

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра обогащения полезных ископаемых

ОПРОБОВАНИЕ И КОНТРОЛЬ ПРОЦЕССОВ ОБОГАЩЕНИЯ

Методические указания к лабораторным работам
для обучающихся специальности
21.05.04 Горное дело, специализации
Обогащение полезных ископаемых,
всех форм обучения

Составители **М. С. Клейн**
Т. Е. Вахонина

Утверждены на заседании кафедры
Протокол № 38 от 03.06.2019
Рекомендованы к изданию
учебно-методической комиссией
специальности 21.05.04 Горное дело
Протокол № 13 от 03.06.2019
Электронная версия
находится в библиотеке КузГТУ

Кемерово 2019

Лабораторные работы по дисциплине «Опробование и контроль процессов обогащения» направлены на формирование у студентов навыков отбора и подготовки пробы для проведения анализа, обработки и анализа результатов опробования и расчета погрешностей; изучение способов оценки эффективности работы обогатительного оборудования (флотационной машины) и определение технологических параметров процесса.

Общие требования

Прежде чем приступить к выполнению лабораторных работ, необходимо пройти инструктаж по технике безопасности, ознакомиться с порядком проведения конкретной лабораторной работы и рабочим местом, получить необходимые материалы и лабораторный инвентарь у учебного мастера или инженера. Лабораторная работа выполняется группой студентов, состоящей из 3–4 человек.

По окончании лабораторной работы необходимо убрать свое рабочее место, сдать лабораторный инвентарь и приступить к обработке и оформлению результатов работы. Отчет должен быть представлен преподавателю для проверки каждым студентом. Студент, не представивший отчет о выполненной лабораторной работе, не допускается к выполнению последующей.

Студент полностью завершил лабораторный практикум, если выполнил лабораторные работы, предусмотренные рабочей программой, представил все отчеты, объяснил полученные результаты и ответил на вопросы преподавателя.

Вопросы к устному опросу

1. Дайте определение понятию «минимальная проба».
2. От каких свойств зависит масса минимальной пробы?
3. Запишите формулы для определения минимальной массы пробы.
4. Какое из уравнений минимальной массы пробы содержит дисперсию?
5. Для чего контролируется плотность пульпы?

6. Какие способы контроля плотности пульпы применяют на обогатительных фабриках?
7. Как влияет аэрация пульпы на процесс флотации?
8. Назовите другой способ определения аэрации пульпы.
9. Назовите способы перемешивания проб.
10. В каком способе перемешивания наблюдается явление сегрегации частиц?
11. Для чего необходимо чтобы, материал пробы был однороден?
12. Какой способ перемешивания может применяться для тонко измельченных материалов?
13. Напишите формулу для определения среднеквадратичного отклонения.
14. Дайте определение среднеарифметической величине.
15. Как можно снизить погрешность опробования?
16. С какой целью определяют погрешность опробования?
17. Какие методы отбора проб вы знаете?
18. Какие свойства опробуемого материала влияют на необходимое число точечных проб?
19. На какие обогатительные процессы оказывает влияние изменение гранулометрического состава?
20. Назовите способы определения гранулометрического состава.
21. На чем основан экспресс-метод определения гранулометрического состава?
22. Перечислите автоматические способы определения гранулометрического состава пульпы

Лабораторная работа № 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ОТ НЕСООТВЕТСТВИЯ МАССЫ ПРОБЫ РАЗМЕРУ ЗЕРЕН ПОЛЕЗНОГО ИСКОПАЕМОГО

Цель работы: овладеть методикой определения погрешностей, вызванных несоответствием массы пробы размеру зерен полезного ископаемого.

Общие сведения. Минимальная масса пробы зависит в основном от крупности кусков, характера распределения полезного компонента в минерале, крупности вкраплений полезных минералов, количества зерен полезного компонента в пробе, удельного веса компонента, среднего содержания его в руде, требуемой точности опробования.

Чем крупнее зерна в опробоваемом материале, тем больше должна быть масса пробы, т. к. в ней должно содержаться такое количество зерен полезного компонента, при котором избыток или недостаток некоторого количества их не мог бы исказить действительного содержания полезного компонента выше допустимых пределов погрешности опробования.

Ввиду сложности, трудности и неточности определения большого числа рассмотренных выше факторов, влияющих на массу пробы, зависимость между основными факторами, влияющими на массу пробы, выражают обычно формулой

$$q_{\min} = Kd_{\max}^{\alpha}$$

где q_{\min} – минимальная масса пробы, кг; K – коэффициент, зависящий от характеристики полезного ископаемого; d_{\max} – максимальный диаметр зерна, мм; α – показатель степени, отражающий влияние на массу пробы неоднородности материала.

Эта формула эмпирическая и поэтому значение величин K и α определяют опытным путем по методике П. Л. Коллистова. Принимая во внимание, что опробование в каждом конкретном случае ведется одним человеком, то определяющим фактором при оценке массы пробы является крупность кусков в опробуемом продукте.

Оборудование и материалы: желобчатый сократитель Джонсона, сита, весы электронные, исследуемый материал.

Порядок проведения работы

Отбирают две пробы массой по 2 кг. Одну – крупностью 0–5 мм другую – крупностью 0–3 мм. Зерна полезного компонента в пробах представлены кварцем крупностью +5 мм. Это позволяет легко отделить их на сите для определения содержания полезного компонента.

Каждая проба разделяется по схеме (рис. 1) следующим образом. После трехкратного тщательного перемешивания пробу делят на две части с помощью делителя Джонсона. Одну часть ссыпают на сито, отделяют частицы кварца, взвешивают их и определяют содержание полезного компонента в пробе. Вторую часть пробы, после тщательного перемешивания, делят опять пополам и с обеими частями производят такие же операции, как и с частями исходной пробы. Такую обработку проводят до тех пор, пока масса порции в последней серии не уменьшится до 25–50 г. По аналогичной схеме обрабатывается вторая проба.

Результаты опытов заносят в табл. 1.1, рассчитывают содержание β и среднее содержание $\bar{\beta}$ полезного компонента, определяют отклонение каждого определения содержания от среднего $\Delta\beta$ и относительную ошибку $\Delta\beta_{от}$:

$$\bar{\beta} = \frac{\sum m_i}{\sum q_i} \cdot 100\%, \quad \Delta\beta = \beta_i - \bar{\beta}, \quad \Delta\beta_{от} = \frac{\Delta\beta}{\beta} \cdot 100\%,$$

где q_i – масса пробы, г; m_i – масса полезного компонента в пробе, г.

Таблица 1.1

Результаты опытов и расчетов по каждой пробе

№	q , г	m , г	β , %	$\Delta\beta$, %	$\Delta\beta_{от}$, %
1					
2					
и т. д.					
	$\sum q_i$	$\sum m_i$	$\bar{\beta}$		

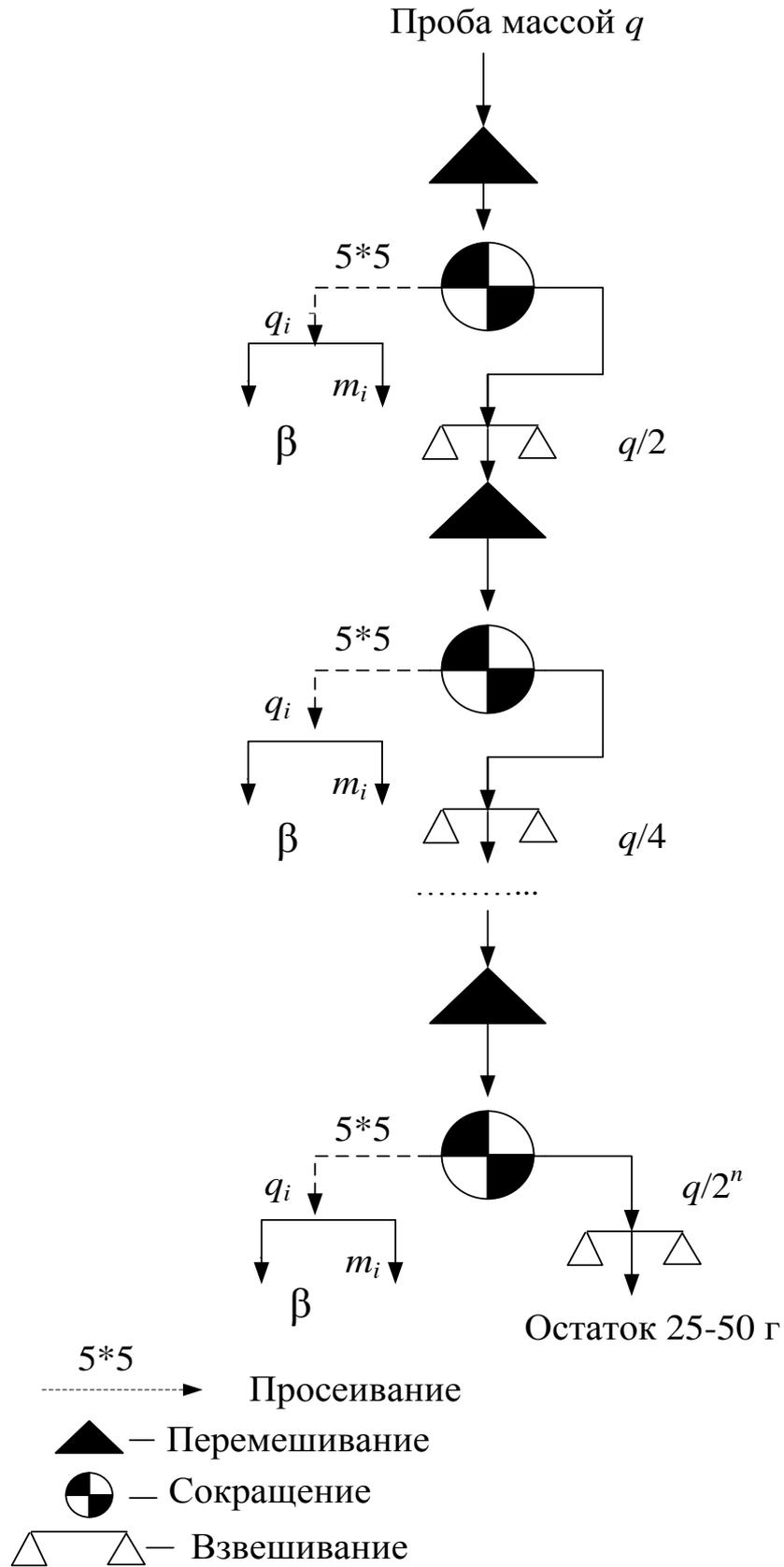


Рис. 1. Схема разделки пробы

На основании полученных данных строят график зависимости относительной ошибки в определении содержания полезного компонента от массы пробы.

По работе сделать выводы.

Отчет по лабораторной работе включает описание:

- методику определения погрешностей, вызванных несоответствием массы пробы размеру зерен полезного ископаемого;
- схему разделки пробы;
- результаты опытов и расчетов по каждой пробе;
- график зависимости относительной ошибки в определении содержания полезного компонента от массы пробы;
- выводы по работе.

Лабораторная работа № 2

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ АЭРАЦИИ И ПЛОТНОСТИ ПУЛЬПЫ
В ЛАБОРАТОРНОЙ ФЛОТАЦИОННОЙ МАШИНЕ**

Цель работы: изучить способ контроля плотности и аэрации пульпы во флотационной машине.

Общие сведения. *Аэрация пульпы* относится к основным показателям, характеризующим работу флотационных машин. Количество пузырьков воздуха в пульпе, их крупность и равномерность распределения по объему флотационной камеры влияют на эффективность работы флотомшины. Поэтому очень важно уметь правильно измерять количество засасываемого импеллером воздуха, количество воздуха в единице объема камеры в различных ее точках и оценить равномерность аэрации пульпы.

Плотность пульпы является одним из основных факторов контроля и регулирования технологического процесса на обогащательных фабриках. Сохранение оптимальной плотности пульпы – необходимое условие получения наиболее высоких технологических показателей при обогащении полезных ископаемых. Важное значение имеет плотность пульпы в циклах измельчения, флотации, гравитации и обезвоживания. Плотность пульпы также влияет на работу транспортирующих аппаратов, таких, как желоба, насосы и пр.

При флотации плотность пульпы имеет двойное значение: во-первых, для каждого типа руды и для каждой стадии процесса флотации существует оптимальная плотность, при которой можно получить наиболее высокие технологические показатели, во-вторых, плотность пульпы оказывает влияние на производительность флотационных машин и расход реагентов, однако следует иметь в виду, что чрезмерное увеличение плотности пульпы снижает аэрацию.

Оборудование и материалы: флотационная лабораторная машина (объем камеры 1,5 л), электронные весы, секундомер, три цилиндра со щелью, мерный цилиндр, три противня, руда.

Порядок выполнения работы

Определение аэрации пульпы.

Камеру флотомшины заливают водой до отметки и включают импеллер для перемешивания и засасывания воздуха в пульпу. Прибором для определения количества воздуха в пульпе служит градуированный цилиндр. Перед измерениями мерный цилиндр заполняют водой до краев, закрывают пробкой, в опрокинутом виде опускают в пульпу, открывают пробку на конце цилиндра и по секундомеру замеряют время заполнения воздухом определенного объема цилиндра. Необходимо провести четыре-пять замеров в камере флотомшины в разных точках.

Рассчитывают аэрацию пульпы:

$$\alpha = \frac{60 \cdot V}{S \cdot t},$$

где V – объем вытесненной воды из цилиндра, см^3 ; S – площадь сечения цилиндра, см^2 ; t – время вытеснения воды из цилиндра, с; α – количество воздуха, проходящего через единицу площади сечения камеры в единицу времени, $\text{мл}/(\text{мин}/\text{см}^2)$.

По результатам пяти замеров определяют среднеарифметическое значение аэрации:

$$\bar{\alpha} = \frac{\sum \alpha_i}{n},$$

где n – число точек опробования; α_i – количество воздуха, проходящего через единицу площади сечения камеры в единицу времени, $\text{мл}/(\text{мин}/\text{см}^2)$.

Определяют количество засасываемого импеллером воздуха (A , мл/мин) в камеру:

$$A = \bar{\alpha} \cdot S_K,$$

где S_K – площадь сечения камеры, см^2 .

Равномерность распределения воздуха в пульпе оценивают по величине среднего квадратичного отклонения:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (\alpha_i - \bar{\alpha})^2}{n-1}}.$$

Определяют вариационный коэффициент содержания воздуха в пульпе:

$$V = \frac{\sigma}{\alpha} \cdot 100\%.$$

Определение плотности пульпы ручным способом.

Навеску руды (вес задается преподавателем) помещают в камеру флотомашины, заливают водой до отметки, замерив ее объем, и перемешивают в течение 10 минут.

Для определения плотности пульпы используют пластмассовый цилиндр со щелью, который опускают в камеру, не останавливая машину, и заполняют до отметки. Таким способом отбирают еще две пробы пульпы. Цилиндры с отобранными пробами пульпы взвешивают. Зная массу каждого цилиндра и массу цилиндра с водой, по разности определяют массу пульпы, а отсюда и ее плотность.

Рассчитывают плотность пульпы:

$$\delta_{\text{п}} = \frac{P_3 - P_1}{P_2 - P_1},$$

где P_1 – масса пустого цилиндра, г; P_2 – масса цилиндра с водой, г; P_3 – масса цилиндра с пульпой, г; $\delta_{\text{п}}$ – плотность пульпы, г/см^3 .

По результатам трех определений рассчитывают среднеарифметическое значение плотности пульпы и ошибку каждого измерения.

Определяют плотность твердого вещества:

$$\delta_{\text{т}} = \frac{\delta_{\text{п}}}{1 - R(\delta_{\text{п}} - 1)},$$

где δ_T – плотность твердого тела, г/см³; R – отношение жидкого к твердому по массе; $\delta_{п}$ – плотность пульпы, г/см³.

Результаты опытов и расчетов заносят в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Результаты опытов

№	P_1, Γ	P_2, Γ	P_3, Γ	$P_3 - P_1$	$P_2 - P_1$	$\delta_{п}, \Gamma/\text{см}^3$	$\Delta\delta = \delta - \bar{\delta}$
1							
2							
3							

В заключение сделать выводы по работе.

Отчет по лабораторной работе включает описание:

- методику контроля плотности и аэрации пульпы во флотационной машине;
- результаты опытов и расчетов по плотности и аэрации пульпы;
- выводы по работе.

Лабораторная работа № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОДНОРОДНОСТИ ПРОБЫ

Цель работы: изучить влияние способов перемешивания на однородность пробы.

Общие сведения. Для получения однородности материала в пробе ее тщательно перемешивают. Перемешивание в зависимости от крупности кусков и веса пробы осуществляют одним из следующих способов.

Способ «кольца и конуса». Перемешивание по этому способу заключается в том, что пробу рассыпают попеременно в конусообразную кучу и кольцо треугольного сечения. При этом перемешивании очень важно фиксировать высоту конуса. Из основания конусообразной кучи зачерпывают порции и высыпают их на некотором расстоянии так, чтобы диаметр образуемого кольца был в два раза больше диаметра основания конуса. Материал при повторном ссыпании должен попадать на кольцо так, чтобы час-

тицы ссыпались на вершину образующегося треугольника и скачивались равномерно на обе стороны. После формирования кольца материал перебрасывают на конус и т. д. Операция повторяется 2–3 раза. Перемешивание по способу «кольца и конуса» применяют для больших по массе проб (250–2000 кг) и крупности кусков не выше 50–60 мм.

Способ «перекатывания». Перемешивание состоит в том, что пробу высыпают на брезент или клеенку, затем, попеременно перемещая один угол клеенки к диаметрально противоположному углу, перекатывают материал. Затем берут другой угол и повторяют операцию перекатывания. Проведя многократное перекатывание, достигают хорошего перемешивания материала пробы. Этот способ можно применять для перемешивания проб массой не более 20–25 кг. Метод не применяют, если в пробе имеются куски крупнее 5 мм.

Способ перемешивания с помощью желобчатых сократителей. Проба высыпается ровным слоем на сократитель и делится на 10–16 параллельных струй, четные из которых объединяются в одну пробу, нечетные – в другую. Операция повторяется 2–3 раза, при этом каждый раз нужно объединить обе половины. Этот способ применяется для перемешивания проб массой не более 20–25 кг небольшой крупности.

Способ «просеивания». Пробу тонко измельченного материала можно перемешать, пропустив ее через сито. Отверстия сита должны быть диаметром в 2–3 раза больше размера максимального куска. Сито необходимо предварительно закрепить в штативе на высоте 5–10 см от поверхности стола. Обычно операцию перемешивания повторяют 2–3 раза.

«Механическое перемешивание». Механическое перемешивание проводят в смесителях, лабораторных мельницах без дробящих тел.

Оборудование и материалы: совки, электронные весы, крестовина, решетка с квадратными ячейками, постоянный магнит, клеенка, желобчатый сократитель, проба искусственной руды.

Порядок проведения работы

Приготовить три пробы искусственной магнетитовой руды из песка и магнетита крупностью $-2,5 + 0$ мм. Содержание магнетита в руде и масса пробы задаются преподавателем. Каждую пробу перемешать, применив при этом для 1-й пробы способ «кольца и конуса», для 2-й – способ «просеивания», третью пробу перемешать на желобчатом сократителе. После перемешивания из каждой пробы отобрать четыре объединенных пробы методом квадратования для определения содержания в них магнетита. Число точечных проб в каждой объединенной пробе задается преподавателем.

Отбор проб методом квадратования проводить следующим образом. После перемешивания начальную пробу разделить крестовиной на четыре части. Каждую часть пробы разровнять равномерным тонким слоем и отобрать точечные пробы из узлов правильной сетки, захватывая материал по всей толщине слоя. Точечные пробы из каждой части собрать в четыре объединенных пробы и каждую пробу взвесить.

Определение содержания магнетита в объединенной пробе проводить с помощью постоянного магнита, завернутого в бумагу. При сканировании поверхности пробы магнитом магнетит прилипает к бумаге и затем удаляется в кювету. Операцию повторить несколько раз до полного извлечения магнетита и определить вес магнетита.

Рассчитать содержание магнетита β_i в каждой объединенной пробе и среднеарифметическое содержание $\bar{\beta}$ для каждого способа перемешивания при $n = 4$.

Определить дисперсию ошибок S^2 и коэффициент вариации V определения содержания полезного компонента в пробах при разных способах перемешивания:

$$S^2 = \frac{\sum (\beta_i - \bar{\beta})^2}{n - 1}; \quad V = \frac{S^2}{\bar{\beta}} \cdot 100\%.$$

Полученные результаты сводят в табл. 3.1.
Сделать выводы по работе.

Таблица 3.1

Результаты расчета дисперсии и коэффициента вариации

Маркировка	$\beta_i, \%$	$\beta_i - \bar{\beta}$	$(\beta_i - \bar{\beta})^2$	$S^2, \%$	$V, \%$	Способ перемешивания
1						
2						
3						
4						

Отчет по лабораторной работе включает описание:

- описание влияние способов перемешивания пробы;
- схему разделки пробы;
- результаты опытов и расчетов дисперсии и коэффициента вариации по каждому способу;
- выводы по работе.

Лабораторная работа № 4
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ
ОПРОБОВАНИЯ И АНАЛИЗА

Цель работы: изучение методов определения погрешностей результатов опробования и анализа руд и углей. Оценка точности опробования и анализа искусственных смесей магнетита и кварца.

Общие сведения. Суммарная погрешность опробования и анализа складывается из погрешности опробования (отбор и подготовка проб) и метода анализа и представляет собой интервал, в котором с заданной доверительной вероятностью находится расхождение между средними значениями контролируемой характеристики (например, содержание полезного компонента) пробы и опробуемого продукта. Она определяется погрешностью измерения контролируемой характеристики, допустимой при решении задач учета или управления.

Точность результатов опробования зависит как от правильности отбора пробы, так и метода ее дальнейшей обработки.

Установленные параметры опробования (число и масса точечных проб, минимальная масса пробы, до которой может быть сокращена объединенная проба на любой стадии ее обработки,

учитывая крупность и однородность материала), зависящие от контролируемой характеристики продуктов, уточняют в процессе промышленной эксплуатации. При этом необходимо контролировать наряду с погрешностями анализа и погрешности опробования.

Метод определения погрешности результата опробования и анализа. Суммарную погрешность опробования и анализа, а также составляющие погрешности отдельных операций отбора, подготовки и анализа железных, марганцевых и других руд оценивают с помощью *экспериментального метода параллельного отбора, подготовки и анализа проб*. Схема отбора, подготовки и анализа проб для оценки погрешностей представлена на рис. 2.

Для получения достоверных данных опробование по указанному методу должно быть проведено не менее чем на десяти партиях.

Число порций, необходимых для проверки точности отбора и подготовки проб, берется не менее удвоенного числа порций (не менее $2n$) необходимого для определения качества руды, а масса – не менее удвоенной минимальной массы для материала соответствующей крупности.

Для любого метода отбора проб (вычерпывание, отбор щупом, шурфовка, бурение, прокладка канав, отбор стационарными механическими и автоматическими пробоотбирателями и др.) от каждой партии отбирают две объединенные пробы, причем все четные порции партии собирают в один контейнер (сосуд) и они представляют собой пробу А; все нечетные собирают в другой контейнер, и они представляют собой пробу Б. Каждую из проб делят на две части (A_1 и A_2 , B_1 и B_2). Затем каждую из полученных частей (A_1 , A_2 , B_1 , B_2) подготавливают для химического анализа по одной из принятых на предприятии или лаборатории схем подготовки (например, по схеме, приведенной на рис. 2) и выделяют из них по две аналитические навески для параллельных определений (A_1' , A_1'' , A_2' , A_2'' , B_1' , B_1'' , B_2' , B_2'').

По результатам химического анализа параллельных проб X_{A_1}' , X_{A_1}'' , X_{A_2}' , X_{A_2}'' , X_{B_1}' , X_{B_1}'' , X_{B_2}' , X_{B_2}'' вычисляют средн-арифметическое содержание элемента в пробах для химического

анализа проб A_1, A_2, B_1, B_2 (%):

$$\overline{X}_{A_1} = (X'_{A_1} + X''_{A_1})/2,$$

и аналогично для проб A_2, B_1, B_2 .

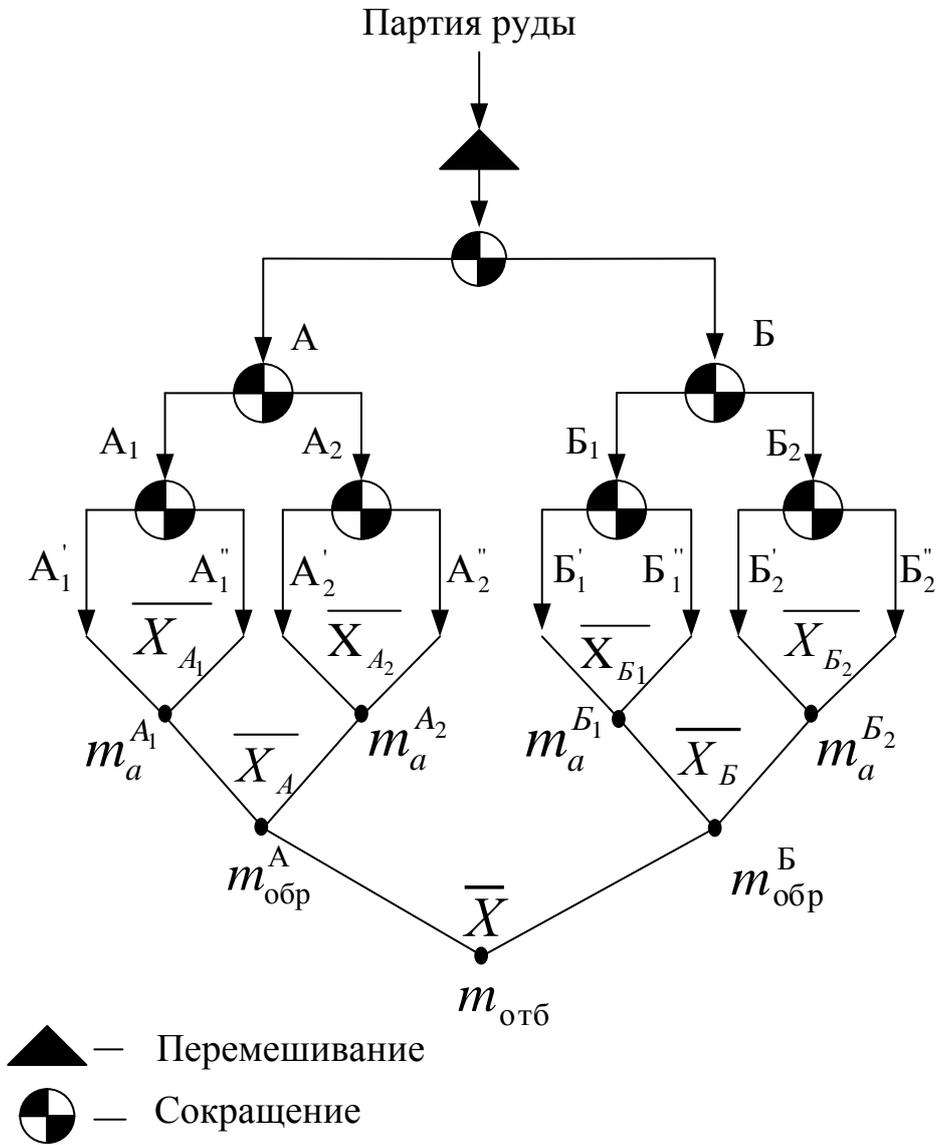


Рис. 2. Схема отбора, подготовки и анализа проб для оценки погрешностей

Определяют погрешности парных определений (анализов) содержания элемента в параллельных пробах:

$$m_a^{A_1} = X'_{A_1} - X''_{A_1},$$

и аналогично для проб A_2, B_1, B_2 .

Определяют среднее содержание элемента в пробе:

$$\overline{X}_A = (\overline{X}_{A_1} + \overline{X}_{A_2}) / 2,$$

и аналогично для пробы Б.

Вычисляют среднее содержание элемента в партии:

$$\overline{X} = (\overline{X}_A + \overline{X}_B) / 2.$$

Вычисляют погрешности определений содержания элемента при обработке пробы А:

$$m_{\text{обр}}^A = \overline{X}_{A_1} - \overline{X}_{A_2},$$

и аналогично для пробы Б.

Вычисляют погрешности парных определений содержания элемента в пробах А и Б при отборе:

$$m_{\text{отб}} = \overline{X}_A - \overline{X}_B.$$

Результаты по всем опробованным партиям объединяют и на их основе рассчитывают средние значения размаха результатов:

$$\overline{m}_a = (\sum m_a^{A_1} + \sum m_a^{A_2} + \sum m_a^{B_1} + \sum m_a^{B_2}) / (4p);$$

$$\overline{m}_{\text{обр}} = (\sum m_{\text{обр}}^A + \sum m_{\text{обр}}^B) / (2p);$$

$$m_{\text{отб}} = \sum m_{\text{отб}} / p.$$

Применив, согласно математической статистике, размах результатов m для оценки неизвестного среднего квадратичного отклонения σ и, приняв из математических таблиц значение переходного коэффициента $K = 1,128$ (для парных определений), рассчитывают значения средних квадратичных отклонений по операциям опробования (отбора и подготовки) и анализа из выражений:

$$\sigma_{\text{отб}} = \sqrt{(\overline{m}_{\text{отб}} / 1,128)^2 - (\overline{m}_{\text{отб}} / 1,128)^2} / 2;$$

$$\sigma_{\text{обр}} = \sqrt{(\overline{m}_{\text{обр}} / 1,128)^2 - (\overline{m}_a / 1,128)^2} / 2;$$

$$\sigma_a = \sqrt{(\overline{m}_a / 1,128)^2};$$

$$\sigma_{\Sigma} = \sigma_{\text{отб}}^2 + \sigma_{\text{обр}}^2 + \sigma_a^2.$$

При доверительной вероятности $P = 95\%$ значения погрешности по операциям составят:

$$\Delta_{\text{отб}} = \pm 2\sigma_{\text{отб}}; \Delta_{\text{обр}} = \pm 2\sigma_{\text{обр}}; \Delta_a = \pm 2\sigma_a.$$

Вопрос о требуемой точности опробования весьма сложен и не нашел еще однозначного решения.

Полученные погрешности сравнивают с допустимыми погрешностями, которые зависят от массы пробы и цели опробования.

Рассмотренная методика применима также для оценки погрешностей опробования и анализа технологических продуктов обогащения и для проверки точности обработки и анализа проб. Для снижения выявленных погрешностей необходимо уменьшить крупность материала или увеличить массу пробы после сокращения. Затем исследования по рекомендованному методу повторить.

Оборудование и материалы: пробы магнетита и кварца крупностью 1–3 мм по 12–15 кг каждая, электронные весы, крестовина, лотковый делитель, ручной магнит, клеенка, совки, противни.

Порядок проведения работы

С целью сокращения объема работы по производству химических анализов опыты проводят не с рудой, а с искусственной смесью магнетита и кварца, содержание магнетита задается преподавателем или определяется с применением ручного магнита.

1. От каждой пробы материала методом квадратования отбирают по 10 навесок, из которых приготавливают 10 объединенных проб (имитирующих пробы 10 партий) по 2 кг каждая.

2. Каждую из проб обрабатывают по схеме, приведенной рис. 3. Для чего каждую объединенную пробу сокращают с помощью лоткового делителя на две пробы (пробы А и Б), затем каждую из них делят на две (пробы А₁ и А₂, Б₁ и Б₂). Каждую из этих проб вновь сокращают на две пробы (А'₁, А''₁, А'₂, А''₂, Б'₁, Б''₁, Б'₂, Б''₂).

3. Каждую из полученных на всех стадиях обработки проб подвергают магнитному анализу.

4. Вычисляют среднее арифметическое содержание магнетита в пробах, погрешности парных определений, среднее содержание магнетита в партии, погрешности определений содержания

Если фактическая величина $2\sigma_{\text{отб}}$ не превышает допустимой погрешности отбора проб, то пробы отобраны правильно. Если $2\sigma_{\text{отб}}$ больше допустимой погрешности, метод отбора проб следует изменить, увеличив массу партий или их число.

Отчет по лабораторной работе включает описание:

- методику определения погрешностей результатов опробования и анализа руд и углей;
- схему отбора, подготовки и анализа проб для оценки погрешностей;
- результаты магнитного анализа искусственных смесей магнетита и кварца;
- выводы по работе.

Лабораторная работа № 5
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ОПРОБОВАНИЯ
МЕТОДОМ МНОГОКРАТНОГО ОТБОРА ПРОБ

Цель работы: изучить метод многократного отбора проб для определения погрешности опробования.

Общие сведения. Методы определения погрешности используются в необходимых случаях для проверки погрешности при отборе или подготовке проб, при создании новых пробоотборников, проборазделочных комплексов и проведении исследовательских работ. Для оценки точности опробования отдельных партий полезных ископаемых рекомендован метод отбора проб от отдельных партий, качество которых неизвестно – метод многократного отбора проб.

Метод многократного отбора проб основан на вычислении диапазона между наибольшим и наименьшим значениями показателя качества не менее шести объединенных проб и сравнении с требуемой погрешностью отбора проб.

Фактическую погрешность можно определять также расчетным путем.

Оборудование и материалы: совки, электронные весы, крестовина, решетка с квадратными ячейками, постоянный магнит, клеенка, проба искусственной руды.

Порядок проведения работы

Готовят пробу искусственной магнетитовой руды из песка и магнетита крупностью $-2,5+0$ мм. Содержание магнетита в руде и масса пробы задаются преподавателем. Пробу перемешивают и отбирают от нее не менее шести объединенных проб. Число точечных проб в каждой объединенной пробе задается преподавателем, причем количество точечных проб должно делиться на шесть. Масса пробы должна быть достаточной для проведения анализа.

Для отбора объединенных проб берут шесть сосудов, пронумерованных от буквы А до буквы F и последовательно помещают в каждый из них одинаковое количество точечных проб (первую – в сосуд А, вторую – в сосуд В и т. д., седьмую – в сосуд А, восьмую – в сосуд В и т. д.).

Отбор объединенных проб проводят методом квадратования следующим образом. После перемешивания начальную пробу разравнивают равномерным тонким слоем и отбирают точечные пробы из узлов правильной сетки, захватывая материал по всей толщине слоя. Определение содержания магнетита в объединенной пробе проводят с помощью постоянного магнита, завернутого в бумагу. При сканировании поверхности пробы магнитом магнетит прилипает к бумаге и затем удаляется в кювету. Операции повторяют несколько раз до полного извлечения магнетита и определяют вес магнетита.

Рассчитывают содержание магнетита β_i в каждой объединенной пробе, среднеарифметическое содержание $\bar{\beta}$ для всех проб, сумму значений содержания M и диапазон предельных значений содержания $R = \beta_{\max} - \beta_{\min}$.

Диапазон предельных значений показателя качества R сопоставляют с наибольшей и наименьшей величинами, с которыми необходимо считаться при достижении принятой погрешности в зависимости от направления использования пробы. Рассчитывают предельные величины R_L, R_U :

$$R_L = g_1 P_1 \text{ и } R_U = g_2 P_1,$$

где g_1 и g_2 – коэффициенты, определяемые по табл. 5.1;
 P_1 – принятая погрешность, %.

Таблица 5.1

Значения коэффициентов g_1 и g_2

Коэффициент	Значения коэффициентов при числе объединенных проб				
	6	7	8	9	10
g_1	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4
g_2	4,9	5,4	5,9	6,4	6,9

Диапазон предельных значений показателя качества R сравнивают с принятой погрешностью R_L и R_U :

1) при $R < R_L$ была достигнута меньшая погрешность по сравнению с принятой. При отборе проб от последующих партий того же типа полезного ископаемого число точечных проб можно уменьшить на 33 %;

2) при $R_L < R < R_U$ была достигнута принятая погрешность;

3) при $R > R_U$ принятая погрешность не достигнута. При отборе проб от последующих партий того же типа полезного ископаемого необходимо увеличить число точечных проб на 50 %.

Фактическую погрешность можно определить расчетным путем.

Вычисляют среднее квадратичное отклонение от среднего значения показателя (S):

$$S = \sqrt{\left(G - \frac{M^2}{n}\right) \frac{1}{n(n-1)}},$$

где n – количество объединенных проб, шт.; M – сумма значений показателя качества проб, %; G – сумма квадратов значений показателя качества проб, %.

Погрешность среднего значения показателя качества задана величиной $\pm t S$, где t – коэффициент Стьюдента при 95 %-й вероятности согласно табл. 5.2 при $f = n - 1$.

Таблица 5.2

Значения коэффициентов Стьюдента

f	5	6	7	8	9	10	15	20	25	50	~
t_f	2,57	2,45	2,37	2,31	2,26	2,23	2,13	2,00	2,06	2,01	1,96

Погрешность среднего значения показателя качества объединенных проб (P) в процентах вычисляют по формуле $P = \pm t \cdot S$.

Сделать выводы по работе.

Отчет по лабораторной работе включает описание:

- методику определения погрешности при отборе и подготовке проб;
- результаты опытов и расчетов по каждой пробе;
- выводы по работе.

Лабораторная работа № 6
УСКОРЕННЫЙ КОНТРОЛЬ
ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА МАТЕРИАЛА

Цель работы: Получить навыки в проведении экспресс-контроля гранулометрического состава твердой фазы жидких продуктов.

Общие сведения. Полезное ископаемое после его измельчения представляет собой смесь зерен различной крупности.

Соотношение массовых количеств зерен разной крупности, входящих в состав этого материала, называется гранулометрическим составом или гранулометрической характеристикой. Характеристика материала по крупности (гранулометрический состав) дает возможность определять загрузку классификаторов, необходимую степень измельчения или помола материала для раскрытия зерен полезных компонентов и достижения тонины помола.

Определение гранулометрического состава состоит в разделении массы полезного ископаемого на классы, ограниченные узкими пределами крупности.

Для оперативного контроля и регулирования различных технологических процессов (сгущения, классификации и др.) применяют экспресс-контроль гранулометрического состава.

Оборудование и материалы: флотационная машина (объем камеры 1,5 дм³), электронные весы, крестовина, кружка со щелью, мерный цилиндр, набор сит, емкость для слива, руда, клеенка.

Порядок проведения работы

1-й способ.

Во флотационной машине приготавливают пульпу (навеска руды задается преподавателем). Время замачивания пробы не менее 5 минут. После этого пульпу перемешивают 2–3 минуты, после чего отбирают ее пробу в кружку со щелью.

Отобранную пробу взвешивают. Кружка предварительно должна быть взвешена пустая и с водой.

Из кружки пульпу сливают на сито и промывают чистой водой, пока в подрешетный продукт не будет уходить чистая вода.

Затем надрешетный продукт переносят в пустую кружку и доливают воду до щели. Кружку вновь взвешивают.

Рассчитывают содержание надрешетного продукта:

$$\beta = \frac{B - A - B}{B_1 - A - B} \cdot 100\%,$$

где А – масса сухого сосуда, г; В – масса сосуда с надрешетным продуктом и водой, г; В₁ – масса сосуда с исходной пробой, г; В – масса воды в кружке, г.

Для того чтобы оценить ошибку, проводят не менее трех опытов. Результаты заносят в табл. 6.1.

2-й способ.

Для определения гранулометрического состава необходимо приготовить исходную пробу. Для получения однородности материала в пробе ее тщательно перемешивают методом перекачивания. После перемешивания из пробы отбирают четыре объединенных пробы методом квадратования. Число точечных проб в каждой объединенной пробе задается преподавателем.

Отбор проб методом квадратования проводить следующим образом. После перемешивания начальную пробу разделить крестовиной на четыре части. Каждую часть пробы разровнять равномерным тонким слоем и отобрать точечные пробы из узлов правильной сетки, захватывая материал по всей толщине слоя. Точечные пробы из каждой части собрать в четыре объединенных пробы и каждую пробу взвесить.

Отобранную пробу помещают в цилиндр, заливают водой до заданного объема и перемешивают. Цилиндр взвешивают предварительно пустой и с чистой водой, а затем с водой и навеской.

Из цилиндра материал сливают на сито и промывают чистой водой, пока в подрешетный продукт не будет уходить чистая вода.

Затем надрешетный продукт переносят в цилиндр и доливают воду до заданного объема. Цилиндр вновь взвешивают.

Рассчитывают содержание надрешетного продукта:

$$\beta = \frac{B - A - V}{B_1 - A - V} \cdot 100\%,$$

где A – масса сухого цилиндра, г; B – масса цилиндра с надрешетным продуктом и водой, г; B_1 – масса цилиндра с исходной пробой, г; V – масса воды в цилиндре, г.

Опыты проводят на четырех приготовленных пробах. Результаты заносят в табл. 6.1., рассчитывают содержание β и среднее содержание $\bar{\beta}$ надрешетного продукта, определяют отклонение каждого определения содержания от среднего $\Delta\beta$ и относительную ошибку $\Delta\beta_{от}$:

$$\bar{\beta} = \frac{\sum \beta_i}{4}, \quad \Delta\beta = \beta_i - \bar{\beta}, \quad \Delta\beta_{от} = \frac{\Delta\beta}{\beta} \cdot 100\%.$$

Таблица 6.1

Результаты опытов

Опыт	Масса, г				β , %	$\Delta\beta$, %	$\Delta\beta_{от}$, %
	A	B	Б	Б ₁			
1							
2							
и т. д.							

Определяют дисперсию ошибок S^2 и коэффициент вариации V :

$$S^2 = \frac{\sum (\beta_i - \bar{\beta})^2}{n - 1}; \quad V = \frac{S^2}{\bar{\beta}} \cdot 100\%.$$

Сделать выводы по работе.

Отчет по лабораторной работе включает описание:

- методику экспресс-контроля гранулометрического состава твердой фазы жидких продуктов;
- результаты опытов и расчетов по каждой пробе двумя способами;
- выводы по работе.

Список рекомендуемой литературы

1. Клейн, М. С. Опробование и контроль технологических процессов обогащения [Электронный ресурс]: учеб. пособие для студентов специальности 130405 «Обогащение полезных ископаемых» / М. С. Клейн, Т. Е. Вахонина; ФГБОУ ВПО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева», Каф. обогащения полез. ископаемых. – Кемерово, 2012. – 131 с.
/http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90655&type=utchposob:common/
2. Клейн, М. С. Технология обогащения углей [Электронный ресурс]: учеб. пособие для студентов специальности 130405 «Обогащение полезных ископаемых» / М. С. Клейн, Т. Е. Вахонина; ФГБОУ ВПО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева», Каф. обогащения полез. ископаемых. – Кемерово, 2011. – 128 с.
/http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90655&type=utchposob:common/
3. Козин, В. З. Опробование и контроль технологических процессов обогащения / В. З. Козин. – Москва: Недра, 1988. – 287 с.
4. Хан, Г. А. Опробование и контроль технологических процессов обогащения / Г. А. Хан. – Москва: Недра, 1979. – 290 с.
5. Кипнис, Ш. Ш. Контроль технологических процессов на углеобогатительных фабриках / Ш. Ш. Кипнис. – Москва: Недра, 1985. – 244 с.
6. Серго, Е. Е. Опробование и контроль технологических процессов обогащения / Е. Е. Серго. – Киев: Вища школа, 1979. – 272 с.
7. Справочник по обогащению руд / под ред. О. С. Богданова, В. И. Ревнивцева. – Москва: Недра, 1983. – 376 с.
8. Практикум по обогащению полезных ископаемых: учеб. пособие для вузов / под ред. Н. Г. Бедраня. – Москва: Недра, 1991. – 526 с.
9. Опробование и контроль процессов обогащения [Элек-

тронный ресурс] : методические указания к самостоятельной работе для студентов специальности 21.05.04 (130400.65) «Горное дело», образовательная программа «Обогащение полезных ископаемых», всех форм обучения / М. С. Клейн, Т. Е. Вахонина; ФГБОУ ВПО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева», Каф. обогащения полез. ископаемых. – Кемерово, 2015. – 48 с. <http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=8455>

10. Артюшин, С. П. Сборник задач по обогащению углей: учеб. пособие для горн. техникумов. – Москва: Недра, 1979. – 223 с.

Составители
Михаил Симхович Клейн
Татьяна Евгеньевна Вахонина

ОПРОБОВАНИЕ И КОНТРОЛЬ ПРОЦЕССОВ ОБОГАЩЕНИЯ

Методические указания к лабораторным работам
для обучающихся специальности
21.05.04 Горное дело, специализации
Обогащение полезных ископаемых,
всех форм обучения

Рецензент Удовицкий Владимир Иванович

Подписано в печать 10.06.2019. Формат 60×84/16.

Бумага офсетная. Отпечатано на ризографе. Уч.-изд. л. 1,4.

Тираж 20 экз. Заказ .

КузГТУ. 650000, Кемерово, ул. Весенняя, 28.

Издательский центр УИП КузГТУ. 650000, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4А.