость шаров в мельнице, циклы движения мелющей загрузки.

35. Степень заполнения объема барабана мельницы мелющей средой. Насыпная масса шаров стержней, рудной гали в мельнице. Определение степени заполнения объема барабана мельницы мелющей загрузкой.

36. Мощность, потребляемая мельницей при каскадном и водопадном режимах ее работы. Зависимость полезной мощности от частоты вращения мельницы и степени заполнения ее объема мелющей средой. Формулы полезной мощности.

37. Закономерности износа шаров в мельнице, уравнения характеристики крупности шаров в мельнице при регулярной их догрузке. Рациональная загрузка шаров. Факторы, влияющие на расход шаров в процессе измельчения.

38. Барабанные мельницы сухого и мокрого самоизмельчения, особенности процесса измельчения, его преимущества. Образование классов «критической крупности» в мельницах самоизмельчения и пути уменьшения их накопления. Мельницы полусамоизмельчения. Рудно-галечные мельницы, размер и плотность рудной гали, ее расход. конструктивные особенности, режимы работы, питатели, привод. Конструктивные особенности, режимы работы, питатели, привод. Футеровка мельниц, типы футеровок, срок эксплуатации. Области применения. Эксплуатация барабанных мельниц.

39. Вибрационные, планетарные, центробежные, струйные мельницы. Принцип действия, схемы устройства. Области применения.

40. Открытый и замкнутый циклы измельчения. Процесс образования и установления циркулирующей нагрузки в замкнутом цикле измельчения, взаимосвязь с

производительностью мельницы. Определение циркулирующей нагрузки. Пропускная способность мельницы.

41. Технологические схемы измельчения, стадийность измельчения. Число стадий и их связь с процессами обогащения. Особенности применения стержневых, шаровых и рудно-галечных мельниц в технологических схемах стадийного измельчения. Сочетание рудно-галечного измельчения с первичным рудным самоизмельчением. Классификаторы и гидроциклоны в схемах измельчения. Особенности узлов сопряжения «мельница – классификатор». Влияние эффективности классификации на производительность мельницы. Пульпа, показатели ее состава, свойства пульпы.

42. Производительность мельниц по исходному питанию и расчетному классу, факторы, влияющие на производительность. Определение производительности мельниц. Расчет мельниц по удельной производительности.

43. Автоматизация циклов измельчения, особенности регулирования этих циклов.

44. Техничко-экономические показатели измельчения. Стоимость измельчения по отдельным статьям расхода.