

ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ: Методические указания к практическим занятиям / Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». Сост. В.В. Львов. СПб, 2014. 85 с.

Предложены задачи, самостоятельное решение которых необходимо при изучении общего курса «Обогащение полезных ископаемых», а также некоторых специальных учебных дисциплин, при курсовом и дипломном проектировании. Задачи распределены по разделам. Каждый раздел предваряют теоретические определения и формулы для расчёта. Решение представленных задач позволит студентам лучше усвоить теоретический материал и приобретёт определённые навыки практического решения технических вопросов курса. Задачи могут использоваться на практических занятиях, на контрольных работах, при контроле текущей успеваемости, на зачетах, а также для домашней самостоятельной работы.

Лабораторные работы предназначены для студентов специальности 130400 «Горное дело» специализации «Обогащение полезных ископаемых».

Табл.29. Ил.4.

Научный редактор доц. Е.Е. Андреев

© Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», 2014

чения полезных (ценных) компонентов и удаления пустой породы и вредных примесей. В результате обогащения из руды получают концентрат (концентраты) и хвосты.

Концентрат – это продукт, куда выделяется (концентрируется) большая часть полезных минералов (и незначительное количество минералов пустой породы). Качество концентрата в основном характеризуется содержанием ценного компонента (оно всегда выше, чем в руде, концентрат богаче по ценному компоненту отсюда и название - обогащение), а также содержанием полезных и вредных примесей, влажностью и гранулометрической характеристикой.

Хвосты – продукт, в который выделится большая часть минералов пустой породы, вредных примесей и незначительное количество полезного компонента (содержание ценного компонента в хвостах ниже, чем в концентратах и руде)..

Кроме концентрата и хвостов возможно получение промпродуктов, т.е. продуктов, характеризующихся более низким по сравнению с концентратами и более высоким по сравнению с хвостами содержанием полезных компонентов.

Полезными (ценными) компонентами называются химические элементы или природные соединения, для получения которого добывается и перерабатывается данное полезное ископаемое. Как правило, ценный компонент в руде находится в виде минерала (самородных элементов в природе мало: медь, золото, серебро, платина, сера, графит).

Полезными примесями называют химические элементы или природные соединения, которые входят в состав полезного ископаемого в небольших количествах и улучшают качество готовой продукции (либо выделяются в ходе дальнейшей переработки). Например, полезными примесями в железных рудах являются такие легирующие добавки как хром, вольфрам, ванадий, марганец и др.

Полезные ископаемые - природные минеральные образования земной коры, химический состав и физические свойства которых позволяют эффективно использовать их в сфере материального производства. Месторождение полезного ископаемого – скопление минерального вещества в недрах или на поверхности Земли, по количеству, качеству и условиям залегания пригодного для промышленного использования. (При больших площадях распространения месторождения образуют районы, провинции и бассейны). Различают твердые, жидкие и газообразные полезные ископаемые.

Твердые полезные ископаемые (руды), в свою очередь, подразделяются на горючие (торф, сланец, уголь) и негорючие, которые бывают: агрономические (апатитовые и фосфоритовые и др.), неметаллические (кварцевые, баритовые и др.) и металлические (руды черных и цветных металлов). Эффективность использования того или иного полезного ископаемого зависит, прежде всего, от содержания в нем ценного компонента и наличия вредных примесей. Непосредственная металлургическая или химическая переработка полезного ископаемого целесообразна (технически и экономически выгодна) только в том случае, если содержание в нем полезного компонента не ниже некоторого предела, определяемого уровнем развития техники и технологии (и потребности в данном сырье) в настоящее время. В большинстве случаев непосредственное использование добытой горной массы или её переработка (металлургическая, химическая и др.) экономически нецелесообразны, а иногда и технически невозможны, т.к. годные к непосредственной переработке полезные ископаемые в природе встречаются редко в большинстве случаев их подвергают специальной обработке – обогащению.

Обогащение полезных ископаемых – совокупность процессов механической переработки минерального сырья с целью извле-

Вредными примесями называют отдельные элементы и природные химические соединения, содержащиеся в полезных ископаемых в небольших количествах и оказывающие отрицательное влияние на качество готовой продукции. Например, в железных рудах вредными примесями являются сера, мышьяк, фосфор, в коксуемых углях – сера, фосфор, в энергетических углях – сера и т.д.

Обогащение полезных ископаемых позволяет повысить экономическую эффективность их дальнейшей переработки, также, в некоторых случаях, без стадии обогащения дальнейшая переработка становится вообще невозможной. Например, медные руды (содержащие, как правило, весьма мало меди) нельзя непосредственно переплавить в металлическую медь, так как медь при плавке переходит в шлак. Кроме того, обогащение полезных ископаемых позволяет:

- увеличить промышленные запасы сырья за счет использования месторождений бедных полезных ископаемых с низким содержанием ценных компонентов;
- повысить производительность труда на горных предприятиях и снизить стоимость добываемой руды за счет механизации горных работ и сплошной выемки полезного ископаемого вместо выборочной;
- комплексно использовать полезные ископаемые, так как предварительное обогащение позволяет извлечь не только основные полезные компоненты, но и сопутствующие, содержащиеся в малых количествах;
- снизить расходы на транспортирование к потребителям более богатых продуктов, а не всего объема добываемого полезного ископаемого;
- выделить из минерального сырья те вредные примеси, которые при дальнейшей его переработке могут загрязнять окружающую среду и тем самым угрожать здоровью людей и ухудшать качество конечной продукции.

Полезные ископаемые на обогатительных фабриках проходят целый ряд последовательных операций, в результате которых полезные компоненты отделяются от примесей. Процессы обогащения полезных ископаемых по своему назначению делятся на подготовительные, вспомогательные и основные.

К подготовительным относят процессы дробления, измельчения, грохочения и классификации. Их задача – разединить полезный минерал и пустую породу («раскрыть» сростки) и создать нужную гранулометрическую характеристику перерабатываемого сырья.

Задача основных процессов обогащения – разделить полезный минерал и пустую породу. Для разделения минералов используются различия в физических свойствах разделяемых минералов. Сюда относят:

- гравитационные методы обогащения, основанные на различиях в плотности (с учетом крупности и формы) разделяемых минералов;
- флотационные методы обогащения (различия в физико-химических свойствах поверхности разделяемых минералов);
- магнитные методы обогащения (различия в магнитной восприимчивости разделяемых минералов);
- электрические методы обогащения (различия в электрических свойствах разделяемых минералов);
- специальные методы обогащения (различия в цвете, блеске, форме, естественной или наведенной радиации разделяемых минералов);
- комбинированные методы обогащения, в схему которых помимо традиционных процессов обогащения (не затрагивающих химического состава сырья) включены пиро- или гидрометаллургические операции, изменяющие химический состав сырья.

6

Зная γ_i и $Q_{исх}$, можно определить значение Q_i в тоннах в единицу времени.

Содержание расчётного компонента в продукте - отношение массы расчётного компонента в продукте P_i к общей массе этого же продукта Q_i :

$$\beta_i = P_i / Q_i \quad \text{или} \quad \beta_i = (P_i / Q_i) 100\% \quad (1.2)$$

Зная β_i и Q_i , можно определить значение P_i в тоннах в единицу времени.

Извлечение расчётного компонента в продукт - отношение массы расчётного компонента в продукте P_i к массе того же компонента в исходном материале - $P_{исх}$

$$\varepsilon_i = P_i / P_{исх} \quad \text{или} \quad \varepsilon_i = (P_i / P_{исх}) 100\% \quad (1.3)$$

Эффективность обогащения - отношение приращения массы полезного компонента в концентрате в данном, реальном, случае обогащения $(\Delta P_{к-м})_{р.об.}$ к приращению массы полезного компонента, в концентрате в случае идеального обогащения $(\Delta P_{к-м})_{ид.об.}$, когда в концентрат выделяется весь полезный компонент:

$$E = \frac{(\Delta P_{к-м})_{р.об.}}{(\Delta P_{к-м})_{ид.об.}} \quad \text{или} \quad E = \frac{(\Delta P_{к-м})_{р.об.}}{(\Delta P_{к-м})_{ид.об.}} 100\% \quad (1.4)$$

Оба приращения вычисляются как разность между массой полезного компонента в концентрате и массой этого же компонента в исходном материале, взятом в количестве, равном массе концентрата. При идеальном обогащении концентрат состоит только из полезного минерала, который полностью извлекается в него из исходного материала.

Все технологические показатели связаны друг с другом. Если абсолютные показатели (массы продуктов, исходного материала и расчетного компонента в них) неизвестны, то относительные технологические показатели могут быть рассчитаны по данным химического анализа исходного материала и продуктов обогащения по нижеприведенным формулам.

Если после обогащения получаем два продукта, то выход одного из них (например, концентрата):

Кроме перечисленных есть и другие методы обогащения. Также, иногда к обогатительным относят процессы окускования (увеличения крупности материалов).

К вспомогательным относят обезжелезивание, пылеулавливание, очистку сточных вод, опробование, контроль и автоматизацию. Задача этих процессов – обеспечить оптимальное протекание основных процессов, довести продукты разделения до необходимых кондиций.

Совокупность последовательных технологических операций обработки, которым подвергают полезные ископаемые на обогатительных фабриках, называется схемой обогащения. В зависимости от характера сведений, которые содержатся в схеме обогащения, ее называют технологической, качественной, количественной, качественно-количественной, водно-шламовой и схемой цепи аппаратов.

1. ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

1.1. ОПРЕДЕЛЕНИЯ И РАСЧЁТНЫЕ ФОРМУЛЫ

К основным технологическим показателям относят: выход продукта, содержание расчётного компонента и извлечение его в продукт, эффективность обогащения.

Все эти показатели - величины относительные, т.е. они представляют собой отношение каких-либо двух величин, выраженное в долях единицы или процентах.

Под расчётным понимают компонент (металл, минерал, золу, любую другую примесь), по которому рассчитывают показатели и оценивают операции обогащения.

Выход продукта - отношение массы продукта Q к массе перерабатываемого исходного материала $Q_{исх}$ за тот же период времени:

$$\gamma_i = Q_i / Q_{исх} \quad \text{или} \quad \gamma_i = (Q_i / Q_{исх}) 100\% \quad (1.1)$$

7

$$\gamma_{к-м} = \frac{\beta_{исх} - \beta_{ш}}{\beta_{к-м} - \beta_{ш}} \quad \text{или} \quad \gamma_{к-м} = \frac{\beta_{исх} - \beta_{ш}}{\beta_{к-м} - \beta_{ш}} 100\% \quad (1.5)$$

где $\beta_{исх}$, $\beta_{к-м}$ и $\beta_{ш}$ - содержание расчётного компонента, соответственно в исходном материале, концентрате и хвостах, полученных после обогащения.

Извлечение расчётного компонента в любой продукт обогащения, независимо от получаемого их числа, при известном его выходе

$$\varepsilon_i = \gamma_i \beta_i / \beta_{исх} \quad (1.6)$$

В расчетах единица ε_i определяется единицей γ_i (доли единицы или проценты).

Эффективность обогащения для данного исходного материала при известном выходе концентрата и извлечении в него полезного компонента

$$E = \frac{\varepsilon_{к-м} - \gamma_{к-м}}{1 - \beta_{исх} / \beta_{ши}} \quad (1.7)$$

где $\beta_{исх}$ и $\beta_{ши}$ - содержание полезного компонента соответственно в исходном материале и полезном минерале.

При смешивании нескольких продуктов, выход их смеси (суммарного продукта) и извлечение в него расчётного компонента рассчитывают как сумму выходов (или извлечений) смешиваемых продуктов:

$$\gamma_{см} = \sum_{i=1}^N \gamma_i \quad (1.8)$$

$$\varepsilon_{см} = \sum_{i=1}^N \varepsilon_i \quad (1.9)$$

где N - число смешиваемых продуктов; γ_i и ε_i - соответственно выход и извлечение каждого смешиваемого продукта.

При проверке расчётов по формулам (1.8) и (1.9) следует учитывать, что величины $\gamma_{исх}$ и $\varepsilon_{исх}$ равны единице или 100 %

Содержание расчётного компонента в смеси определяется как средневзвешенная величина с учётом масса смешиваемых про-

8

9

дуктов (просто суммировать или определять содержание как среднеарифметическую величину нельзя):

$$\beta_{см} = \frac{\sum_{i=1}^N \gamma_i \beta_i}{\sum_{i=1}^N \gamma_i} \quad (1.10)$$

При расчете формул 1.1, 1.2, 1.3, 1.6 по типовой технологической схеме:



Эти формулы записываются в следующем виде:

$$\gamma_k = \frac{Q_{кон}}{Q_{исх}} \cdot 100\%; \quad \gamma_{хв} = \frac{Q_{хв}}{Q_{исх}} \cdot 100\%$$

$$\beta_{кон} = \frac{P_{кон}}{Q_{кон}} \cdot 100\%; \quad \beta_{хв} = \frac{P_{хв}}{Q_{хв}} \cdot 100\%$$

$$\varepsilon_{кон} = \frac{\gamma_{кон} \cdot \beta_{кон}}{\beta_{исх}}; \quad \varepsilon_{хв} = \frac{\gamma_{хв} \cdot \beta_{хв}}{\beta_{исх}}$$

Задача 3. Определить, сколько тонн концентрата в сутки выдает фабрика, если выход концентрата 3 %, а производительность фабрики 1 500 т руды в сутки.

Ответ: 45 т.

Задача 4. Сколько мешков в сутки необходимо для затаривания концентрата, если производительность фабрики по руде 10 000 т/сутки, выход концентрата 0,3 %, вместительность одного мешка 50 кг?

Ответ: 600 шт.

Задача 5. Найти выходы концентрата и хвостов, если фабрика перерабатывает руду с содержанием меди 1,5 %, а после обогащения получают два продукта: концентрат с содержанием меди 20 % и хвосты с содержанием меди 0,1 %.

Ответы: 7,04 и 92,96 %

Задача 6. Определить выход концентрата и хвостов, если фабрика перерабатывает руду с массовой долей свинца 1 %, и в результате обогащения получают два продукта: концентрат с массовой долей свинца 50 % и хвосты с массовой долей свинца 0,1 %.

Ответ: 1,8 и 98,2%

Задача 7. Рассчитать выход и извлечение свинца в концентрат, если фабрика перерабатывает в сутки 20 000 т руды с содержанием свинца 2,5 %, и получает 900 т концентрата с содержанием свинца 50 %.

Ответ: 4,5 и 90 %.

Задача 8. Рассчитать выход концентрата, если из 10 000 т руды получено 9 000 т хвостов.

Ответ: 10%.

Задача 9. Найти производительность фабрики по руде, если фабрика выдает в сутки 1 000 т концентрата при выходе 2,5 %.

Ответ: 40 000 т/сутки.

Задача 10. Определить суточную производительность фабрики, если фабрика производит в сутки 500 т концентрата при выходе 1,0 %.

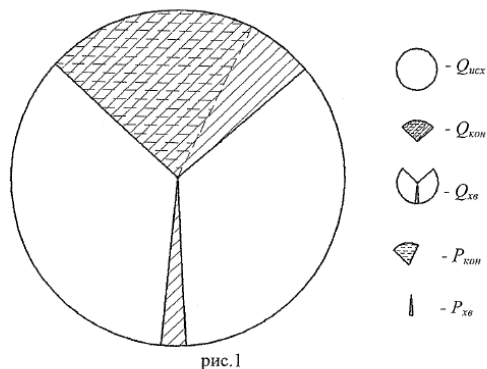


рис.1

Распределение исходного материала после операции обогащения в концентрат и хвосты:

$$Q_k + Q_{хв} = Q_{исх}$$

$$\gamma_k + \gamma_{хв} = \gamma_{исх}$$

$$\varepsilon_k + \varepsilon_{хв} = \varepsilon_{исх}$$

1.2. ЗАДАЧИ НА РАСЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОБОГАЩЕНИЯ

Задача 1. Рассчитать выход никелевого концентрата, содержащего 10 % никеля. На фабрику поступает руда с содержанием никеля 3,2 %. Извлечение никеля в концентрат 82%.

Ответ: 26,24 %.

Задача 2. Рассчитать выход медного концентрата, если массовая доля в нём меди 20 %, а на фабрику поступает руда с массовой долей металла 1,5 %. Извлечение меди в концентрат 90 %.

Ответ: 6,75 %.

Ответ: 50 000 т/сутки

Задача 11. Определить содержание полезного компонента в хвостах, если из 1000 т руды с содержанием полезного компонента 0,8 % в процессе обогащения получено 13 т концентрата при извлечении 90%.

Ответ: 0,081 %.

Задача 12. Рассчитать извлечение металла в концентрат, если фабрика имеет производительность по руде 10 000 т/сутки, перерабатывает руду с содержанием металла 2 %, при этом получает 500 т концентрата в сутки с массовой долей в нём металла 30 %.

Ответ: 75 %.

Задача 13. Определить выход хвостов, если из 1 000 т руды получено 10 т концентрата.

Ответ: 99 %.

Задача 14. Производительность фабрики 10 000 т/сутки. Фабрика перерабатывает мелкую руду с массовой долей меди 2 %; в медном концентрате массовая доля меди 20 %, в хвостах - 0,1 %. Определить извлечение меди в концентрат, хвосты, выходы этих продуктов и массу продуктов.

Ответ: $\gamma_{кон} = 9,5 \%$, $\varepsilon_{кон} = 95 \%$, $Q_{кон} = 950$ т/сутки, $\gamma_{хв} = 90,5 \%$, $\varepsilon_{хв} = 5 \%$, $Q_{хв} = 9050$ т/сутки.

Задача 15. Установить потери никеля в медном концентрате, если содержание никеля в нём 1,0 % и выход медного концентрата 10 %. Содержание никеля в исходной руде 3 %.

Ответ: 3,33 %.

Задача 16. Производительность фабрики 10 000 т/сутки, выход медного концентрата 5 %, цинкового - 3 %. Сколько тонн меди и цинка теряется в сутки с хвостами, если массовая доля цинка и меди в хвостах, соответственно, 0,1 и 0,2 %.

Ответ: 920 кг Cu и 1 840 кг Zn.

Задача 17. Вычислить, сколько тонн свинцового концентрата в сутки выдаст обогатительная фабрика, если её суточная производительность по руде 5 000 т, содержание свинца в руде 1,8 %, а в концентрате 60 %. Извлечение свинца в концентрат 92 %.

Ответ: 138 т.

Задача 18. Сколько тонн меди в сутки теряется со свинцовым концентратом, если массовая доля меди в свинцовом концентрате 4 %, производительность фабрики 5 000 т/сутки, выход свинцового концентрата 10 %?

Ответ: 20 т.

Задача 19. Определить извлечение цинка в концентрат, если при суточной производительности фабрики 5 000 т получают 150 т концентрата. Содержание цинка в руде 2 %, а в концентрате 60 %.

Ответ: 90 %

Задача 20. Определить сколько тонн меди теряется с 1 000 000 т хвостов при переработке руды с массовой долей меди 1 %, если извлечение меди в концентрат 90 %, а выход концентрата 10 %.

Ответ: 1 100 т.

Задача 21. Рассчитать, сколько хвостов в сутки будет выбрасывать фабрика, если выход концентрата 5 %, а суточная производительность по руде 5 000 т.

Ответ: 4 750 т.

Задача 22. Определить извлечение свинца в свинцовый концентрат, если производительность фабрики 10 000 т/сутки, масса получасового концентрата 150 т/сутки, массовая доля металла в руде 1 %, в концентрате 55 %.

Ответ: 82,5 %.

Задача 23. Определить потери меди и цинка в хвостах, если извлечение меди и цинка в медном концентрате соответственно 90 и 5 %, а в цинковом - 6 и 85 %.

Ответы: 4 и 10 %.

14

Задача 30. Рассчитать, во сколько раз повысится содержание металла в концентрате, если при одном и том же выходе концентрата извлечение металла в концентрат повысилось в два раза.

Ответ: в два раза.

Задача 31. Установить, сколько тонн железного концентрата в сутки выдаст обогатительная фабрика, если её суточная производительность по руде 15 000 т, содержание железа в руде 28 %, в концентрате 63 %, Извлечение железа в концентрат 90 %.

Ответ: 6 000 т.

Задача 32. Сколько тонн металла можно дополнительно получить, если извлечение металла в концентрат увеличить с 90 до 95 %? Производительность фабрики 10 000 т/сутки, массовая доля металла в руде 2 %.

Ответ: 10 т.

Задача 33. Определить извлечение цинка в концентрат, если содержание цинка в руде 2 %, в концентрате 50 %, в хвостах 0,5 %.

Ответ: 75 %.

Задача 34. Вычислить выход концентрата, если извлечение металла 98 %, массовая доля его в исходной руде 2 %, а в концентрате 49 %.

Ответ: 4 %.

Задача 35. Рассчитать, сколько руды нужно переработать для получения 500 т концентрата, если его выход составляет 5 %.

Ответ: 10 000 т.

Задача 36. Сколько тонн руды нужно переработать для получения 1 000 т концентрата, если выход хвостов составляет 90 %.

Ответ: 10 000 т.

Задача 37. Вычислить потери меди с цинковым концентратом, если выход цинкового концентрата 5 %, а содержание меди в нем 2 %. Содержание меди в исходной руде 1,2 %.

Ответ: 8,3 %.

16

Задача 24. Сколько тонн руды необходимо будет переработать для получения 1 000 000 т концентрата, если выход концентрата 10 %?

Ответ: 10 000 000 т.

Задача 25. Найти выход медного концентрата для условий задачи 12, если содержание меди в руде 1,5 %, а в концентрате 18 %. Определить также эффективность обогащения, когда полезный минерал в руде содержит 35 % меди.

Ответы: 7,5 и 86,2 %.

Задача 26. Вычислить с какой массовой долей ценного компонента фабрика получает концентрат, если извлечение в концентрат компонента 90 %, массовая доля его в руде 2 %, а выход концентрата 5 %.

Ответ: 36 %.

Задача 27. Рассчитать извлечение полезного компонента в концентрат, если фабрика перерабатывает руду с содержанием полезного компонента 20 %, а получает концентрат с содержанием его 50 % и хвосты с содержанием 2 %.

Ответ: 93,75 %.

Задача 28. Определить извлечение металла в концентрат и массовую долю металла в хвостах, если производительность фабрики 50 000 т/сутки, масса хвостов 49 000 т/сутки; с хвостами каждые сутки теряется 50 т металла, массовая доля металла в руде 1 %, в концентрате 45 %.

Ответ: 90%; 0,1 %.

Задача 29. Рассчитать выход концентрата и извлечение в него полезного компонента, если из 1000 т руды с содержанием полезного компонента 0,8 % в процессе обогащения получено 13 т концентрата с содержанием полезного компонента 60 %. Определить эффективность обогащения при содержании полезного компонента в полезном минерале 84 %.

Ответ: 1,3; 97,5 и 97,2 %.

15

Задача 38. Вычислить массу меди и её массовую долю в суммарном концентрате, если фабрика получает концентрат после обогащения песковой и шламовой фракций руды. При обогащении песковой фракции получают в сутки 7 т концентрата с массовой долей меди 20 %, а при обогащении шламовой фракции - 3 т концентрата с массовой долей 18 %.

Ответ: 1,94 т, 19,4%

Задача 39. Рассчитать, сколько нужно переработать руды с содержанием меди 1 % для получения 100 т концентрата, содержащего 20 % меди. Содержание меди в хвостах 0,1 %.

Ответ: 2212 т.

Задача 40. Определить массовую долю молибдена в руде, если извлечение молибдена в концентрат 85 %, выход концентрата 0,15 %, массовая доля металла в концентрате 50 %.

Ответ: 0,09 %.

Задача 41. Определить содержание компонентов в хвостах, если извлечение его в концентрат 90 %, выход хвостов 95 %, содержание в исходном 1 %.

Ответ: 0,105 %.

Задача 42. Сколько тонн металла с концентратом отгружает обогатительная фабрика в сутки металлургическому заводу, если производительность фабрики по руде 10 000 т/сутки, массовая доля металла в концентрате 20 %, а выход хвостов составляет 95 %?

Ответ: 100 т/сутки.

Задача 43. Найти содержание металла в хвостах при обогащении монометаллической руды с содержанием металла 2 %, если извлечение в концентрат 90 % при выходе 3,6 %.

Ответ: 0,21 %.

Задача 44. Сколько тонн металла с концентратом отгружает обогатительная фабрика в сутки металлургическому заводу, если производительность фабрики по руде 10 000 т/сутки, массовая доля ме-

17

талла в руде 2 %, а извлечение металла в концентрат составляет 90 %?

Ответ: 180 т/сутки.

Задача 45. Вычислить содержание металла в исходной руде, если выход концентрата 8 %, извлечение 90 % и содержание металла в нем 60 %.

Ответ: 5,33 %.

Задача 46. Фабрика имеет производительность 10 000 т/сутки. Сколько потребуется в сутки 50-тонных вагонов для отгрузки концентрата и промпродукта, если фабрика сбрасывает хвостов 5 000 т/сутки, а выход промпродукта составляет 10 %?

Ответ: 80 и 20 вагонов.

Задача 47. Определить потери меди в цинковом концентрате, полученном при обогащении медно-цинковой руды с содержанием меди 1,0 %, если выход цинкового концентрата составил 4,5 % с содержанием меди в нем 4 %.

Ответ: 18 %.

Задача 48. Определить извлечение свинца и цинка в продукты обогащения, если массовая доля свинца в свинцовом концентрате 50 %, цинка - 4,5 %. Массовая доля цинка в цинковом концентрате 50%, а свинца 2 %, в хвостах цинка и свинца 0,2 и 0,1 % соответственно. Выход свинцового концентрата 2 %, цинкового - 1,5 %.

Ответ: $\varepsilon_{\text{Pcнц}}^{\text{Pв}} = 88,8 \%$, $\varepsilon_{\text{Pcнц}}^{\text{Zн}} = 8,7 \%$, $\varepsilon_{\text{Zнцн}}^{\text{Pв}} = 2,7 \%$,
 $\varepsilon_{\text{Zнцн}}^{\text{Zн}} = 72,6 \%$, $\varepsilon_{\text{хв}}^{\text{Pв}} = 8,5 \%$, $\varepsilon_{\text{хв}}^{\text{Zн}} = 18,7 \%$.

Задача 49. Установить количество свинца, потерянного в хвостах при флотации 6000 т руды с содержанием свинца 4 %, если извлечение его в концентрат 85 %.

Ответ: 36 т.

18

Задача 56. Определить, сколько тонн металла в сутки теряет обогатительная фабрика с хвостами, если она перерабатывает 10 000 т/сутки с массовой долей металла в руде 2 %. Извлечение металла в концентрат составляет 90 %.

Ответ: 20 т.

Задача 57. Определить содержание молибдена в концентрате, если при обогащении руды с содержанием молибдена 0,1 % выход концентрата 0,15 % при извлечении в него молибдена 80 %.

Ответ: 53,3 %.

Задача 58. Вычислить, сколько тонн металла в сутки теряет обогатительная фабрика с хвостами, если она перерабатывает 10 000 т/сутки с массовой долей металла в руде 1 %. В результате обогащения получают концентрат с массовой долей металла в нем 20 %, выход концентрата 4 %.

Ответ: 20 т.

Задача 59. Рассчитать, во сколько раз увеличится содержание меди в хвостах, если при одном и том же выходе хвостов извлечение меди в концентрат понизится с 95 до 90 %.

Ответ: в 2 раза.

Задача 60. На фабрике, перерабатывающей 10 000 т/сутки, получают концентрат, промпродукт и хвосты. Выход концентрата и хвостов 4% и 90 % соответственно. Определить, сколько тонн промпродукта отгружает фабрика в сутки потребителю.

Ответ: 600 т.

Задача 61. Найти выход концентрата и потери полезного компонента в хвостах, если из 2000 т руды с содержанием полезного компонента 0,8 % в процессе обогащения получено 26 т концентрата с содержанием полезного компонента 48 %.

Ответы: 1,3 и 22 %.

Задача 62. Производительность фабрики по руде 10 000 т/сутки. Рассчитать, сколько тонн хвостов в сутки получает фабрика, если из-

20

Задача 50. Фабрика перерабатывает руду с массовой долей металла 2% и имеет производительность 50 000 т/сутки. Каждые сутки на хвостохранилище отправляется 48 000 т продукта. Концентрат, получаемый на фабрике, имеет массовую долю 45 %. Определить извлечение металла в концентрат и хвосты.

Ответ: 90 и 10%.

Задача 51. Найти содержание железа в концентрате, если при обогащении железной руды с содержанием железа 20 % выход концентрата 30 %, а извлечение 90 %.

Ответ: 60 %.

Задача 52. Производительность фабрики 10 000 т/сутки. Определить массовую долю металла в исходной руде, если фабрика отгружает концентрат с массовой долей металла в нем 20 % в количестве 100 т/сутки и получает хвосты с массовой долей 0,1.

Ответ: 0,299 %.

Задача 53. Определить извлечение и содержание золы в хвостах, если при обогащении извлечение золы в концентраты различных сортов составляет 7 % при выходе их 70 %. Содержание золы в исходной руде 20 %.

Ответы: 93 и 62 %.

Задача 54. Сколько потребуется 60-тонных вагонов в сутки для отправки концентрата с обогатительной фабрики, если производительность фабрики 10 000 т/сутки. Массовая доля металла в исходной руде 3 %, в концентрате 20 %, а извлечение металла в хвосты 10%.

Ответ: 22,5 вагона.

Задача 55. Вычислить выход и извлечение P_2O_5 в концентрат, который получают при обогащении апатитовой руды, содержащей 20 % P_2O_5 , если содержание P_2O_5 в концентрате 34,5 % и в хвостах 1 %.

Ответы: 56,7 и 97,8 %.

19

влечение металла в концентрат 90 %, массовая доля металла в руде 3%, а в концентрате 20 %.

Ответ: 8 650 т.

Задача 63. Установить выход концентрата и извлечение в него полезного компонента, если на фабрику поступает руда с содержанием полезного компонента 15 %, а после обогащения получают концентрат и хвосты с содержанием полезного компонента в них соответственно 45 и 5 %.

Ответы: 25 и 75 %.

Задача 64. Фабрика отгружает металлургическому заводу 180 т/сутки металла с концентратом. Определить, извлечение металла в концентрат, если фабрика перерабатывает 10 000 т/сутки руды с массовой долей металла 2 %.

Ответ: 90 %.

Задача 65. Определить выход медного концентрата, содержащего 20 % меди, и эффективность обогащения, если в концентрат извлекают 92 % меди. Рассчитать также потери, т.е. извлечение меди в хвостах, если фабрика перерабатывает медную руду с содержанием в ней меди 1 %. Полезный минерал содержит 66 % меди.

Ответы: 4,6; 88,7 и 8 %.

Задача 66. Определить массовую долю металла в хвостах и руде, если на фабрике получают хвосты и концентрат. Выход хвостов 90%, извлечение в них металла 9 %, массовая доля металла в концентрате 20 %.

Ответ: 0,22 и 2,2 %.

Задача 67. Вычислить массу олова и его содержание в суммарном концентрате, если на фабрике получают оловянный концентрат после обогащения руды на отсадочных машинах и столах. С отсадочных машин получают в сутки 3 т концентрата с содержанием олова 20 %, а со столов - 2 т с содержанием олова 15 %.

Ответы: 0,9 т и 18 %.

21

Задача 68. Фабрика перерабатывает 10 000 т/сутки руды с массовой долей металла в ней 2 %. В результате обогащения получают концентрат с массовой долей металла в нем 20 % и хвосты с извлечением металла в хвосты 10 %. Сколько потребуется вагонов для отгрузки концентрата в сутки, если грузоподъемность вагона 60 т?

Ответ: 15 вагонов.

Задача 69. Рассчитать выход концентрата и извлечение в него марганца, если фабрика обогащает марганцевую руду с содержанием марганца 18 %. Производительность фабрики по руде 300 т/ч; из этой руды получают 60 т/ч концентрата с содержанием марганца 45 %. Определить также эффективность обогащения. Полезный минерал содержит 60 % марганца.

Ответы: 20; 50 и 42,85 %

Задача 70. Сколько тонн металла выплавят на металлургическом заводе в сутки (потери при плавке равны нулю) из концентрата с массовой долей металла 15 %, если концентрат получен из руды, перерабатываемой на фабрике, производительность которой 100 000 т/сутки, а выход хвостов составляет 90 %?

Ответ: 150 т.

Задача 71. Коксохимическому заводу требуется 120 т/ч концентрата зольностью (с содержанием золы) 10 %. Определить необходимую производительность фабрики по рядовому (необогащенному) углю и его зольность, если известно, что выход концентрата от рядового угля составляет 80 %, а зольность хвостов должна быть 70 %.

Ответы: 150 т/ч и 22 %.

Задача 72. Определить массовую долю металла в концентрате, если выход этого продукта 10 %, массовая доля металла в исходной руде 3 %, а извлечение металла в хвосты 10 %.

Ответ: 21 %.

Задача 73. Фабрика отгружает металлургическому заводу 200 т/сутки металла с концентратом. Производительность фабрики

22

Задача 80. Определить содержание золы в смеси углей, т.е. в угле, поступающем на обогащение, если на фабрику поступает уголь с трех шахт: 30% с шахты №1, 50 % с шахты №2 и 20% с шахты №3. Зольность углей каждой шахты соответственно 21; 19,5 и 24 %. Общая производительность фабрики по исходному углю 500 т/ч.

Ответ: 20,85 %.

Задача 81. Вычислить массовую долю металла в руде, если фабрика получает 200 т/сутки 20 %-го концентрата и 800 т хвостов с массовой долей металла в них 0,1 %.

Ответ: 4,08 %.

Задача 82. Установить, сколько нужно переработать руды с содержанием меди 1 % для получения 100 т концентрата, содержащего 18 % меди. Содержание меди в хвостах 0,1 %.

Ответ: 2 000 т.

Задача 83. Определить извлечение металла в промпродукт, если известно, что в результате обогащения получают три продукта: концентрат, хвосты и промпродукт. Выход концентрата 5 %, промпродукта 10 %. Массовая доля металла в продуктах: концентрате - 50 %, промпродукте 10%, хвостах - 0,1 %.

Ответ: 21,9 %.

Задача 84. Определить извлечение металла в хвосты, если фабрика перерабатывает руду с массовой долей металла в ней 1 %, и в результате обогащения получает два продукта: концентрат и хвосты. Концентрат имеет массовую долю металла 50 %, выход его 1,5 %.

Ответ: 25 %.

Задача 85. Определить извлечение меди в концентрат, если при суточной производительности обогатительной фабрики по руде 3 000 т получают 90 т концентрата, содержащего 20 % меди. Руда поступает на фабрику с двух рудников в равном количестве с содержанием меди соответственно 1 и 0,6 %.

Ответ: 75 %.

24

по исходной руде 20 000 т/сутки, в исходной руде массовая доля металла 1,5 %. Вычислить извлечение металла в концентрат.

Ответ: 66,6 %.

Задача 74. Найти выход концентрата, если на обогатительную фабрику поступает оловянная руда с двух рудников в равном количестве с содержанием олова соответственно 0,3 и 0,5 % и после обогащения этой смеси руды фабрика получает концентрат с содержанием олова 28 % и хвосты с содержанием олова 0,2 %.

Ответ: 0,72 %.

Задача 75. Установить, сколько тонн свинцового концентрата отгружает обогатительная фабрика, если её суточная производительность по руде 5000 т; содержание свинца в исходной руде 2 %, в концентрате 60 %, а извлечение свинца в концентрат 90 %.

Ответ: 150 т.

Задача 76. Определить, сколько тонн в сутки отправляет фабрика хвостов на хвостохранилище, если производительность фабрики по исходной руде 10 000 т/сутки, извлечение металла в концентрат 90 %, массовая доля металла в руде 2 %, а в концентрате 20 %.

Ответ: 91 000 т.

Задача 77. Узнать, сколько нужно переработать руды для получения 1 т концентрата, если выход его составляет 4 %. Рассчитать выход хвостов.

Ответы: 25 т и 96 %.

Задача 78. Определить выход хвостов, если фабрика получает 100 т/сутки концентрата, а производительность фабрики 10 000 т/сутки.

Ответ: 99 %.

Задача 79. Вычислить извлечение металла в концентрат и эффективность обогащения, если фабрика после обогащения 1 000 т руды с содержанием металла 0,5 % получила 10 т концентрата с содержанием металла 45 %. Содержание металла в полезном минерале 86 %.

Ответы: 90 и 89,5 %.

23

Задача 86. Рассчитать остальные технологические показатели обогащения, представленные в виде баланса металлов (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Продукты	Выход, %	Содержание, %		Извлечение, %	
		1-й металл	2-й металл	1-й металл	2-й металл
Концентрат 1		50,0	4,0	75,0	
Концентрат 2		1,0	50,0		80,0
Хвосты					
Исходная руда		1,5	2,0	100,0	100,0

Задача 87. Найти содержание металла в хвостах при обогащении руды с содержанием металла 2 %, если извлечение его в концентрат 88 %, а выход концентрата 4 %.

Ответ: 0,25 %.

Задача 88. Рассчитать остальные технологические показатели обогащения, представленные в виде баланса металлов (табл. 1.2).

Таблица 1.2

Продукты	Выход, %	Содержание, %		Извлечение, %	
		1-й металл	2-й металл	1-й металл	2-й металл
Концентрат 1	1,0	50,0	4,0		
Концентрат 2	2,5	1,0	50,0		
Хвосты					
Исходная руда	100,0	1,5	2,0	100,0	100,0

Задача 89. Вычислить выход концентрата и зольность хвостов, если на фабрику поступает рядовой (необогащенный) уголь с содержанием золы (зольность) 20 % в количестве 350 т/ч. После обогащения угля фабрика отгружает потребителю 280 т/ч концентрата зольностью 10 %.

Ответы: 80 и 60 %.

25

Задача 90. Рассчитать массовую долю металла в руде, если в результате обогащения этой руды получают концентрат с массовой долей металла 50 % и хвосты с массовой долей металла в них 0,25 %. Выход концентрата составляет 1,5 %.

Ответ: 0,996 %.

Задача 91. Рассчитать потери (извлечение) меди в цинковом концентрате, полученном при обогащении медно-цинковой руды, поступающей на фабрику с двух рудников с содержанием меди соответственно 1,5 % (60 % от общего количества руды) и 2 % (40 % от общего количества руды). Выход цинкового концентрата 10 %, содержание меди в нём 4 %.

Ответ: 23,5 %.

Задача 92. Вычислить массу олова и его массовую долю в суммарном концентрате, если фабрика получает концентрат после обогащения гравитационным и флотационным методами. При обогащении гравитацией получают 1 т концентрата с массовой долей олова 5 %, а при обогащении флотацией - 0,5 т концентрата с массовой долей олова 2 %.

Ответ: 4 % и 60 кг.

Задача 93. Определить зольность рядового (необогащённого) угля, поступающего на фабрику для обогащения (после его смешения) с четырех шахт: с шахты №1 - 400 т/ч зольностью 20 %, с шахты № 2 - 200 т/ч зольностью 22 %, с шахты № 3 - 250 т/ч зольностью 24 %, с шахты № 4 - 150 т/ч зольностью 18 %.

Ответ: 21,1 %.

Задача 94. Определить, сколько тонн металла теряется в сутки с хвостами, если при обогащении руды с массовой долей металла в ней 5 % получают концентрат с содержанием в нем металла 50 %, выход концентрата 7 %. Производительность фабрики 10 000 т/сутки.

Ответ: 150 т.

Задача 95. Найти выход концентрата и количество меди, которое можно выплавить из него на металлургическом заводе (потери меди

26

ходе его 8%. Вычислить эффективность обогащения. Полезный минерал в руде - халькопирит, содержание меди в нём 35 %

Ответ: 75,2 %.

Задача 102. При обогащении молибденовой сульфидной руды с содержанием молибдена 0,01 % получают концентрат и хвосты с содержанием молибдена соответственно 40 и 0,001 %. Определить эффективность обогащения, если полезный минерал в руде - молибденит, содержащий 67 % молибдена.

Ответ: 90 %.

Задача 103. При обогащении оловянной руды с содержанием олова 0,3 % получают концентрат и хвосты с содержанием олова соответственно 45 и 0,03 %. Определить эффективность обогащения, если полезный минерал в руде касситерит, который содержит 79 % олова.

Ответ: 89,7 %.

Задача 104. Фабрика перерабатывает 500 т/ч цинковой руды с содержанием цинка 3 % и получает 25 т/ч цинкового концентрата с содержанием цинка 40 %. Определить эффективность обогащения, если полезный минерал в руде - сфалерит с содержанием цинка 67 %.

Ответ: 64,6 %.

Задача 105. На фабрику поступает рядовой уголь с двух шахт: с шахты №1 - 30 % зольностью 20 %, с шахты № 2 - 70 % зольностью 22 %. После обогащения фабрика выдает концентрат и хвосты зольностью соответственно 8 и 70 %. Определить эффективность обогащения, если чистый уголь содержит 95% горючей массы.

Ответ: 93,6%.

2. ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ МАТЕРИАЛОВ

2.1. ОПРЕДЕЛЕНИЯ И РАСЧЁТНЫЕ ФОРМУЛЫ

Гранулированный состав материала характеризуется количественным распределением зёрен по крупности. За крупность зерна (его диаметр) условно принимается максимальный размер квадрат-

28

при плавке считать равными нулю), если для обогащения на фабрику поступает медная руда с содержанием меди 1,5 %. Производительность фабрики по руде 2 000 т/ч. После ее обогащения получают концентрат с содержанием меди 20,5 % и хвосты с содержанием меди 0,5 %.

Ответы: 5 % и 20,5 т.

Задача 96. Рассчитать, сколько тонн металла извлекают в концентрат за сутки, если производительность фабрики 10 000 т/сутки. Фабрика получает хвосты и концентрат. Концентрат имеет выход 7 % при массовой доле металла в нём 50 %.

Ответ: 350 т.

Задача 97. Вычислить выход и количество получаемого при обогащении угля концентрата зольностью 8 % при зольности хвостов 65 %, если фабрика обогащает 250 т/ч угля с содержанием золы 16 %.

Ответы: 86 % и 215 т/ч.

Задача 98. Сколько тонн руды в сутки должна переработать фабрика производительностью 5000 т/сутки концентрата, если выход хвостов 95 %?

Ответ: 100 000 т.

Задача 99. Рассчитать массу свинца, теряемого в хвостах при флотации 600 т свинцовой руды с содержанием свинца 4 %, если извлечение его в концентрат 85 %.

Ответ: 3,6 т.

Задача 100. Сколько тонн хвостов отправляет в сутки обогатительная фабрика в шахту, если известно, что для закладки в шахту идёт 50 % от общих хвостов фабрики? Производительность фабрики 100 000 т/сутки, выход концентрата 5 %.

Ответ: 47 500 т.

Задача 101. Обогащается медная сульфидная руда с содержанием меди 1,5 %, получен концентрат с содержанием меди 15 % при вы-

27

ного отверстия сетки, через которое зерно проваливается. Масса зерен характеризуется содержанием зерен крупнее или меньше размера отверстий сетки. Те зерна, которые проваливаются через сетку с размером отверстий d в миллиметрах, составляют нижний класс и обозначаются $-d$, а зерна, которые остаются на сетке, составляют верхний класс и обозначаются $+d$.

Если рассев производится одновременно на нескольких сетках с различными размерами отверстий и материал последовательно проходит через сетки с уменьшающимися размерами отверстий, то на каждой сетке получают узкие классы крупности, характеризующиеся размером верхней сетки, через которую зерно прошло d_1 , и размером данной сетки, на которой оно осталось d_2 . Крупность такого класса обозначается $-d_1+d_2$. Для определения гранулометрического состава проводится ситовой анализ (рассев пробы на узкие классы на стандартном наборе сит).

Пример 2.1. Рассмотрим пример обработки результатов ситового анализа. Ситовой анализ выполнялся на наборе сит с размерами отверстия сит от 0,3 до 0,074 мм. Результаты взвешивания узких классов следующие:

Крупность

класс, мм +0,3 -0,3+0,15 -0,15+0,104 -0,104+0,074 -0,074+0,0
 Масса класса, г 10 25 40 35 30

По данным взвешивания составим табл.2.1.

Таблица 2.1

Результаты ситового анализа

Крупность класса, мм	Масса класса, г	Выход класса γ_i , %	Суммарное содержание класса $\sum \gamma_i$, %	
			По плюсу	По минусу
1	2	3	4	5
-0,5+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	78,6	46,4
-0,074+0,0	30	21,4	100,0	21,4
Всего	140	100	-	-

29

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

$$\gamma_{-0,5+0,3} = 10 : 140 \cdot 100 = 7,15\%$$

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

Суммарными называются классы крупности, полученные при отсеивании 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 гр.4 и 5 табл.2.1 записывают суммарные содержания классов для каждого из сит. В каждой строчке суммарное содержание по плюсу записывают для размера сита, стоящего в этой строчке в гр.1 и имеющего знак "плюс", а суммарное содержание по минусу - для размера сита, стоящего в гр.1 на строку ниже и имеющего знак "минус".

Суммарные выходы по плюсу подсчитываются последовательным суммированием содержаний узких классов сверху вниз, а по минусу - суммированием снизу вверх. Например:

$$\sum \gamma_{+0,15} = 7,2 + 17,8 = 25\%$$

$$\sum \gamma_{+0,104} = 25 + 28,6 = 53,6\%$$

$$\sum \gamma_{-0,104} = 21,4 + 25 = 46,4\%$$

$$\sum \gamma_{-0,15} = 46,4 + 28,6 = 75\%$$

По данным ситового анализа строят 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

30

Решение. Определяем по плюсу выход класса крупнее 0,1 и 0,2 мм. Получаем соответственно $\gamma_{+0,1} = 54\%$ и $\gamma_{+0,2} = 15\%$. Затем производим вычитание:

$$\gamma_{0,2+0,1} = \gamma_{+0,1} - \gamma_{+0,2} = 54 - 15 = 39\%$$

Пользуясь характеристикой по минусу, получим

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

Крупность массы зерен характеризуют максимальным или средним диаметром d_{cp} . За d_{max} принимают 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 $d_{max} = 0,35$ мм.

Средний диаметр рассчитывают по таблице результатов ситового анализа по различным формулам, выражение потери зависит от параметра усреднения. В нашем примере

$$d_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n \gamma_i d_i}{\sum_{i=1}^n \gamma_i}$$

где γ_i - выход 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

$$d_{cp} = \frac{\frac{0,5+0,3}{2} \cdot 7,2 + \frac{0,3+0,15}{2} \cdot 17,8 + \frac{0,15+0,104}{2} \cdot 28,6 + \frac{0,104+0,074}{2} \cdot 25 + \frac{0,074+0,0}{2} \cdot 21,4}{100} = 0,135 \text{ мм}$$

32

зеркальным отображением суммарной характеристики по плюсу (рис.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.

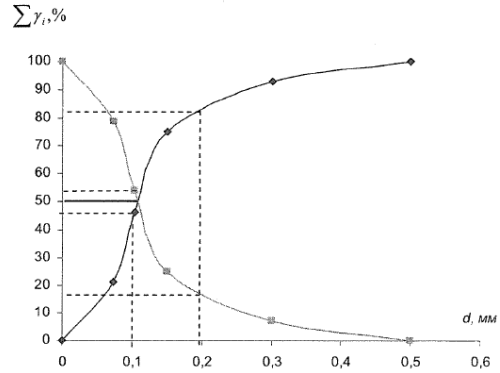


Рис. 1 Суммарные характеристики крупности

Пример 2.2. По рис.1 необходимо определить выход класса $-0,2+0,1$ мм.

31

2.2. ЗАДАЧИ НА ПОСТРОЕНИЕ СУММАРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КРУПНОСТИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПО НИМ СОДЕРЖАНИЯ КЛАССА И СРЕДНЕВЗВЕШЕННОГО ДИАМЕТРА

Задачи 106-123. По результатам ситового анализа построить суммарную характеристику крупности по плюсу или по минусу. Определить по ней содержание указанных классов и средневзвешенный диаметр. Условия задач приведены в табл.2.2.

Условия задач 106-141

Таблица 2.2

№	Исходные данные					Построение суммарной характеристики крупности	Требуемая крупность класса, мм	ответы	
	Крупность класса, мм							Содержание класса, %	Средневзвешенный диаметр, мм
	Выход класса, %								
106	$\frac{-50+30}{10}$	$\frac{-30+15}{12}$	$\frac{-15+8}{8}$	$\frac{-8+4}{18}$	$\frac{-4+0}{52}$	По плюсу	-12+1	52	9,74
107	$\frac{-10+5}{39}$	$\frac{-5+2}{32}$	$\frac{-2+1}{13}$	$\frac{-1+0,5}{7}$	$\frac{-0,5+0}{9}$	По плюсу	-6+3	30	4,32
108	$\frac{-20+10}{7}$	$\frac{-10+5}{8}$	$\frac{-5+3}{9}$	$\frac{-3+1}{16}$	$\frac{-1+0}{60}$	По плюсу	-8	91	2,63
109	$\frac{-1+0,5}{31}$	$\frac{-0,5+0,25}{24}$	$\frac{-0,25+0,15}{15}$	$\frac{-0,15+0}{30}$	-	По плюсу	-0,3	50	0,375
110	$\frac{-25+12}{27}$	$\frac{-12+6}{17}$	$\frac{-6+3}{13}$	$\frac{-3+1,5}{13}$	$\frac{-1,5+0}{30}$	По плюсу	-10+1	45	7,63
111	$\frac{-250+125}{42}$	$\frac{-125+80}{18}$	$\frac{-80+40}{18}$	$\frac{-40+20}{10}$	$\frac{-20+0}{12}$	По минусу	+50	73	111,22
112	$\frac{-25+15}{12}$	$\frac{-15+8}{18}$	$\frac{-8+4}{17}$	$\frac{-4+2}{14}$	$\frac{-2+0}{39}$	По минусу	-6+1	34	6,3
113	$\frac{-1+0,6}{13}$	$\frac{-0,6+0,3}{17}$	$\frac{-0,3+0,15}{16}$	$\frac{-0,15+0,075}{18}$	$\frac{-0,075+0}{36}$	По плюсу	-0,25+0,1	21	0,25

Продолжение табл. 2.2

№	Исходные данные					Построение суммарной характеристики крупности	Требуемая крупность класса, мм	ответы	
	Крупность класса, мм							Содержание класса, %	Средневзвешенный диаметр, мм
	Выход класса, %								
114	$\frac{-20+10}{30}$	$\frac{-10+5}{28}$	$\frac{-5+2,5}{17}$	$\frac{-2,5+1,0}{13}$	$\frac{-1,0+0}{12}$	По минусу	-8+4	25	7,52
115	$\frac{-300+200}{30}$	$\frac{-200+100}{13}$	$\frac{-100+50}{9}$	$\frac{-50+25}{10}$	$\frac{-25+0}{38}$	По плюсу	-175+125	6	109,75
116	$\frac{-25+12}{52}$	$\frac{-12+6}{18}$	$\frac{-6+3}{6}$	$\frac{-3+1}{9}$	$\frac{-1+0}{15}$	По плюсу	-10+5	13	11,69
117	$\frac{-2+1}{13}$	$\frac{-1+0,5}{22}$	$\frac{-0,5+0,25}{25}$	$\frac{-0,25+0,15}{12}$	$\frac{-0,15+0}{28}$	По минусу	-0,6+0,3	25	0,52
118	$\frac{-10+5}{20}$	$\frac{-5+3}{10}$	$\frac{-3+1}{22}$	$\frac{-1+0,5}{15}$	$\frac{-0,5+0}{33}$	По плюсу	-4+2	13	2,54
119	$\frac{-300+200}{20}$	$\frac{-200+100}{27}$	$\frac{-100+50}{23}$	$\frac{-50+25}{14}$	$\frac{-25+0}{16}$	По минусу	-125+75	19	115,0
120	$\frac{-50+25}{40}$	$\frac{-25+12,5}{23}$	$\frac{-12,5+5}{18}$	$\frac{-5+2,5}{8}$	$\frac{-2,5+0}{11}$	По минусу	-5+1	14	21,33
121	$\frac{-50+25}{25}$	$\frac{-25+12,5}{27}$	$\frac{-12,5+5}{28}$	$\frac{-5+2,5}{15}$	$\frac{-2,5+0}{5}$	По плюсу	-10	52	17,51
122	$\frac{-15+0}{25}$	$\frac{-10+5}{30}$	$\frac{-5+2}{23}$	$\frac{-2+1}{10}$	$\frac{-1+0}{12}$	По минусу	+3	70	5,14
123	$\frac{-50+25}{35}$	$\frac{-25+12}{20}$	$\frac{-12+6}{20}$	$\frac{-6+3}{10}$	$\frac{3+0}{15}$	По плюсу	-20+10	20	19,37
124	$\frac{-75+50}{15}$	$\frac{-50+25}{10}$	$\frac{-25+12}{12}$	$\frac{-12+5}{39}$	$\frac{-5+0}{24}$	По плюсу	-23+10	23	19,26

Продолжение табл. 2.2

№	Исходные данные					Построение суммарной характеристики крупности	Требуемая крупность класса, мм	ответы	
	Крупность класса, мм							Содержание класса, %	Средневзвешенный диаметр, мм
	Выход класса, %								
125	$\frac{-180+120}{31}$	$\frac{-120+80}{8}$	$\frac{-80+40}{43}$	$\frac{-40+15}{15}$	$\frac{-15+0}{3}$	По плюсу	-60+25	31	84,65
126	$\frac{-5+3}{2}$	$\frac{-3+1,5}{18}$	$\frac{-1,5+1,0}{24}$	$\frac{-1,0+0,5}{36}$	$\frac{-0,5+0}{20}$	По минусу	-2,0+0,8	47	1,11
127	$\frac{-10+7}{51}$	$\frac{-7+4}{12}$	$\frac{-4+3}{18}$	$\frac{-3+1}{5}$	$\frac{-1+0}{14}$	По плюсу	-9+2	67	5,8
128	$\frac{-50+42}{14}$	$\frac{-42+34}{9}$	$\frac{-34+25}{38}$	$\frac{-25+11}{19}$	$\frac{-11+0}{20}$	По минусу	-40+10	36	20,07
129	$\frac{-200+100}{28}$	$\frac{-100+50}{30}$	$\frac{-50+25}{15}$	$\frac{-25+12}{7}$	$\frac{-12+0}{20}$	По минусу	+45	61	72,49
130	$\frac{-1,0+0,8}{35}$	$\frac{-0,8+0,6}{8}$	$\frac{-0,6+0,4}{3}$	$\frac{-0,4+0,14}{43}$	$\frac{-0,14+0}{11}$	По плюсу	-0,5	56	0,51
131	$\frac{-1,65+0,63}{12}$	$\frac{-0,63+0,4}{45}$	$\frac{-0,4+0,25}{10}$	$\frac{-0,25+0,071}{5}$	$\frac{-0,071+0}{28}$	По минусу	-0,32+0,2	7	0,42

Продолжение табл. 2.2

№	Исходные данные					Построение суммарной характеристики крупности	Требуемая крупность класса, мм	ответы	
	Крупность класса, мм							Содержание класса, %	Средневзвешенный диаметр, мм
	Выход класса, %								
132	$\frac{-9+3}{41}$	$\frac{-3+1}{9}$	$\frac{-1+0,83}{18}$	$\frac{-0,83+0,56}{3}$	$\frac{-0,56+0}{29}$	По плюсу	-2+0,5	28	2,91
133	$\frac{-0,4+0,28}{31}$	$\frac{-0,28+0,2}{18}$	$\frac{-0,2+0,1}{11}$	$\frac{-0,1+0,08}{4}$	$\frac{-0,08+0,05}{36}$	По минусу	0,25+0,07	38	0,19
134	$\frac{-2,2+1,8}{8}$	$\frac{-1,8+1,4}{56}$	$\frac{-1,4+1,0}{9}$	$\frac{-1,0+0,7}{21}$	$\frac{-0,7+0}{6}$	По минусу	-1,0+0,5	22	1,0
135	$\frac{-10,0+8,0}{27}$	$\frac{-8,0+7,0}{48}$	$\frac{-7,0+4,0}{7}$	$\frac{-4,0+2,5}{3}$	$\frac{-2,5+0}{15}$	По плюсу	-6+1	17	6,7
136	$\frac{-6,0+3,5}{2}$	$\frac{-3,5+2,8}{10}$	$\frac{-2,8+2,2}{35}$	$\frac{-2,2+1,8}{29}$	$\frac{-1,8+0}{24}$	По плюсу	-1,0	14	2,08
137	$\frac{-1,25+1,1}{13}$	$\frac{-1,1+0,9}{19}$	$\frac{-0,9+0,63}{5}$	$\frac{-0,63+0,4}{22}$	$\frac{-0,4+0}{41}$	По минусу	-0,6+0,2	40	0,58
138	$\frac{-1,4+0,7}{51}$	$\frac{-0,7+0,45}{2}$	$\frac{-0,45+0,28}{31}$	$\frac{-0,28+0,18}{10}$	$\frac{-0,18+0}{6}$	По плюсу	-0,2	7	0,69
139	$\frac{-150+120}{19}$	$\frac{-120+70}{21}$	$\frac{-70+45}{35}$	$\frac{-45+30}{3}$	$\frac{-30+0}{22}$	По минусу	-100+50	15	70,15
140	$\frac{-75+23}{25}$	$\frac{-23+12}{12}$	$\frac{-12+7,5}{13}$	$\frac{-7,5+3}{20}$	$\frac{-3+0}{12}$	По минусу	-10+2	36	17,1
141	$\frac{-0,28+0,18}{34}$	$\frac{-0,18+0,09}{20}$	$\frac{-0,09+0,064}{12}$	$\frac{-0,064+0,04}{14}$	$\frac{-0,04+0}{20}$	По плюсу	-0,05	74	0,07

Продолжение табл. 2.2

№	Исходные данные					Построение суммарной характеристики крупности	Требуемая крупность класса, мм	ответы	
	Крупность класса, мм							Содержание класса, %	Средневзвешенный диаметр, мм
	Выход класса, %								
142	$\frac{-100+50}{20}$	$\frac{-50+25}{20}$	$\frac{-25+12}{20}$	$\frac{-12+6}{20}$	$\frac{-6+0}{20}$	По плюсу	-60+30	19	28,6
143	$\frac{-250+25}{40}$	$\frac{-25+12}{30}$	$\frac{-12+6}{10}$	$\frac{-6+3}{10}$	$\frac{-3+0}{10}$	По плюсу	-16+6	20	62,05
144	$\frac{-300+200}{20}$	$\frac{-200+100}{20}$	$\frac{-100+50}{20}$	$\frac{-50+25}{20}$	$\frac{-25+0}{20}$	По плюсу	-150	72	105
145	$\frac{-10+5}{20}$	$\frac{-5+3}{20}$	$\frac{-3+1}{20}$	$\frac{-1+0,5}{20}$	$\frac{-0,5+0}{20}$	По минусу	-4+2	20	2,9
146	$\frac{-20+10}{40}$	$\frac{-10+5}{30}$	$\frac{-5+3}{10}$	$\frac{-3+1}{10}$	$\frac{-1+0}{10}$	По минусу	-6,5	40	8,9
147	$\frac{-100+50}{20}$	$\frac{-50+25}{20}$	$\frac{-25+12}{20}$	$\frac{-12+6}{20}$	$\frac{-6+0}{20}$	По плюсу	-8	73	5,8
148	$\frac{-50+25}{40}$	$\frac{-25+12}{30}$	$\frac{-12+6}{10}$	$\frac{-6+3}{10}$	$\frac{-3+0}{10}$	По минусу	+50	20	28,6
149						По минусу	-25	60	28,6

Продолжение табл. 2.2

№	Исходные данные					Построение суммарной характеристики крупности	Требуемая крупность класса, мм	ответы	
	Крупность класса, мм							Содержание класса, %	Средневзвешенный диаметр, мм
	Выход класса, %								
150	$\frac{-300+200}{20}$	$\frac{-200+100}{20}$	$\frac{-100+50}{20}$	$\frac{-50+25}{20}$	$\frac{-25+0}{20}$	По плюсу	-12,5	5	100
151	$\frac{-10+5}{20}$	$\frac{-5+3}{20}$	$\frac{-3+1}{20}$	$\frac{-1+0,5}{20}$	$\frac{-0,5+0}{20}$	По плюсу	+5	20	2,9
152	$\frac{-20+10}{40}$	$\frac{-10+5}{30}$	$\frac{-5+3}{10}$	$\frac{-3+1}{10}$	$\frac{-1+0}{10}$	По плюсу	+6,5	60	8,9
153	$\frac{-20+10}{20}$	$\frac{-10+5}{20}$	$\frac{-5+3}{20}$	$\frac{-3+1}{20}$	$\frac{-1+0}{20}$	По минусу	+8	27	5,75
154	$\frac{-1+0,6}{13}$	$\frac{-0,6+0,3}{17}$	$\frac{-0,3+0,15}{16}$	$\frac{-0,15+0,074}{18}$	$\frac{-0,074+0}{36}$	По минусу	-0,25+0,1	21	0,25
155	$\frac{-10+8}{24}$	$\frac{-8+6}{19}$	$\frac{-6+4}{20}$	$\frac{-4+2}{17}$	$\frac{-2+0}{20}$	По плюсу	-3+1	19	5,2
156	$\frac{-1+0,6}{13}$	$\frac{-0,6+0,3}{17}$	$\frac{-0,3+0,15}{16}$	$\frac{-0,15+0,074}{18}$	$\frac{-0,074+0}{36}$	По плюсу	-0,6	87	0,25
157	$\frac{-10+5}{53}$	$\frac{-5+3}{18}$	$\frac{-3+1}{19}$	$\frac{-1+0,5}{5}$	$\frac{-0,5+0}{5}$	По плюсу	-4+2	17	5,1
158	$\frac{-10+8}{24}$	$\frac{-8+6}{19}$	$\frac{-6+4}{20}$	$\frac{-4+2}{17}$	$\frac{-2+0}{20}$	По минусу	-4	37	5,2

Продолжение табл. 2.2

№	Исходные данные					Построение суммарной характеристики крупности	Требуемая крупность класса, мм	Ответы	
	Крупность класса, мм							Содержание класса, %	Средневзвешенный диаметр, мм
	Выход класса, %								
159	$\frac{-10+5}{53}$	$\frac{-5+3}{18}$	$\frac{-3+1}{19}$	$\frac{-1+0,5}{5}$	$\frac{-0,5+0}{5}$	По минусу	+4	63	5,1
160	$\frac{-100+80}{24}$	$\frac{-80+60}{19}$	$\frac{-60+40}{20}$	$\frac{-40+20}{17}$	$\frac{-20+0}{20}$	По плюсу	-60	57	52
161	$\frac{-100+50}{53}$	$\frac{-50+30}{18}$	$\frac{-30+10}{19}$	$\frac{-10+5}{5}$	$\frac{-5+0}{5}$	По плюсу	-10	10	51
162	$\frac{-15+9}{60}$	$\frac{-9+6}{20}$	$\frac{-6+3}{10}$	$\frac{-3+1,5}{5}$	$\frac{-1,5+0}{5}$	По минусу	-4,5+1,5	20	9,3
163	$\frac{-15+9}{60}$	$\frac{-9+6}{20}$	$\frac{-6+3}{10}$	$\frac{-3+1,5}{5}$	$\frac{-1,5+0}{5}$	По минусу	-3	10	9,3
164	$\frac{-10+5}{25}$	$\frac{-5+3}{10}$	$\frac{-3+1,5}{12}$	$\frac{-1,5+0,75}{16}$	$\frac{-0,75+0}{37}$	По плюсу	-3+1,5	12	2,9
165	$\frac{-10+5}{25}$	$\frac{-5+3}{10}$	$\frac{-3+1,5}{12}$	$\frac{-1,5+0,75}{16}$	$\frac{-0,75+0}{37}$	По минусу	+5	25	2,9
166	$\frac{-10+5}{20}$	$\frac{-5+3}{20}$	$\frac{-3+1,5}{20}$	$\frac{-1,5+0,75}{20}$	$\frac{-0,75+0}{20}$	По минусу	+3	40	3,0
167	$\frac{-10+5}{20}$	$\frac{-5+3}{20}$	$\frac{-3+1,5}{20}$	$\frac{-1,5+0,75}{20}$	$\frac{-0,75+0}{20}$	По минусу	-3	60	3,0

3. ГРОХОЧЕНИЕ

3.1. ОПРЕДЕЛЕНИЯ И РАСЧЕТНЫЕ ФОРМУЛЫ

Грохочение - процесс разделения дробленых полезных ископаемых по крупности путем просеивания их через сетки.

В процессе грохочения материала на одной сетке получается два продукта: надрешётный, или верхний, и подрешётный, или нижний. Качество проведенной операции грохочения определяется эффективностью грохочения, выражаемой в долях единицы или процентах. Эффективность грохочения называют отношением массы подрешётного продукта к массе класса в исходном материале. 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:

$$E = \frac{Q_n \beta}{Q_{исх} \alpha} \cdot 100 \% \quad (3.1)$$

$$E = \frac{\gamma_n \beta}{\alpha} \quad (3.2)$$

$$E = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{\alpha - \vartheta}{\beta - \vartheta} \right) \cdot 100 \% \quad (3.3)$$

где Q_n и $Q_{исх}$ – масса соответственно нижнего и исходного продукта, т/ч и т/сутки; α , β и ν – содержание расчётного класса соответственно в исходном, нижнем и верхнем продукте, %; γ_n – выход нижнего продукта, %. Расчётный класс в грохочении – это класс меньше размера ячейки сита грохота, т.е. тонкий класс, нижний продукт - подрешётный материал (рис.2).

При расчёте величины E по всему нижнему классу в формулах (3.1)-(3.3) принимать $\beta = 100\%$.