

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ**  
**УНІВЕРСИТЕТ**



**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
**ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ**  
**ПО КУРСУ**  
**"ПЕРЕРОБКА, ЗБАГАЧЕННЯ І**  
**КОМПЛЕКСНЕ ВИКОРИСТАННЯ**  
**КОРИСНИХ КОПАЛИН "**

**ДонНТУ Донецьк - 2014**



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ**  
**УНІВЕРСИТЕТ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
**ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ**  
**ПО КУРСУ**  
**"ПЕРЕРОБКА, ЗБАГАЧЕННЯ І КОМПЛЕКСНЕ**  
**ВИКОРИСТАННЯ**  
**КОРИСНИХ КОПАЛИН ”**

( для студентів спеціальності 7.090302)

Затверджено  
навчально-видавничою радою ДонНТУ  
Протокол №    від

Схвалено  
кафедрою «Збагачення корисних копа-  
лин» ДонНТУ  
Протокол №    від

ДОНЕЦЬК ДонНТУ - 2014

УДК 622.7 (071)

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу "Переробка, збагачення та комплексне використання корисних копалин Донецьк: ДонНТУ, 2014. - 49 с.

Подані методичні вказівки до виконання лабораторних робіт по курсу «ПЕРЕРОБКА, ЗБАГАЧЕННЯ І КОМПЛЕКСНЕ ВИКОРИСТАННЯ КОРИСНИХ КОПАЛИН ». Дано перелік лабораторних робіт і їх опис, де викладені необхідні теоретичні положення, методика виконання та описані застосовувані в роботах прилади та обладнання.

Укладачі: В.С.Білецький  
О.С.Голіков

## ОСНОВНІ ПРАВИЛА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

До виконання лабораторних робіт допускаються студенти , які пройшли інструктаж і засвоїли основні правила техніки безпеки при роботі в лабораторії.

При роботі з механізмами слід дотримуватись таких правил техніки безпеки .

1.Перед пуском устаткування необхідно попередньо оглянути його і переконатися у справності . Несправне обладнання включати забороняється .

2.Перевірити наявність огорожень у обертових частин і заземлення в електропускової апаратури.

3.Перед пуском устаткування необхідно закріпити знімні частини , оповістити всіх присутніх про його включення .

4.Бути уважним при роботі з механізмами .

5.Не розпускати кінців одягу , головних уборів і волосся, щоб уникнути попадання їх в механізм.

6.Під час роботи дробарок забороняється проводити огляд робочого простору.

7.Не доторкатися до струмопровідних частин електроустаткування.

8.Електропривод повинен бути негайно (аварійно) відключений від мережі при:

- Нещасний випадок з людиною ;

- Поява диму або вогню з електродвигуна або його пускорегулюючої апаратури;

- Сильному зниженні числа обертів електродвигуна, що супроводжується швидким його нагріванням .

9.По закінченні роботи слід відключити всі джерела живлення енергії.

10.Дотримуватися чистоти на робочому місці.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

### Ситовий аналіз сипучого матеріалу і побудова характеристик крупності

Матеріали, з якими доводиться мати справу при дробленні, подрібненні, грохоченні та збагаченні корисних копалин, являють собою суміші зерен (шматків, грудок) мінералів різного розміру. Розміри ці коливаються від сотень мм до декількох мкм. Оскільки шматки мають неправильну форму, то їх величина може бути характеризувати декількома розмірами. Однак для практичних цілей величину шматка бажано характеризувати одним еквівалентним розміром - "діаметром".

Метод визначення розміру частинки (шматка) вибирається в залежності від способу вимірювань і цілей, для яких цей діаметр визначається.

При грохоченні для масових визначень розміру зерна за діаметр зерна приймають розмір найменшого квадратного отвору, через який це зерно може проходити. Крупність всієї маси сипучого матеріалу оцінюють за вмістом у ній класів визначеної крупності, тобто за її гранулометричним складом.

Гранулометричний склад матеріалів для контролю процесів грохочення, дроблення і подрібнення на збагачувальних фабриках (ЗФ) визначають найчастіше за допомогою ситового аналізу.

Розсів сипучого матеріалу з метою визначення його гранулометричного складу називається ситовим аналізом. Ситовий аналіз полягає в просіюванні проби через стандартний набір сит і у визначенні процентного вмісту залишку на кожному з них по відношенню до маси вихідної проби.

Для полегшення просіювання застосовують механічні пристрої (рис.1.1) в яких закріплений набір сит здійснює обертові рухи з одночасним струшуванням. Виділення класів при грохоченні роблять за схемою від "великого до дрібного" (рис.1.2).

Результати ситового аналізу заносять в спеціальну загальноприйнятну таблицю. За даними таблиці ситового аналізу будують характеристику крупності.

Характеристика крупності - це графічне зображення гранулометричного складу сипучого матеріалу.

Сумарні характеристики крупності "по + D" можуть бути випуклими, увігнутими і прямолінійними (рис.1.3). Опукла крива говорить про переважання в матеріалі великих зерен, увігнута - дрібних

зерен , прямолінійна - про рівномірний розподіл в матеріалі зерен по крупності . За кривою сумарної характеристики крупності можна визначити вихід будь-якого класу .

При побудові сумарних характеристик крупності в широкому діапазоні крупності зерен матеріалу відрізки на осі абсцис в області дрібних класів виходять досить малого розміру , що ускладнює побудову та використання характеристик. Щоб не будувати великих

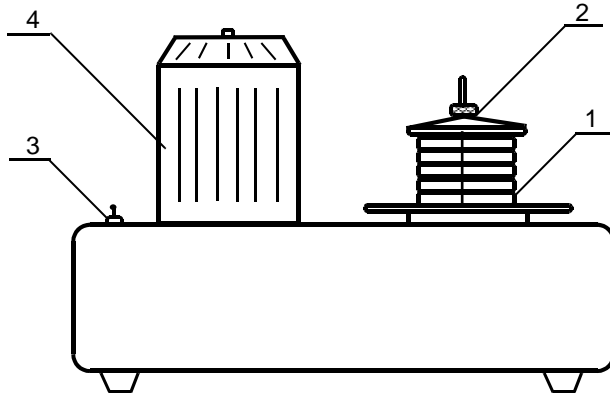


Рис.1.1 – Механічний струшувач:  
 1- набір сит; 2- притисний пристрій;  
 3- тумблер; 4- електродвигун.

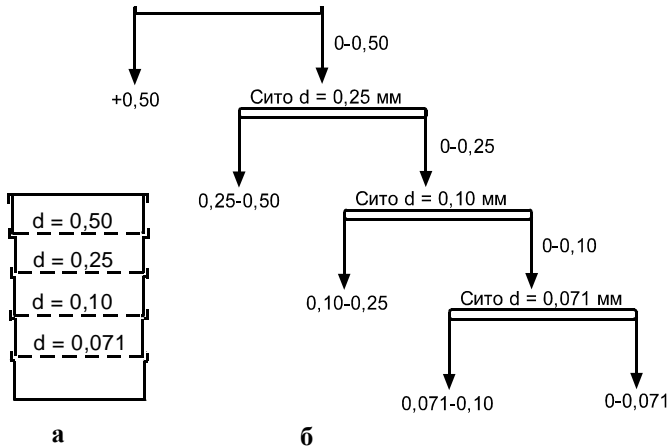


Рис.1.2 - Схема визначення гранулометричного складу:  
 а – розташування сит в наборі; б – схема розсіву.

графіків, сумарні характеристики будують в системі координат з напівологіфімічною або логарифмічною шкалою.

Логарифмічна характеристика дозволяє в деяких випадках встановити наявність закономірностей розподілу в матеріалі зерен по крупності. Для дроблених і подрібнених мономінеральних гірських порід логарифмічна характеристика, побудована “по  $-d$ ”, найчастіше виходить прямолінійною. Рівняння прямої лінії в логарифмічних координатах має вигляд:

$$\lg \gamma_{\text{сум}} = k \lg d + \lg A , \quad (1.1)$$

где  $\gamma_{\text{сум}}$  - сумарний вихід класів менше отворів сита,%;  $k$  - коефіцієнт, що дорівнює тангенсу кута нахилу прямої  $d$  - діаметр отворів сита, мм;  $A$  - відрізок, що відсікається прямою на осі ординат.

Використовуючи антилогіфми рівняння (1.1) можна привести до вигляду:

$$\gamma_{\text{сум}} = A \cdot d^k \quad (1.2)$$

Рівняння (1.2) сумарної характеристики, побудованої “по- $d$ ” називається рівнянням Годена-Андрєєва.

Величина коефіцієнта  $k$  визначає напрямок і ступінь вигину кривої характеристики крупності.

З рівняння (1.2) випливає, що при  $d = d_{\text{max}}$   $\gamma_{\text{сум}} = 100\%$ .

Тоді можна записати:

$$A = \frac{100}{d_{\text{max}}^k} . \quad (1.3)$$

## МЕТА РОБОТИ

Освоєння методики виконання ситового аналізу, розрахунку і оформлення його результатів, визначення за допомогою характеристик крупності виходів заданих класів.

## АПАРАТУРА, ПРИСТОСУВАННЯ, МАТЕРІАЛИ

Механічний струшувач з трьома однаковими наборами сит. Кожен набір повинен бути укомплектований ситами з розміром отворів 0,50, 0,25, 0,10, 0,071 мм.

Технічні ваги з набором важків.

Секундомір або годинник.

Совок для відбору проб.



Чашки для зважування проб.  
Сипучий матеріал крупністю 0-1 мм.

### МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Відібрати 3 проби сипучого матеріалу по 50 р.

Зібрати три набори сит для розсіву матеріалу від великого до дрібного на ситах з розмірами отворів 0,50 , 0,25 , 0,10 , 0,071 мм (рис. 1.2) .

Проби матеріалу завантажити на верхні сита. Набори сит установити на механічний струшувач і закріпити.

Включити привод механічного струшувачі (тумблер - в положення " 210" ) .

Розсів матеріалу виконувати протягом 5 хвилин.

Після закінчення часу розсіву вимкнути привод механічного струшувача ( тумблер - в положення « 0 »).

Набір сит зняти з механічного струшувача .

Провести зважування залишку на кожному ситі з точністю до 0,01 г.

Визначити середній ( по 3 пробах ) для кожного класу вихід (г).

Зробити розрахунок виходів ( %) отриманих в результаті розсіву класів і сумарний вихід (%) зверху і знизу.

Результати розрахунку занести в табл.1.1

Таблиця 1.1 - Результати ситового аналізу.

| Клас, мм     | Вихід              |            | Сумарний зверху, %                          | Сумарний знизу, %                           |
|--------------|--------------------|------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|
|              | г                  | %          |                                             |                                             |
| 1            | 2                  | 3          | 4                                           | 5                                           |
| +0,50        | $m_1$              | $\gamma_1$ | $\gamma_1$                                  | 100                                         |
| 0,50 - 0,25  | $m_2$              | $\gamma_2$ | $\gamma_1 + \gamma_2$                       | $\gamma_5 + \gamma_4 + \gamma_3 + \gamma_2$ |
| 0,25 - 0,10  | $m_3$              | $\gamma_3$ | $\gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3$            | $\gamma_5 + \gamma_4 + \gamma_3$            |
| 0,10 - 0,071 | $m_4$              | $\gamma_4$ | $\gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3 + \gamma_4$ | $\gamma_5 + \gamma_4$                       |
| 0,071- 0     | $m_5$              | $\gamma_5$ | 100                                         | $\gamma_5$                                  |
| Всього       | $\sum_{i=1}^5 m_i$ | 100        | -                                           | -                                           |

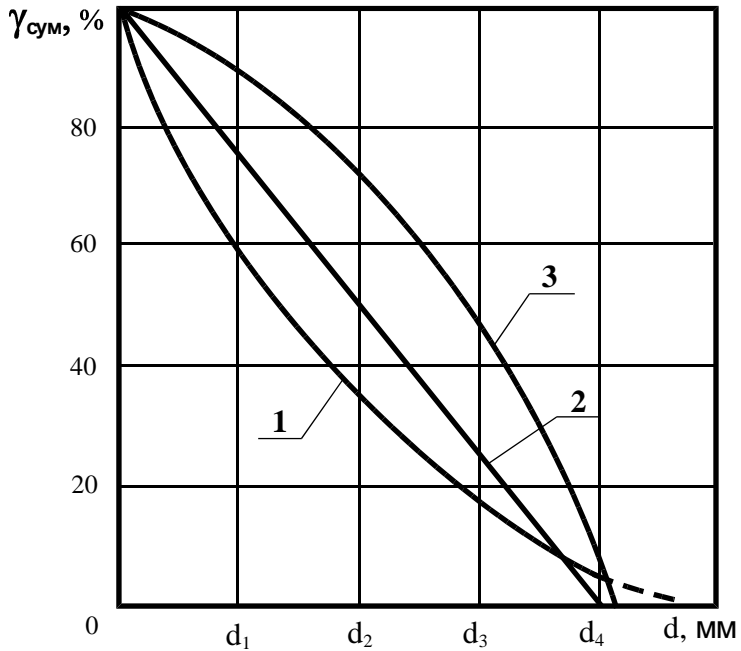


Рис. 1.3 - Сумарна характеристика крупності:

- 1 - переважають дрібні класи;
- 2 - рівномірний розподіл класів;
- 3 - переважають крупні класи.

#### ПОРЯДОК РОЗРАХУНКУ

Середній для проб вихід визначають як середнє арифметичне:

$$m_i = \frac{m_{i1} + m_{i2} + m_{i3}}{3}, \quad (1.4)$$

Тут  $m_{i1}$ ,  $m_{i2}$ ,  $m_{i3}$  – залишок на  $i$ -тому ситі наборів № 1,2,3.  
 Вихід класу (%) визначається за формулою:

$$\gamma_i = \frac{m_i}{\sum_1^5 m_i} \cdot 100, \% \quad (1.5)$$

Визначення сумарних виходів зверху і знизу ( %) виконується відповідно за виразами , наведеними в колонках 4 і 5 табл.1.1 .

За даними табл.1.1 побудувати сумарну характеристику крупності ( рис.1.3 ) по виходу зверху. За характеристикою крупності визначити вихід класу 0,2 - 0,4 мм і діаметр максимального зерна в пробі.

## ЗМІСТ ЗВІТУ

У звіті з лабораторної роботи повинні бути наведені: призначення ситового аналізу; мета роботи ; методика виконання роботи; результати розсіву матеріалу у вигляді табл.1.1 ; характеристика крупності ( за даними табл.1.1 ) за допомогою якої визначити вихід класу 0 , 2 - 0,4 мм і діаметр максимального зерна в пробі.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

### **Фракційний аналіз вугілля і побудова кривих збагачуваності.**

*Фракційним аналізом* називається операція розділення проби вугілля на фракції різної густини. Густина горючої маси вугілля знаходиться в прямій залежності від ступеня метаморфізму. Із збільшенням вмісту у вугіллі мінеральних домішок його густина і зольність підвищуються. Якщо вугілля розділити за густиною, отримані фракції будуть відрізнятися за якістю.

Суть методу фракційного аналізу полягає в розшаруванні проби вугілля або антрациту по фракціях різної густини , аналізі цих фракцій і визначенні результатів фракційного аналізу .

Фракційний аналіз виконується для визначення теоретично можливих якісно - кількісних показників гравітаційного збагачення і категорії збагачуваності вугілля. Результати фракційного аналізу використовують при проектуванні та експлуатації вуглезбагачувальних фабрик.

Для проведення розшарування застосовують важкі рідини густиною 1300, 1400, 1500, 1600, 1800 кг/м<sup>3</sup>. В якості важкої рідини може бути використаний водний розчин хлористого цинку ZnCl<sub>2</sub>. В резуль-

таті одержуємо діапазони густин сипкого матеріалу: - 1300, 1300 – 1400, 1400 – 1500, 1500 – 1600, 1600 – 1800 і + 1800 кг/м<sup>3</sup>. Розчини потрібної густини отримують змішуванням важкої рідини і розріджувача (води). Обсяг розріджувача визначають за формулою:

$$V_p = V_{гж} \frac{\delta_{гж} - \delta}{\delta - \delta_p} \quad (2.1)$$

где  $V_p$  - об'єм розріджувача, м<sup>3</sup>;  $V_{гж}$  - об'єм ьем важкої рідини, м<sup>3</sup>;  $\delta_p$  - густина розріджувача, кг/м<sup>3</sup>;  $\delta_{гж}$  - густина важкої рідини, кг/м<sup>3</sup>;  $\delta$  - необхідна густина розчину, кг/м<sup>3</sup>. Розшарування як, правило, проводять, починаючи з рідини найменшої густини. Схема проведення фракційного аналізу представлена на рис. 2.1.

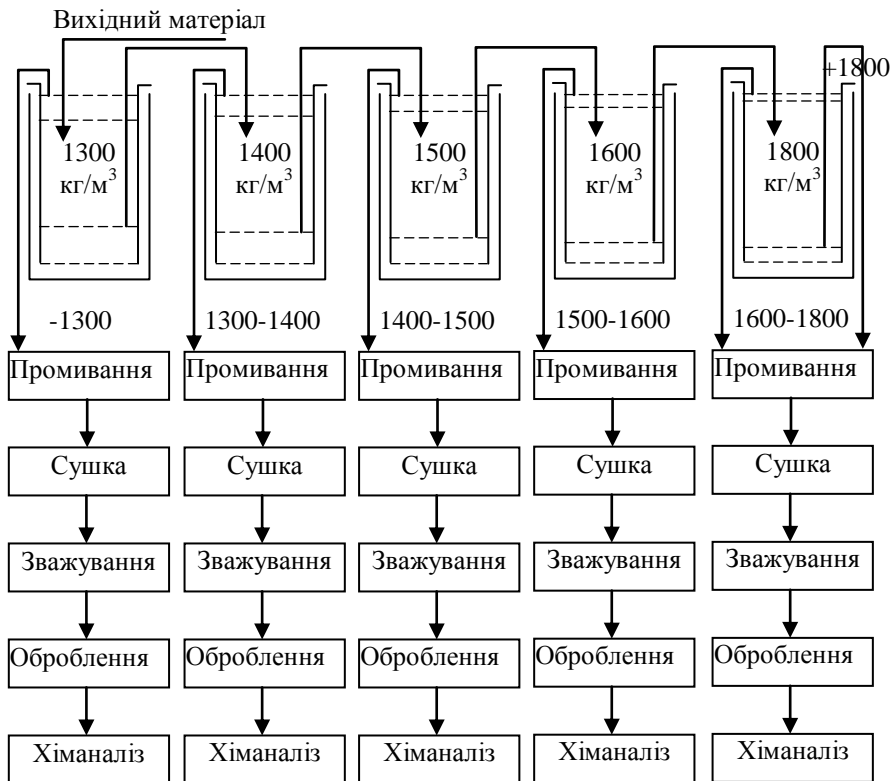


Рис. 2.1 – Схема проведення фракційного аналізу.

Перед кожною операцією розшарування роблять перевірку густини рідини денсиметром ( ареометром ) . Пробу вугілля насипають в бак з рідиною густини  $1300 \text{ кг/м}^3$ . Вміст бака ретельно перемішують мішалкою і дають відстоятися протягом 2-3 хв. Фракцію густиною  $-1300 \text{ кг/м}^3$ , що сплила на поверхню першого бака ретельно знімають сітчастим черпаком , промивають холодною та гарячою водою і переносять на деку для підсушування . Частину проби що потонула (фракція  $+1300 \text{ кг/м}^3$ ) після стоку рідини разом з баком ( з сітчастим дном) переносять у наступний бак з важкою рідиною  $1400 \text{ кг/м}^3$  і повторюють операції. Просушують фракції в сушильній шафі при температурі  $50^\circ\text{C}$  до повітряно-сухого стану . Після оброблення пробу піддають хімічному аналізу на вміст золи , а якщо необхідно , на вміст сірки . Результати фракційного аналізу заносяться в спеціальну таблицю . За отриманими результатами неможливо визначити вихід продуктів збагачення будь-якої заданої зольності . Для цього використовують криві збагачуваності - графічне зображення результатів фракційного аналізу .

#### МЕТА РОБОТИ

Освоєння методики проведення фракційного аналізу проби вугілля, розрахунку і оформлення його результатів. Побудова графічних залежностей результатів фракційного аналізу та визначення по них теоретично можливих якісно-кількісних показників процесу гравітаційного збагачення вугілля.

#### АПАРАТУРА, ПРИСТОСУВАННЯ, МАТЕРІАЛИ

1. Технічні ваги з набором важків
2. Бачок з сітчастим дном
3. Сітчастий черпак
4. Ємності для розчинів хлористого цинку  $\text{ZnCl}_2$
5. Вугілля крупністю 6-13 мм
6. Розчини  $\text{ZnCl}_2$  густиною 1300, 1400, 1500, 1600, 1800  $\text{кг/м}^3$

#### МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Відібрати пробу вугілля масою 0,5 кг
2. Завантажити пробу в бачок з сітчастим дном
3. Бачок з пробою опустити в ємність з розчином густиною  $1300 \text{ кг/м}^3$
4. Пробу перемішати сітчастим черпаком
5. Сітчастим черпаком видалити з бачка фракцію що сплила ( $-1300 \text{ кг/м}^3$ )

6. Ретельно промити фракцію що сплила водою для видалення залишків розчину хлористого цинку
7. Фракції, що сплили висушити і зважити
8. Бачок із затонулою фракцією (більше 1300 кг/м<sup>3</sup>) вийняти з ємності з розчином густиною 1300 кг/м<sup>3</sup>
9. Розчину хлористого цинку дати стекти
10. Бачок з сітчастим дном з матеріалом опускають у ємність з розчином густиною 1400 кг/м<sup>3</sup>
11. Операції по розшаруванню проби вугілля в розчинах густиною 1400 , 1500 , 1600 і 1800 кг/м<sup>3</sup> здійснюють в тій же послідовності , що і в розчині густиною 1300 кг/м<sup>3</sup> ( п.п. 4-10 )
12. Після закінчення розшарування проби в розчині густиною 1800 кг/м<sup>3</sup> потонулу фракцію також промити водою, висушити і зважити
13. Результати розшарування занести в таблицю 1.1
14. Використовуючи дані попередніх лабораторних досліджень з визначення зольності фракцій , провести розрахунок виходів і зольності спливших і затонулих фракцій
15. За даними таблиці 2.1 побудувати криві збагачуваності :  $\lambda$  - зольності елементарних фракцій ;  $\beta$  - зольності концентрату ;  $\theta$  - зольності відходів ;  $\delta$  - густини ( рис. 2.2)
16. По кривих збагачуваності визначити задані технологічні показники і скласти теоретичний баланс продуктів гравітаційного збагачення.

Таблиця 2.1 - Результати фракційного аналізу вугілля

| Густина фракцій, кг/м <sup>3</sup> | $\gamma_{\text{кл}}, \%$ | $A^d, \%$         | Сумарні виходи фракцій   |                   |                          |                   |
|------------------------------------|--------------------------|-------------------|--------------------------|-------------------|--------------------------|-------------------|
|                                    |                          |                   | Що сплили                |                   | Що потонули              |                   |
|                                    |                          |                   | $\gamma_{\text{кл}}, \%$ | $A^d, \%$         | $\gamma_{\text{кл}}, \%$ | $A^d, \%$         |
| 1                                  | 2                        | 3                 | 4                        | 5                 | 6                        | 7                 |
| -1300                              | $\gamma_1$               | $A^d_1$           | $\gamma^{<1300}$         | $A^d^{<1300}$     | <b>100,0</b>             | $A^d_{\text{сп}}$ |
| 1300-1400                          | $\gamma_2$               | $A^d_2$           | $\gamma^{<1400}$         | $A^d^{<1400}$     | $\gamma^{>1300}$         | $A^d^{>1300}$     |
| 1400-1500                          | $\gamma_3$               | $A^d_3$           | $\gamma^{<1500}$         | $A^d^{<1500}$     | $\gamma^{>1400}$         | $A^d^{>1400}$     |
| 1500-1600                          | $\gamma_4$               | $A^d_4$           | $\gamma^{<1600}$         | $A^d^{<1600}$     | $\gamma^{>1500}$         | $A^d^{>1500}$     |
| 1600-1800                          | $\gamma_5$               | $A^d_5$           | $\gamma^{<1800}$         | $A^d^{<1800}$     | $\gamma^{>1600}$         | $A^d^{>1600}$     |
| +1800                              | $\gamma_6$               | $A^d_6$           | <b>100,0</b>             | $A^d_{\text{сп}}$ | $\gamma^{>1800}$         | $A^d^{>1800}$     |
| <b>Разом:</b>                      | <b>100,0</b>             | $A^d_{\text{сп}}$ | -                        | -                 | -                        | -                 |

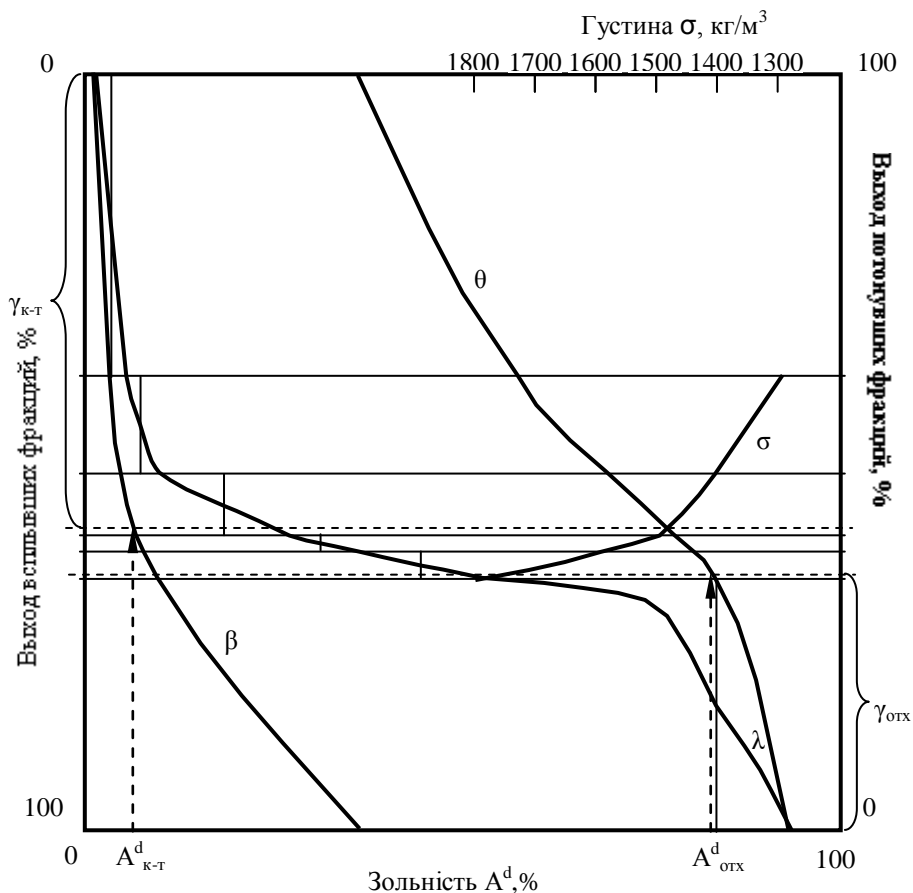


Рис.2.2 Криві збагачуваності

Таблиця 2.2. Теоретичний баланс продуктів збагачення.

| Продукт       | $\gamma$ , %   | $A$ , %     |
|---------------|----------------|-------------|
| Концентрат    | $\gamma_{к-т}$ | $A^d_{к-т}$ |
| Промпродукт   | $\gamma_{пп}$  | $A^d_{пп}$  |
| Відходи       | $\gamma_{отх}$ | $A^d_{отх}$ |
| <b>Разом:</b> | <b>100,0</b>   | $A^d_{ср}$  |

## ПОРЯДОК РОЗРАХУНКУ

Вихід фракцій різної густини визначається відношенням маси матеріалу відповідного діапазону до маси всієї проби, яку піддають фракційному аналізу:

$$\gamma_i = m_i / \sum_1^n m_i \cdot 100, \% \quad (2.2)$$

Отримані значення заносяться в таблицю 2.1 (графта 2). Сума виходів всіх фракцій повинна дорівнювати 100%. Показники зольності  $A_i^d$  для кожної густини визначаються за результатами хімічного аналізу матеріалу відповідної густини. Результати аналізу заносяться в графу 3. Значення середньої зольності всієї проби  $A_{cp}^d$  визначаються за формулою:

$$A_{cp}^d = \sum_1^n \gamma_i \cdot A_i^d / 100, \% \quad (2.3)$$

Графа 4 заповнюється послідовним підсумовуванням зверху вниз виходів елементарних фракцій за даними графі 2:

$$\gamma^{<1300} = \gamma_1, \quad \gamma^{<1400} = \gamma_1 + \gamma_2, \quad \gamma^{<1500} = \gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3, \quad (2.4, 2.5, 2.6)$$

$$\gamma^{<1600} = \gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3 + \gamma_4, \quad \gamma^{<1800} = \gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3 + \gamma_4 + \gamma_5, \quad (2.7, 2.8)$$

Графа 5 заповнюється даними розрахункової середньої зольності спливіх фракцій зверху вниз (за даними граф 2 і 3).

$$A^{d<1300} = A_1^d, \quad A^{d<1400} = \sum_1^2 \gamma_i \cdot A_i^d / \sum_1^2 \gamma_i \quad (2.9, 2.10)$$

$$A^{d<1500} = \sum_1^3 \gamma_i \cdot A_i^d / \sum_1^3 \gamma_i \quad A^{d<1600} = \sum_1^4 \gamma_i \cdot A_i^d / \sum_1^4 \gamma_i \quad (2.11, 2.12)$$

$$A^{d<1800} = \sum_1^5 \gamma_i \cdot A_i^d / \sum_1^5 \gamma_i \quad (2.13)$$

Графа 6 заповнюється послідовним підсумовуванням знизу вгору виходів елементарних фракцій за даними графі 2:

$$\gamma^{>1800} = \gamma_6, \quad \gamma^{>1600} = \gamma_6 + \gamma_5, \quad \gamma^{>1500} = \gamma_6 + \gamma_5 + \gamma_4, \quad (2.14, 2.15, 2.16)$$

$$\gamma^{>1400} = \gamma_6 + \gamma_5 + \gamma_4 + \gamma_3, \quad \gamma^{>1300} = \gamma_6 + \gamma_5 + \gamma_4 + \gamma_3 + \gamma_2, \quad (2.17, 2.18)$$

Графа 7 заповнюється даними розрахункової середньої зольності фракцій що спливли зверху вниз (за даними граф 2 і 3).



$$A^{d>1800} = A_6^d, \quad A^{d>1600} = \sum_6^5 \gamma_i \cdot A_i^d / \sum_6^5 \gamma_i \quad (2.19, 2.20)$$

$$A^{d>1500} = \sum_5^4 \gamma_i \cdot A_i^d / \sum_5^4 \gamma_i \quad A^{d>1400} = \sum_4^3 \gamma_i \cdot A_i^d / \sum_4^3 \gamma_i \quad (2.21, 2.22)$$

$$A^{d>1300} = \sum_3^2 \gamma_i \cdot A_i^d / \sum_3^2 \gamma_i \quad (2.23)$$

За даними таблиці 2.1 виконується побудова кривих збагачуваності. Побудову кривих краще здійснювати на міліметровому папері, або за допомогою математичних модулів програм ПК.

**Крива збагачуваності  $\lambda$ .** На осі ординат відкладаються в масштабі сумарні виходи спливлених фракцій (графа 4). Початок відліку по осі спливлених фракцій - зверху. З точок, відповідних зазначеним вище виходам на осі ординат, проводяться допоміжні лінії паралельні осі абсцис, і на цих лініях відкладаються в масштабі зольність елементарних фракцій (графа 3). У межах виходу кожної фракції із зазначених вище точок проводимо лінії, паралельні осі ординат. Через середини цих ліній проводимо плавну криву  $\lambda$  так, щоб площі заштрихованих криволінійних трикутників були рівновеликими.

**Крива концентрату  $\beta$ .** На допоміжних лініях відкладаються в масштабі відповідні значення середньої зольності фракцій що сплили (графа 5). Отримані точки з'єднуються плавною кривою  $\beta$ , начало якої має збігатися з початком кривої  $\lambda$ .

**Крива відходів  $\theta$ .** На допоміжних лініях відкладаємо знизу в масштабі значення середньої зольності потонулих фракцій (графа 7). Отримані точки з'єднуємо плавною кривою  $\theta$ , кінець якої повинен співпадати з кінцем кривої  $\lambda$ , а начало – с кінцем кривої  $\beta$  на верхній стороні квадрата поля побудови кривих.

**Крива густини  $\sigma$ .** На верхній горизонтальній стороні квадрата (приймається за вісь густини) відкладаються в масштабі (справа наліво) густина фракцій: 1300, 1400, 1500, 1600 і 1800 кг/м<sup>3</sup>. Через ці точки проводимо вертикальні лінії до перетину з відповідною допоміжною лінією виходів. Отримані точки з'єднуємо плавною кривою  $\sigma$ .

Визначення теоретичного балансу здійснюється в наступній послідовності. Необхідно задатися зольність концентрату і відходів. За даними практики для відповідної марки вугілля задаємося  $A_{к-т}^d = 7,0\%$  і  $A_{отх}^d = 80,0\%$ . Ці дані відразу заносяться в таблицю 2.2. По кривих  $\beta$  і  $\theta$  відповідно визначаємо вихід концентрату і відходів. Після послідовність дій відображена на рис. 2.2 пунктирними стрілками і лініями.

Знайдені значення виходів заносяться в таблицю 2.2. Вихід і зольність проміжного продукту визначаються за формулами:

$$\gamma_{\text{пп}} = 100 - \gamma_{\text{к-т}} - \gamma_{\text{отх}} \quad (2.24)$$

Зольність визначається з балансового рівняння:

$$100 \cdot A_{\text{исх}}^{\text{d}} = \gamma_{\text{к-т}} \cdot A_{\text{к-т}}^{\text{d}} + \gamma_{\text{пп}} \cdot A_{\text{пп}}^{\text{d}} + \gamma_{\text{отх}} \cdot A_{\text{отх}}^{\text{d}} \quad (2.25)$$

$$A_{\text{пп}}^{\text{d}} = (100 \cdot A_{\text{исх}}^{\text{d}} - \gamma_{\text{к-т}} \cdot A_{\text{к-т}}^{\text{d}} - \gamma_{\text{отх}} \cdot A_{\text{отх}}^{\text{d}}) / \gamma_{\text{пп}} \quad (2.26)$$

Отримані результати заносяться в таблицю теоретичного балансу продуктів гравітаційного збагачення.

## ЗМІСТ ЗВІТУ

У звіті з лабораторної роботи повинні бути наведені: визначення і призначення фракційного аналізу, мета роботи, методика і схема проведення аналізу, результати фракційного аналізу у вигляді табл. 2.1., Криві збагачуваності на міліметровому папері, результати визначення теоретично можливих продуктів розділення гравітаційного збагачення у вигляді табл. 2.2, висновок про виконану роботу.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

### Визначення ефективності процесу грохочення

Грохочення - це процес механічного поділу сипучих матеріалів на класи крупності зерен шляхом просіювання через одне або декілька сит.

Зерна ( шматки ) матеріалу , розмір яких більше розміру отворів сита , залишаються при просіюванні на ньому (надрешіний продукт) , а зерна менших розмірів проходять через отвори сито (підрешітний продукт). Розділення матеріалів по крупності здійснюють на грохотах .

За технологічним призначенням розрізняють чотири види операцій грохочення :

- Самостійне грохочення - для виділення класів , являть собою готові продукти (сорти ) ; цю операцію також називають механічним сортуванням ;

- Підготовче грохочення - для поділу матеріалу на класи крупності , призначені для наступної роздільної переробки ( наприклад , перед збагаченням у важких середовищах ) ;

- Допоміжне грохочення - застосовують у схемах дроблення для виділення готового по крупності продукту перед дробарками ( попереднє грохочення ) і для контролю крупності дробленого продукту ( контрольне грохочення ) ;

- Зневоднюється грохочення - для видалення основної маси рідини, що міститься в матеріалі.

Роботу грохотів оцінюють кількісними і якісними показниками . Найбільш істотним кількісним показником роботи гуркоти є питома продуктивність , обумовлена як продуктивність одиниці площі просіювальної поверхні грохота (т / год · м<sup>2</sup>). Визначальним якісним показником роботи грохота служить ефективність грохочення , що характеризує повноту відсіву нижнього класу в процесі грохочення .

Нижній клас - це матеріал , крупність якого менше розміру отворів сита грохота.

Ефективність грохочення - виражене у відсотках або частках одиниці відношення маси підрешітного продукту до маси нижнього класу у вихідному матеріалі . Ефективність грохочення:

$$E = \frac{m}{M} \cdot 100 , \quad (3.1)$$

де E - ефективність грохочення,% m - маса підгратного продукту, г; M - маса нижнього класу у вихідному матеріалі, г.

Ефективність грохочення може бути також визначена як вилучення нижнього класу в підрешітний продукт:

$$E = \frac{\gamma \cdot b}{a} , \quad (3.2)$$

де  $\gamma$  - вихід підрешітного продукту, %; b – вміст нижнього класу в підрешітному продукті, %; a - вміст нижнього класу у вихідному матеріалі , %.

Для розрахунку ефективності грохочення за формулою (3.1) необхідно мати ситовий аналіз вихідного матеріалу , а при обчисленнях за формулою (3.2) - ситові аналізи вихідного матеріалу і під решітного продукту .

Ефективність грохочення залежить від гранулометричного складу, форми зерен і вологості матеріалу, що надходить на грохочення, конструкції грохота, режиму його роботи і т.п.

При грохоченні сипучого матеріалу спостерігається загальна для всіх випадків залежність ефективності грохочення від тривалості розсіву. У перші проміжки часу ефективність грохочення швидко зростає, а потім наростання ефективності сповільнюється (рис.3.1).

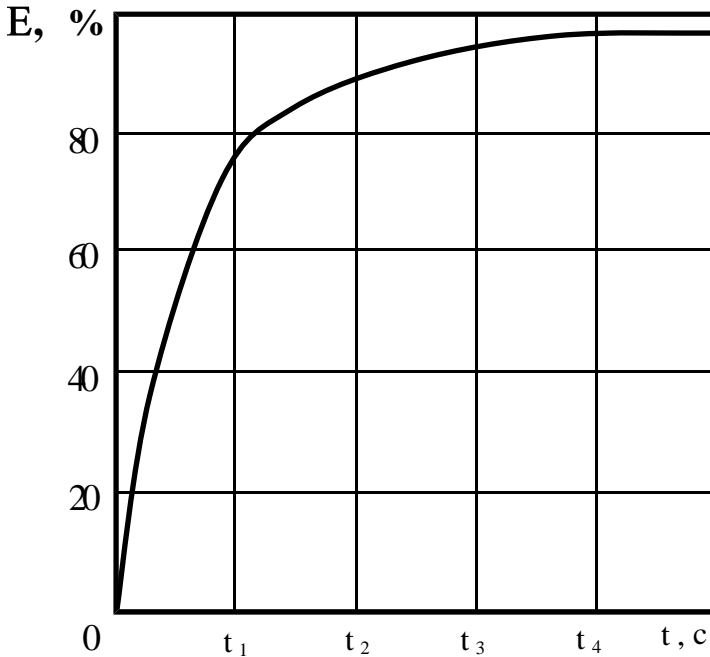


Рис. 3.1 – Залежність ефективності грохочення від тривалості операції

Залежність ефективності грохочення від тривалості розсіву носить експонентний характер і може бути виражена рівнянням:

$$E_t = 1 - e^{-kt^n}, \quad (3.3)$$

де  $E_t$  - ефективність грохочення в момент часу  $t$ , частки одиниці;  $e$  - основа натурального логарифма;  $t$  - час розсіву, сек,  $k$ ,  $n$  - параметри грохочення, що залежать від гранулометричної характеристики вихідного матеріалу, його вологості, вмісту "важких" зерен, режиму роботи грохота і т.п

## МЕТА РОБОТИ

Метою цієї роботи є дослідження кінетики процесу грохочення. В результаті виконання роботи необхідно одержати експериментальні дані, що дозволяють обчислити ефективність грохочення на ситі з розміром отворів 0,071 мм при часу розсіву 5, 10, 20, 40, 90, 180, 300 і 450 сек. вважаючи, що нижній клас повністю просівається за 600 сек.

## АПАРАТУРА, ПРИСТОСУВАННЯ, МАТЕРІАЛИ

Механічний струшувач з трьома однаковими наборами сит (див. рис. 1.1). У кожному наборі має бути сито з розміром отворів 0071 мм.

Технічні ваги з набором важків.

Секундомір або годинник.

Совок для відбору проб.

Чашки для зважування проб і отриманого в результаті розсіву класу 0 до 0,071 мм.

Сипучий матеріал крупністю 1-0 мм.

## МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Відібрати три проби сипучого матеріалу масою по 50 г.

Зібрати три набори сит таким чином, щоб над піддоном було розташоване сито з розміром отворів 0,071 мм.

Завантажити проби на сита з розміром отворів 0,071 мм.

Набори сит встановити на механічний струшувач і закріпив пи-ти.

Включити привод механічного струшувача (тумблер - в положення "210").

Перший розсів матеріалу виконується протягом 5 с. Виконати зважування просіяного через сито з розміром отворів 0,071 мм матеріалу. Зважений матеріал залишити в чашці .

Знову зібрати набори сит , включити привод механічного струшувача і виконати розсів матеріалу, залишився на ситі з розміром

отворів 0,071 мм, протягом 5 с ( сумарний час розсіву складе  $t_{\text{сум}} = 5 + 5 = 10$  с).

Матеріал , що просіявся протягом додаткового часу ( 5 с) додати до залишеного після першого розсіву і провести зважування сумарного продукту .

Операції по розсіву сипучого матеріалу на ситі з розміром отворів 0,071 мм повторюють з таким розрахунком , щоб сумарний час наступних розсівів складав: 20 , 40 , 90 , 180 , 300 , 450 і 600 с.

Результати досліджень занести в табл. 3.1 .

Вважаючи , що за 600 с весь нижній клас , що міститься у вихідному матеріалі , просіюється крізь сито з розміром отворів 0,071 мм , визначити ефективність грохочення для часу розсіву 5,10 , 20 , 40 , 90 , 180 , 300 , 450 і 600 з за формулою 3.1 .

Таблиця 3.1 – Залежність ефективності грохочення від тривалості розсіву

| Тривалість розсіву $t$ , с | Кількість класу 0-0,071 мм, г |                                 | Ефективність грохочення $E_t$ , % |
|----------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
|                            | У вихідному матеріалі         | Пройшло крізь сито за час $t_i$ |                                   |
| 1                          | 2                             | 3                               | 4                                 |
| 5                          |                               | $m_1$                           | $E_5$                             |
| 10                         |                               | $m_2$                           | $E_{10}$                          |
| 20                         |                               | $m_3$                           | $E_{20}$                          |
| 40                         |                               | $m_4$                           | $E_{40}$                          |
| 90                         |                               | $m_5$                           | $E_{90}$                          |
| 180                        |                               | $m_6$                           | $E_{180}$                         |
| 300                        |                               | $m_7$                           | $E_{300}$                         |
| 450                        |                               | $m_8$                           | $E_{450}$                         |
| 600                        | $M$                           | -                               | -                                 |

За даними табл.3.1 побудувати залежність ефективності грохочення від часу розсіву (рис. 3.1)

## ЗМІСТ ЗВІТУ

- У звіті з лабораторної роботи повинні бути наведені:
- Визначення процесу грохочення.
- Види операцій грохочення.
- Визначення ефективності грохочення.
- Мета роботи.

Методика виконання роботи.

Результати досліджень у вигляді табл. 3.1 і рис. 3.1.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

### Експериментальне визначення ступеня дроблення

Дроблення (подрібнення) - процес зменшення розмірів шматків (зерен) корисних копалин шляхом руйнування їх дією зовнішніх сил, що долають внутрішні сили зчеплення, які зв'язують між собою частки твердої речовини.

На збагачувальних фабриках дроблення і подрібнення є підготовчими операціями, призначеними для розкриття зерен різних мінералів, що містяться в корисній копалині у вигляді зростків. Чим повніше розкриваються мінерали при дробленні і подрібненні тим успішніше подальше збагачення корисних копалин.

Якісною характеристикою процесу дроблення (подрібнення) є ступінь дроблення (подрібнення). Ступінь дроблення (подрібнення) показує у скільки разів зменшився розмір грудок (зерен) матеріалу при дробленні (подрібненні) і визначається як відношення розмірів максимальних по крупності шматків матеріалу до  $i$  після дроблення:

$$i = \frac{D_{max}}{d_{max}}, \quad (4.1)$$

де  $D_{max}$  - діаметр максимального шматка матеріалу, що надходить на дроблення, мм;  $d_{max}$  - діаметр максимального шматка дробленого матеріалу, мм.

Для більш точного визначення ступеня дроблення (подрібнення) користуються середніми діаметрами шматків, які знаходять із використанням характеристик крупності дробленого і дробленого матеріалів:

$$i = \frac{D_{cp}}{d_{cp}}, \quad (4.2)$$

Оскільки досягти високих ступенів дроблення (подрібнення) в одному апараті (дробарці, млині) неможливо, дроблення здійснюють послідовно в кілька стадій. Стадією дроблення називають частину за-

гального процесу дроблення, здійснювану в одній дробильній машині. При багатостадійному дробленні загальна ступінь дроблення  $i_{\text{обц}}$  визначається з наступного виразу:

$$i_{\text{обц}} = i_1 \times i_2 \times \dots \times i_n \quad (4.3)$$

де  $n$  - число стадій дроблення.

## МЕТА РОБОТИ

Метою цієї роботи є визначення ступеня дроблення досліджуваного матеріалу.

У процесі виконання роботи необхідно з використанням характеристик крупності дробленого та подрібнених матеріалів визначити ступінь дроблення по максимальному і середньому розмірами зерен. Час дроблення матеріалу 1 і 3 хв.

## АПАРАТУРА, ПРИСТОСУВАННЯ, МАТЕРІАЛИ

При виконанні лабораторної роботи необхідні такі апаратура, пристосування і матеріали:

Механічний струшувач з трьома однаковими наборами сит (рис. 1.1) і двома лабораторними млинами (рис. 4.1). Кожен набір повинен бути укомплектований ситами з розмірами отворів 0,50, 0,25, 0,10 і 0,071 мм.

Технічні ваги з набором важків.

Секундомір або годинник.

Чашки для зважування проб роздрібнюваного матеріалу і класів, отриманих в результаті розсіву одержаних продуктів.

Совок для відбору проб

Дробимий матеріал крупністю 1-0 мм.

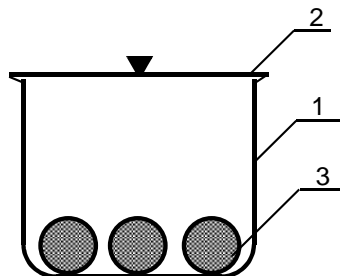


Рис. 4.1 - Лабораторний млин:  
1 - корпус;  
2 - кришка;  
3 - кулі.



## МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Відібрати 3 проби вихідного матеріалу масою по 50 г.

Завантажити 2 проби в лабораторні млини (по 1 пробі в кожний млин) .

Встановити млин на платформу механічного струшувача і закріпити.

Включити привод механічного струшувача (тумблер - в положення " 210" ) .

Дроблення першої проби виконувати протягом 1 хв .

ПО закінчення 1 хв. струшувач вимкнути (тумблер - в положення "0")

Подрібнений матеріал з одного млина вивантажити в фарфорову чашку № 1

У зазначеній послідовності провести включення механічного струшувача і другу пробу дробити протягом ще 2 хв . (Сумарний час дроблення - 3 хв.) .

Провести розсів вихідного матеріалу (проба III) і продуктів дроблення (проби I-II) на ситах з розмірами отворів 0,50 , 0,25 , 0,10 і 0,071 мм.

Результати розсіву вихідного та подрібнених матеріалів занести в табл. 4.1

Таблиця 4.1 - Гранулометричний склад вихідного та подрібнених матеріалів

| Клас<br>крупності,<br>мм | Вихідний матеріал |   |             | Дроблений матеріал<br>( t = 1 хв.) |   |             | Дроблений матеріал<br>( t = 3 хв.) |   |             |
|--------------------------|-------------------|---|-------------|------------------------------------|---|-------------|------------------------------------|---|-------------|
|                          | Вихід             |   |             | Вихід                              |   |             | Вихід                              |   |             |
|                          | г                 | % | сум.<br>св. | г                                  | % | сум.<br>св. | г                                  | % | сум.<br>св. |
| 1                        | 2                 | 3 | 4           | 5                                  | 6 | 7           | 8                                  | 9 | 10          |
| + 0,50                   |                   |   |             |                                    |   |             |                                    |   |             |
| 0,25 - 0,50              |                   |   |             |                                    |   |             |                                    |   |             |
| 0,10 - 0,25              |                   |   |             |                                    |   |             |                                    |   |             |
| 0,071 - 0,10             |                   |   |             |                                    |   |             |                                    |   |             |
| 0 - 0,071                |                   |   |             |                                    |   |             |                                    |   |             |
| Разом                    |                   |   |             |                                    |   |             |                                    |   |             |

Використовуючи характеристики крупності визначити максимальний та середній розміри зерен у досліджуваних матеріалах.

Визначити ступінь дроблення проб I і II по середнім і максимальним розмірами зерен.

### ПОРЯДОК РОЗРАХУНКУ

При оформленні результатів ситового аналізу вихідного та подрібнених матеріалів розрахунки проводити відповідно до інструкції до лабораторної роботи № 1

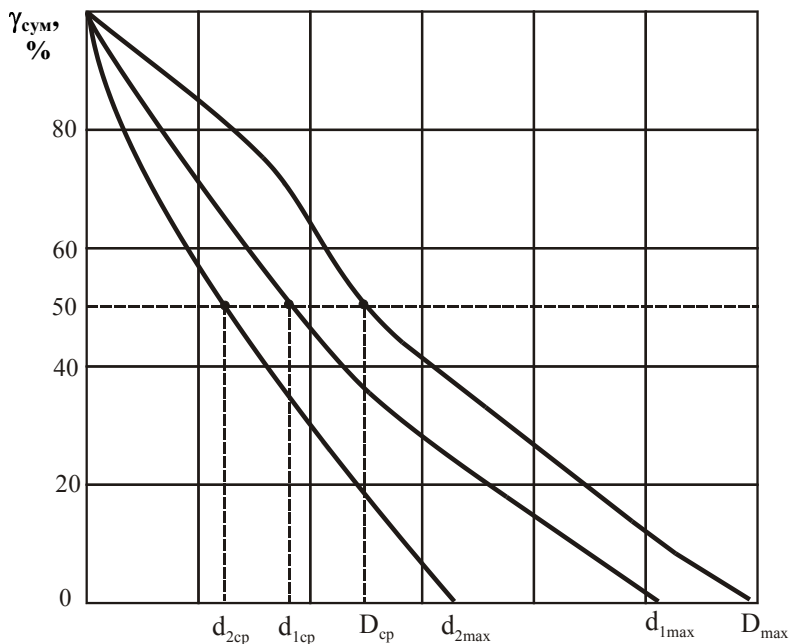


Рис. 4.2 - Характеристики крупності вихідного та подрібнених матеріалів

Визначення ступеня дроблення проводиться відповідно до виразів (4.1) і (4.2).

### ЗМІСТ ЗВІТУ

У звіті з лабораторної роботи повинні бути наведені:  
Визначення процесу дроблення.

Визначення ступеня дроблення.

Мета роботи.

Методика виконання роботи.

Результати досліджень у вигляді табл. 4.1 і рис. 4.2.

Висновок про вплив тривалості дроблення на ступінь дроблення.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

### Гравітаційний метод збагачення корисних копалин

Гравітаційний метод збагачення оснований на використанні відмінностей в густині мінералів.

Гравітаційні процеси мають значне поширення в практиці збагачення руд чорних, кольорових і рідкісних металів та переважне значення при збагаченні руд і розсіпів благородних металів, вугілля та інших неметалевих корисних копалин.

Гравітаційні процеси збагачення залежно від розділюваних середовищ класифікують на :

- Збагачення у важких середовищах (розділення в суспензіях, що мають густину проміжну між густинами поділюваних мінералів) ;
- Відсаження (розділення мінералів за густиною в пульсуючому потоці води);
- Збагачення в полі відцентрових сил (розділення мінералів за густиною в полі відцентрових сил) ;
- Концентрацію на столах (розділення мінералів за густиною в тонкому шарі води, що тече по похилій площині) ;
- Пневматичне збагачення (розділення мінералів за густиною в пульсуючому повітряному потоці) .

Гравітаційні процеси застосовують для збагачення вугілля широкого діапазону крупності від 0.5 до 300 мм. Найбільше розповсюдження отримали відсаження і збагачення у важких суспензіях .

Пневматична збагачення за технологічною ефективністю поступається мокрим процесам і застосовується для легкозбагачуваних матеріалів крупністю до 75 мм і вологістю до 5%. Пневматичне збагачення застосовують, в основному, в районах з суворим кліматом. При гравітаційному збагаченні корисних копалин на частинку, що знаходиться в середовищі, діють сили тяжіння і виштовхуючі сили .

Визначення швидкості вільного падіння частинок у водному середовищі може бути вироблено за формулами:

- Стокса (при розмірі частинок  $d < 0,1$  мм)

$$v_o = 545 \cdot d^2 \cdot (\delta_T - 1000), \quad (5.1)$$

де  $v_o$  - швидкість вільного падіння;

$d$  - розмір часток, м;

$\delta_T$  - густина часток, кг/м<sup>3</sup>.

- *Аллена* (при розмірі частинок 0,1- 2 мм)

$$v_o = 1,146 \cdot d \cdot \sqrt[3]{(\delta_T - 1000)^2}; \quad (5.2)$$

- *Ріттингера* (при розмірі частинок > 2 мм)

$$v_o = 0,16 \cdot \sqrt{d \cdot (\delta_T - 1000)}. \quad (5.3)$$

При цьому в збагачувальному апараті небажана присутність так званих рівнопадних частинок. Рівнопадними називають частинки, що мають різну густина, але які мають однакові кінцеві швидкості падіння в одному середовищі. Відношення діаметрів рівнопадних частинок називається коефіцієнтом рівнопадності,  $e$ :

$$e = \frac{d_1}{d_2}, \quad (5.4)$$

при цьому ( $d_1 > d_2$ ).

Відповідно з формулами (5.1 - 5.3) коефіцієнт рівнопадності для частинок різної крупності визначиться з виразів:

- при розмірі частинок  $d < 0,1$  мм:

$$e = \frac{d_1}{d_2} = \sqrt{\frac{\delta_2 - 1000}{\delta_1 - 1000}}; \quad (5.5)$$

- при розмірі частинок  $0,1 < d < 2$  мм :

$$e = \frac{d_1}{d_2} = \sqrt[3]{\frac{(\delta_2 - 1000)^2}{(\delta_1 - 1000)^2}}; \quad (5.6)$$

- при розмірі частинок  $d > 2$  мм:

$$e = \frac{d_1}{d_2} = \frac{\delta_2 - 1000}{\delta_1 - 1000} ; \quad (5.7)$$

Однак закономірності падіння ізольованої твердої частинки в необмеженому середовищі тільки частково висвітлюють явища , що мають місце в гравітаційних процесах збагачення. При масовому русі частинок в збагачувальних апаратах ( стиснуте падіння ) виникає додатковий опір їх руху внаслідок тертя одна про іншу і об стінки апарату , зіткнення часток одна з одною , виникнення висхідних струменів рідини , що витісняється падаючими частинками. Ці додаткові фактори знижують швидкість падіння частинок в середовищі. Зниження швидкості падіння частинок в середовищі враховують коефіцієнтом  $k$  меншим одиниці:

$$v_{ст} = k \cdot v_o \quad (5.8)$$

Тут  $v_{ст}$  - кінцева швидкість падіння частинок в стиснених умовах, м/с ;  
 $v_o$  - кінцева швидкість вільного падіння частинок, м/с.

Коефіцієнт  $k$  має змінні значення, що залежать від степені розпушення матеріалу, розміру і густини частинок (для вугільних частинок крупністю 2-6 мм  $k_p = 0,18$  , для породних частинок  $k_p = 0,36$ ).

З урахуванням виразу (4.8) формули для визначення коефіцієнта рівнопадіння приймають вигляд:

- при розмірі часток  $d < 0,1$  мм:

$$e_{ст} = \frac{d_1}{d_2} = \sqrt{\frac{k_2(\delta_2 - 1000)}{k_1(\delta_1 - 1000)}} ; \quad (5.9)$$

- при розмірі часток  $0,1 < d < 2$  мм:

$$e_{ст} = \frac{d_1}{d_2} = \frac{k_2}{k_1} \cdot \sqrt[3]{\frac{(\delta_2 - 1000)^2}{(\delta_1 - 1000)^2}} ; \quad (5.10)$$

- при розмірі часток  $d > 0,2$  мм:

$$e_{ст} = \frac{d_1}{d_2} = \frac{k_2^2}{k_1^2} \cdot \frac{(\delta_2 - 1000)}{(\delta_1 - 1000)} ; \quad (5.11)$$

## МЕТА РОБОТИ

Вивчення процесів і апаратів гравітаційного збагачення корисних копалин, визначення густини і коефіцієнта рівнопадіння.

## АПАРАТУРА, ПРИСТОСУВАННЯ, МАТЕРІАЛИ

При визначенні коефіцієнта рівнопадіння необхідні наступні апаратура, пристосування і матеріали:

Аналітичні ваги з набором важків.

Мірні циліндри ємністю 250 см<sup>3</sup>.

Чашки для зважування проб.

Совок для відбору проб.

Вугілля і порода крупністю 3-6 мм.

## МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Відібрати по три проби вугілля і породи масою по г 30-50.

У мірні циліндри налити воду до позначки 150 см<sup>3</sup>.

Проби завантажити в мірні циліндри і провести відлік об'ємів води, витіснених пробами.

Результати зважувань і вимірів занести в табл. 5.1

Використовуючи дані табл. 5.1 визначити середню густину вугілля і породи.

Таблиця 5.1 - Визначення густини вугілля і породи

| Матеріал         | П р о б а |                        | Густина,<br>кг/м <sup>3</sup> |
|------------------|-----------|------------------------|-------------------------------|
|                  | маса, г   | Об'єм, см <sup>3</sup> |                               |
| Вугілля          | $m_{y1}$  | $W_{y1}$               | $\delta_{y1}$                 |
|                  | $m_{y2}$  | $W_{y2}$               | $\delta_{y2}$                 |
|                  | $m_{y3}$  | $W_{y3}$               | $\delta_{y3}$                 |
| Середнє значення | -         | -                      | $\delta_{y\text{cp}}$         |
| Порода           | $m_{п1}$  | $W_{п1}$               | $\delta_{п1}$                 |
|                  | $m_{п2}$  | $W_{п2}$               | $\delta_{п2}$                 |
|                  | $m_{п3}$  | $W_{п3}$               | $\delta_{п3}$                 |
| Середнє значення | -         | -                      | $\delta_{п\text{cp}}$         |

Використовуючи формули (5.7) і (5.11) визначити коефіцієнти рівнопадіння вугільних і породних частинок для умов вільного та стисненого падіння.

Результати розрахунків занести в табл.5.2

Таблиця 5.2 - Коефіцієнти рівнопадіння

| Умови падіння частинок в середовищі |          |
|-------------------------------------|----------|
| Вільне                              | Стиснене |
| $e$                                 | $e_{ст}$ |

### ПОРЯДОК РОЗРАХУНКУ

Густину матеріалу визначають за формулою:

$$\delta_i = \frac{m_i}{W_i}, \quad (5.12)$$

Середню густину визначають як середнє арифметичне:

$$\delta_{cp} = \frac{\delta_1 + \delta_2 + \delta_3}{3}. \quad (5.13)$$

Коефіцієнт рівнопадіння при вільному падінні визначають з умови  $v_{oy} = v_{оп}$  за формулою (5.7).

Коефіцієнт рівнопадіння при стисненому падінні визначають з умови  $v_{cty} = v_{ctп}$  за формулою (5.11).

### ЗМІСТ ЗВІТУ

У звіті з лабораторної роботи повинні бути наведені:

Область застосування гравітаційного методу збагачення корисних копалин.

Основні процеси гравітаційного збагачення корисних копалин.

Мета роботи і методика її виконання.

Результати досліджень у вигляді табл. 5.1 і 5.2.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

### Флотаційний метод збагачення корисних копалин

Флотаційний метод збагачення корисних копалин оснований на використанні відмінностей у природній або створюваній реагентами змочуваності мінералів. Мірою змочуваності мінералів є крайовий кут змочування. Крайовий кут змочування - це кут, утворений поверхнею розділу двох фаз з третьою фазою. Крайовий кут прийнято вимірювати через рідку фазу (рис. 6.1).

Вираз для визначення крайового кута змочування має вигляд:

$$\cos \theta = \frac{\sigma_{\text{гт}} - \sigma_{\text{жт}}}{\sigma_{\text{гж}}},$$

Експериментальне визначення крайового кута змочування визначають на приладі Ребіндера (рис. 6.2).

Флотуємість мінералів пояснюють на основі теорії гідратних шарів. Гідратний шар складається з упорядкованих диполів води, що знаходяться на межі розділу двох фаз. При великій товщині гідратного шару поверхня мінералу буде гідрофільною, при незначній товщині гідратного шару - гідрофобною.

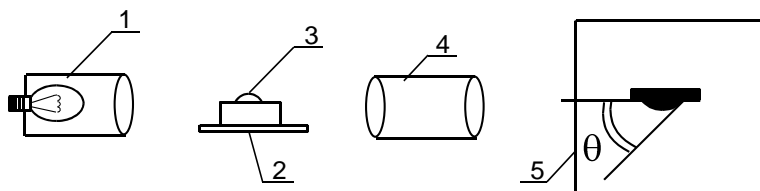


Рис. 6.2– Прилад Ребіндера для визначення крайового кута змочування:

- 1 - джерело світла; 2 - координатний стіл;
- 3 - шліф з краплею; 4 - конденсор; 5 - екран.

Флотаційні реагенти, впливаючи на гідратні шари, зменшують або збільшують їх товщину і стійкість, тобто за допомогою флотореагентів вибірково збільшують гідрофобність флотованих і гідрофільність нефлотованих мінералів.

Найбільш поширена пінна флотація заснована на використанні відмінності фізико-хімічних властивостей поверхонь різних мінералів. Після впливу на них реагентів це проявляється у здатності змочуватися водою або прилипати до бульбашок газу (повітря) у водному середо-



вищі . При флотаційному збагаченні корисних копалин одна частина сировини переходить в пінний продукт , інша - залишається в пульпі ( камерний продукт). При вилученні в пінний продукт цінних мінералів - флотація пряма , при вилученні в пінний продукт порожньої породи - флотація зворотна.

У разі пінної флотації через пульпу продувають повітря . Частинки з гідрофобною поверхнею ( незмочувані або ті, що змочуються погано водою) прилипають до бульбашок повітря і виносяться ними на поверхню. При цьому утворюється шар мінералізованою піни. Частинки , що добре змочуються водою , до бульбашок повітря не прилипають і залишаються в об'ємі пульпи у завислому стані.

Апарати , в яких здійснюється флотаційний процес , називаються флотаційними машинами. Відомо багато конструкцій флотомашин , але всі вони повинні відповідати таким вимогам :

- Добре аерувати пульпу;
- Забезпечувати рівномірний розподіл твердих частинок в об'ємі камери, не допускаючи їх осадження на дно;
- Працювати безперервно і добре піддаватися регулюванню.

До числа основних факторів, що впливають на хід флотаційного процесу, слід віднести:

1. Мінералогічний склад. Вплив цього фактора полягає в тому , що одні мінерали володіють достатньою природною гідрофобністю і флотують добре; інші мінерали недостатньо гідрофобні і флотують гірше.

2. Гранулометричний склад живлення флотації. Для вугілля оптимальна крупність частинок становить 0-0,5 мм.

3. Вкрапленість мінералів. Цей фактор обумовлює розмір, до якого має бути подрібнена корисна копалина перед збагаченням .

4. Густина пульпи (суспензії) . Збільшення густини пульпи погіршує її аерування та флотуємість великих часток , покращує умови флотації тонких шламів порожньої породи , що тягне за собою погіршення якості концентрату. Зменшення густини пульпи також небажано , тому що призводить до зниження продуктивності флотомашини . Оптимальна густина вугільної пульпи складає 100 -200 г / л.

5. Склад води . Наявність у воді різних солей змінює її рН , що позначається на флотуємісті мінералів.

6. Реагентний режим. Надлишок реагентів знижує селективність процесу і якість концентрату, але збільшує вилучення мінералів в пінний продукт. Менша кількість реагенту підвищує вибірковість процесу і якість концентрату, але знижує вилучення мінералів в пінний продукт.

7 Конструкція флотомашини обумовлює аерування пульпи, рівномірність розподілу твердих частинок і реагентів в об'ємі пульпи.

## МЕТА РОБОТИ

Метою цієї роботи є вивчення флотаційного методу збагачення корисних копалин, конструкцій флотаційних машин, експериментальне визначення крайового кута змочування мінералів і дослідження флотуємості вугільного шламу крупністю 0-0,5 мм.

## АПАРАТУРА, ПРИСТОСУВАННЯ, МАТЕРІАЛИ І РЕАГЕНТИ

При визначенні крайового кута змочування мінералів і дослідженні флотуємості вугільного шламу необхідні наступні апаратура, пристосування, матеріали та реагенти:

Прилад Ребіндера для визначення крайового кута змочування.

Шліфи мінералів.

Лабораторна флотомашина механічного типу з об'ємом камери 500 см<sup>3</sup>.

Технічні ваги з набором важків.

Секундомір або годинник.

Дека для продуктів флотації.

Совок для відбору проб.

Вугільний шлам крупністю від 0 до 0,5 мм.

флотореагенти:

- Збирач ААР;

- Спінювач Т-66.

## МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОБОТИ

### Визначення крайового кута змочування

Взяти шліф мінералу - протерти його поверхню фільтрувальним папером.

Встановити шліф на координатному столі приладу Ребіндера .

Включити джерело світла.

Нанести краплю води на поверхню шліфа .

Поєднати горизонтальну нитку вимірювального пристрою із зображенням поверхні шліфа , а вертикальну - підвести до крайньої точки границі " рідина - тверде" .

Повертаючи вертикальну нитку вимірального пристрою до тих пір поки вона не займе положення дотичної до контуру краплі , виміряти величину крайового кута .

Для більшої точності провести 3 -5 вимірювань значень крайових кутів , поміщаючи краплю води на різні ділянки поверхні шліфа .

Результати вимірювань занести в табл. 6.1 .

Таблиця 6.1 - Крайовий кут змочування .

| Мінерал                    | Величина крайового кута змочування, град. |   |   |   |   | Середнє |
|----------------------------|-------------------------------------------|---|---|---|---|---------|
|                            | Вимірювання                               |   |   |   |   |         |
|                            | 1                                         | 2 | 3 | 4 | 5 |         |
| Вугілля<br>Порода<br>Кварц |                                           |   |   |   |   |         |

#### *Дослідження флотуємого вугільного шламу*

Відібрати пробу вугільного шламу масою 100 г.

Приготувати вугільну пульпу , для чого змішати наважку вугільного шламу з 100 см<sup>3</sup> води (у протвині-деці) .

Включити флотомашину, попередньо наливши в камеру 50 -100 см<sup>3</sup> води.

Завантажити приготовлену пульпу в камеру флотомашини , змити осад з протвиня за допомогою промивалки .

Піпеткою ввести в пульпу 1 краплю спінювача Т- 66 і 7 крапель збирача ААР .

Витримати час контакту пульпи з реагентами - 1 хв.

Доповнити об'єм матеріалу в камері до 500 см<sup>3</sup> і включити пінозійомник .

Знімати пінний продукт протягом 2 хвилин.

По мірі зниження рівня пульпи в камері ( в результаті знімання пінного продукту ) слід підливати воду з промивалки .

По закінченні процесу флотації (після закінчення 2 хв.) Виключити флотомашину і відкрити пробку в дні камери для випуску хвостів флотації.

Візуально оцінити якість продуктів збагачення .

#### ПОРЯДОК РОЗРАХУНКУ

Середнє значення крайового кута змочування мінералів визначають як середнє арифметичне:

$$\theta_{cp} = \frac{\theta_1 + \dots + \theta_5}{5}$$

## ЗМІСТ ЗВІТУ

У звіті з лабораторної роботи повинні бути наведені:

Теоретичні основи процесу флотації.

Мета роботи і методика її виконання.

Опис та ескіз приладу Ребіндера для визначення крайового кута змочування.

Результати визначення крайових кутів змочування у вигляді табл.б.1.

Вимоги, що висуваються до флотаційних машин.

Основні фактори, що впливають на хід флотаційного процесу.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

### **Зневоднення продуктів збагачення, утворення шламових вод та їх прояснення із застосуванням флокулянтів**

Збагачення корисних копалин у водному середовищі призводить до отримання сильно обводнених продуктів розділення, тому перед подальшим використанням вони повинні бути зневоднені.

Зневоднення - це операція, спрямована на зниження вологості в продуктах збагачення. Зневоднення продуктів збагачення здійснюють шляхом:

- Дренування (стікання води під дією власної маси), здійснюваного в бункерах, на нерухомих грохотах і в елеваторах;

- Грохоочення (зневоднення під дією власної маси, вібрацій сита грохота);

- Центрифугування (зневоднення у відцентровому полі);

- Осадження у воді і ущільнення осаду (за рахунок власної маси мінеральних часток), здійснюваного в різного роду відстійниках та згущувачах (безперервної або періодичної дії);

- Осадження в гідроциклонах (згущення у відцентровому полі);

- Фільтрації через пористу перегородку (за допомогою вакуум-фільтрів, прес-фільтрів та гіпербарфільтрів);

- Термічної сушки в сушарках різної конструкції.

Вологість продуктів збагачення, що отримується в результаті застосування перерахованих способів зневоднення наведена в табл. 6.1

Основними факторами, що визначають кількість вологи, що утримується в продуктах збагачення, є гранулометричний склад і величина поверхні частинок.

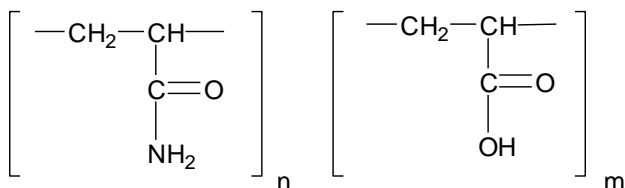
При зневодненні продуктів збагачення отримують шламові води з великим вмістом в них тонких частинок (шламу), що виключає можливість їх прямого повторного використання в збагачувальних процесах. Виникає необхідність обробки шламових вод з метою осадження з них шламу і прояснення води. Для інтенсифікації процесів згущення шламів і прояснення води застосовують різні реагенти - флокулянти.

В Україні для флокуляції шламів при згущенні найбільше застосування отримали: вітчизняний флокулянт поліакриламід (ПАА); імпорتنі "Суперфлок" та інші.

Таблиця 7.1 - Вологість продуктів збагачення

| Операція зневоднення | Вологість матеріалу |          |         |
|----------------------|---------------------|----------|---------|
|                      | крупного            | дрібного | шламу   |
| Дренування у:        |                     |          |         |
| - елеваторах         | 10 – 15             | 17 – 24  | -       |
| - бункерах           | 5 – 6               | 10 – 12  | -       |
| Грохочення           | 6 – 7               | 10 – 12  | 22 – 25 |
| Центрифугування      | -                   | 6 – 9    | 7 – 10  |
| Згущення у:          |                     |          |         |
| - відстійниках       | -                   | -        | 60 – 70 |
| - гідроциклонах      | -                   | -        | 30 – 40 |
| Фільтрація           | -                   | -        | 15 – 20 |
| Сушка                | -                   | -        | 5 – 6   |

ПАА - високомолекулярна сполука, водний розчин якого являє собою колоїд, що володіє сильною флокулюючою дією. Структурна формула ПАА:



## МЕТА РОБОТИ

Метою цієї роботи є вивчення процесів зневоднення продуктів збагачення і прояснення шламових вод, експериментальне дослідження процесу прояснення шламових вод з використанням флокулянтів.

В результаті виконання роботи необхідно отримати дані про вплив флокулянтів на швидкість прояснення шламових вод.

## АПАРАТУРА, ПРИСТОСУВАННЯ, МАТЕРІАЛИ

При експериментальному дослідженні процесу прояснення оборотних вод необхідні наступні апаратура, пристосування, матеріали та реагенти:

Мірні циліндри ємністю 1000 см<sup>3</sup>.

Технічні ваги з важками, секундомір.

Совок для відбору проб.

Хвости (відходи) флотації крупністю 0 - 0,5 мм.

Розчини флокулянтів: 0,15% водний розчин гідролізованого поліакриламід (ПАА); 0,15% водний розчин флокулянта "Суперфлок".

## МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Відібрати три проби хвостів флотації масою 20 г кожна.

Висипати проби хвостів флотації в мірні циліндри (кожну окремо).

Витрата застосовуваних при дослідженнях флокулянтів :

- 0,15 % розчин гідролізованого поліакриламід - 4 см<sup>3</sup> / л;

- 0,15 % розчин флокулянта " Суперфлок " - 4 см<sup>3</sup> / л.

Заповнити мірні циліндри водою до відмітки 1000 см<sup>3</sup>.

У мірному циліндрі вручну за допомогою мішалки ретельно перемішати суміш хвостів флотації з водою.

Після перемішування суміші встановити мірний циліндр № 1 на рівну площадку і засікти час за секундоміром .

З інтервалом часу , рівному 1 хв . , виконати вимірювання висоти проясненого шару в мірному циліндрі № 1 , використовуючи шкалу з міліметрового паперу (прояснення без флокулянта ) .

У мірний циліндр № 2 після перемішування додати задану кількість одного з флокулянтів і суміш знову перемішати.

Вимірювання висоти проясненого шару при дослідженні впливу на процес флокулянта робити через кожні 10 - 15 с (див. табл 7.2 . ) .

Дослідження з другим флокулянтом виконати аналогічно.

Результати досліджень занести в табл. 7.2 .

Використовуючи експериментальні дані , визначити швидкість прояснення пульп .

За даними табл. 7.2 побудувати залежність висоти проясненого шару від часу прояснення (рис. 7.1) .

Таблиця 7.1 – Вплив флокулянтів на швидкість прояснення.

| Час прояснення, с | Без флокулянта          |                          | ПАА                     |                           | “Суперфлок“             |                          | Примітки |
|-------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------------|----------|
|                   | Висота проясн. шару, мм | Швидкість прояснення м/с | Висота проясн. шару, мм | Швидкість прояснення мм/с | Висота проясн. шару, мм | Швидкість прояснення м/с |          |
| 10                |                         |                          |                         |                           |                         |                          |          |
| 20                |                         |                          |                         |                           |                         |                          |          |
| 30                |                         |                          |                         |                           |                         |                          |          |
| 40                |                         |                          |                         |                           |                         |                          |          |
| 50                |                         |                          |                         |                           |                         |                          |          |
| 60                |                         |                          |                         |                           |                         |                          |          |
| 90                |                         |                          |                         |                           |                         |                          |          |
| 120               |                         |                          |                         |                           |                         |                          |          |
| 240               |                         |                          |                         |                           |                         |                          |          |
| 300               |                         |                          |                         |                           |                         |                          |          |
| 360               |                         |                          |                         |                           |                         |                          |          |
| 420               |                         |                          |                         |                           |                         |                          |          |
| 480               |                         |                          |                         |                           |                         |                          |          |
| 540               |                         |                          |                         |                           |                         |                          |          |
| 600               |                         |                          |                         |                           |                         |                          |          |
| 660               |                         |                          |                         |                           |                         |                          |          |
| 720               |                         |                          |                         |                           |                         |                          |          |

### ПОРЯДОК РОЗРАХУНКУ

Швидкість прояснення визначають за формулою:

$$V_{ocв} = H_i / 1000 \cdot t_i \quad (7.1)$$

де  $V_{ocв}$  – швидкість прояснення, м/с;

$H_i$  - висота проясненого шару, мм;

$t_i$  - час прояснення, с.

## ЗМІСТ ЗВІТУ

У звіті з лабораторної роботи повинні бути наведені:

Призначення процесів зневоднення та їх різновиди.

Мета роботи.

Методика проведення експериментальних досліджень з прояснення шламових вод.

Результати досліджень у вигляді табл. 7.2 і рис. 7.1.

### ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8

#### Седиментаційний аналіз дисперсійних систем і побудова кривих осадження

Седиментація ( осадження ) - осідання частинок дисперсної фази в рідині або газі під дією гравітаційного поля або центробіжних сил. Швидкість седиментації залежить від маси , розміру , форми і густини речовини частинки , в'язкості і густини середовища , а також від прискорення сили тяжіння і діючих на частинки центробіжних сил. У полі гравітаційних сил седиментують частинки грубодисперсних систем; в полі відцентрових сил можлива седиментація колоїдних частинок і макромолекул. Седиментацію використовують в промисловості при збагаченні корисних копалин , різних продуктів хімічної та нафтохімічної технології , при водоочищенні та ін..

Принцип аналізу полягає в експериментальному визначенні швидкості осідання частинок дисперсної фази , суспендованих в дисперсійному середовищі .

Дисперсійне середовище - безперервна фаза (тіло) , в об'ємі якого розподілена інша ( дисперсна ) фаза у вигляді дрібних твердих частинок , крапельок рідини або бульбашок газу. Дисперсійне середовище може бути твердим , рідким або газовим ; в сукупності з дисперсною фазою вона утворює дисперсні системи . Так як швидкість осідання частинок в простому випадку пропорційна квадрату їх розмірів , то , вимірюючи її , можна визначити середні розміри частинки суспензії безпосереднім спостереженням.

Проведення седиментаційного аналізу вимагає суворого дотримання вимог, що висуваються до об'єкта дослідження , умов виконання аналізу , апаратури і пристосувань .

*Вимоги до дисперсних систем .*



Всі дисперсні системи , що піддаються седиментаційної аналізу повинні характеризуватися хімічною однорідністю дисперсної фази ( осаждуваного порошку ) , строго обмеженим вмістом грубих фракцій , які осідають за короткий проміжок часу , відсутністю в порошок розчинних сполук , домішок електролітів , повним змочуванням часток порошку дисперсійним середовищем.

Іноді має місце седиментація нестійких суспензій , в яких спостерігається флокуляція дрібних частинок , прилипання до стінок посудини , утворення агрегатів і флотації часток. У цьому випадку необхідно правильно підібрати дисперсійне середовище і концентрацію дисперсної фази . Для поліпшення змочуваності зазвичай використовують просте кип'ятіння, яке дозволяє подолати гістерезис змочування і повністю видалити прилиплі до частинок бульбашки повітря. Причиною нестійкості дисперсної системи може бути відхилення рН середовища - кислотно-лужний стан середовища . Коагуляція різних розчинів протікає в строго визначеному діапазоні значень рН. Для регулювання рівня рН при виконанні седиментаційного аналізу рекомендують додавати стабілізуючі добавки. Однак додавання таких добавок ускладнює аналіз і підвищує ризик помилкових результатів.

*Вимоги до апаратури і пристосувань .*

Незалежно від того, яким приладом користуються для виконання седиментаційного аналізу , слід максимально усувати всякого роду вплив елементів конструкції на суспензію в процесі осадження . Визначальну роль у цьому відіграє іоногенність деталей апарата , дотичних під час досліду з досліджуваною дисперсною системою . В умовах тривалого аналізу високодисперсних суспензій , в дисперсному середовищі можуть перейти металеві іони , що змінюють агрегативну стійкість дисперсної фази в процесі осідання . Тому по можливості необхідно застосовувати лише неіоногенні матеріали : кварц , благородні метали.

Несприятливо вплинути на стійкість і осадження суспензій може і скло циліндра. Скло, яке ще не було у використанні віддає у водний розчин значну кількість іонів, що знижує ефективність процесу . Тому для точних аналізів бажано застосування кварц або хімічно стійке скло.

*Вимоги до навколишніх умов проведення аналізу.*

Вибір місця для аналізу та створення належних умов для його виконання без перешкод пов'язані так само з усуненням всякого роду небажаних зовнішніх впливів , що викликають грубі помилки та неточності при дослідженні .

Температурні умови навколишнього середовища впливають на точність проведення аналізу - зміна температури під час досліду веде до нерівномірних змін в різних частинах суспензії, змінюючи природний хід процесу. Тому слід уникати перепадів температур, впливів прямих сонячних променів, нагрівальних пристроїв або джерел холоду.

Необхідно вживати заходів до усунення попадання в суспензію пилу, слідів кислих або лужних газів, інших сторонніх об'єктів. Для цього циліндр із суспензією іноді оснащують ізоляційним кожухом з картоно з прорізом для штанги вагів.

Слід враховувати так само можливість випадкових струсів і вібрацій в процесі аналізу, які несприятливо позначаються не тільки на спокійному осіданні частинок суспензії, а й на точності мікроскопічних відліків переміщення і деформації коромисла ваг. Необхідно забезпечити цілком стійку установку приладу і зчитувального мікроскопа, уникаючи випадкових вібрацій і переміщень столу.

Метою дисперсійного аналізу є отримання кривих розподілу, аналіз яких дозволяє встановити фракційний склад системи.

Седиментаційний аналіз заснований на залежності розмірів частинок від швидкості їх осідання, що виражається рівнянням

$$r = \sqrt{\frac{9 \cdot \eta \cdot u}{2 \cdot (D - d) \cdot g}}, \quad (8.1)$$

де  $r$  – еквівалентний радіус частинки;

$\eta$  – в'язкість середовища;

$u$  – лінійна швидкість руху частинки;

$D$  і  $d$  – відповідно, густина дисперсної фази і дисперсної середовища;

$g$  – прискорення сили тяжіння;

Так як для даної системи всі величини, крім швидкості, є постійними, то рівняння (8.1) можна представити у такому вигляді:

$$r = K \cdot \sqrt{u}, \quad (8.2)$$

де  $K = \sqrt{\frac{9 \cdot \eta}{2 \cdot (D - d) \cdot g}}$  – константа Стокса.

Очевидно, що:

$$u = \frac{H}{\tau}, \quad (8.3)$$

де  $H$  – висота осідання частинок (висота хімічного склянки чи стовпа рідини);

$\tau$  – час осідання частинок.

Визначивши експериментально ці величини і розрахувавши константу Стокса, можна обчислити еквівалентні радіуси осідаючих частинок, за ті чи інші проміжки часу. Можна досягти тих же цілей, користуючись номограмою Стокса. У роботі використовується метод безперервного зважування седиментаційного осаду.

Схема установки для проведення седиментаційного аналізу представлена на рис. 8.1

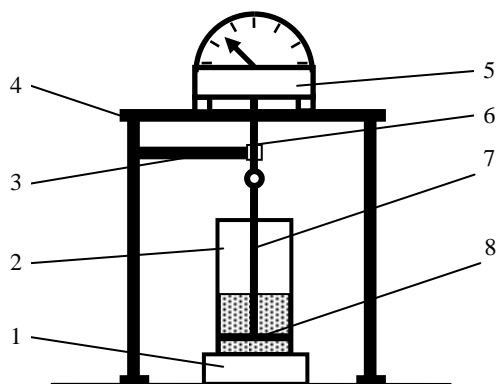


Рис. 8.1 - Схема установки для проведення седиментаційного аналізу:  
1 - магнітна мішалка, 2 - хімічний стакан з досліджуваною суспензією; 3 - тримач; 4 - столик ваг; 5 - ваги; 6 - штанга ваг; 7 - штанга диска; 8 - круглий диск для зважування осаду.

За отриманими експериментальними даними будується крива седиментації - залежність ваги седиментаційного осаду  $P$  від часу осідання  $\tau$  (рис. 8.2). У реальних полідисперсних системах криві осідання наближаються до парабола. Отриману седиментаційну криву обробляють графічним способом, тобто шляхом побудови дотичних в точках кривої, що відповідають різним значенням часу осідання. У результаті одержують дані для побудови інтегральної та диференціальної гістограм і кривих розподілу частинок за розмірами.

## МЕТА РОБОТИ

Освоєння методики проведення седиментаційного аналізу, розрахунків та оформлення його результатів, побудова кривої седиментації, визначення еквівалентних розмірів по номограмі Стокса.

## АПАРАТУРА, ПРИСТОСУВАННЯ, МАТЕРІАЛИ

1. Прилад для вимірювання маси осаду з вагами.
2. Скляний циліндр
3. Магнітна (ручна) мішалка
4. Тонкодисперсний порошок
5. Дисперсійне середовище (дистильована вода)
6. Секундомір або годинник, міліметрова лінійка

## МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ АНАЛІЗУ

Прилад для вимірювання маси седиментаційного осаду встановлюють на стійкій площині. Переконавшись в тому, що штанга ваг з диском зафіксована в утримуючому пристрої і не знаходиться в зачепленні з підвіскою ваг. Помістити досліджувану суспензію у вимірювальний стакан і перемішати її з допомогою магнітної мішалки або ручною мішалкою. При цьому необхідно домогтися рівномірного розподілу частинок різного ступеня дисперсності по всьому об'єму суспензії. Переконавшись у тому, що в суспензії після перемішування припинилися помітні переміщення середовища і зважених частинок, штангу ваг ввести в зачеплення з підвіскою ваг і розпочати аналіз.

Необхідно зафіксувати вимірювальною лінійкою початкове положення коромисла ваг. У перші моменти після закінчення перемішування в суспензії ще спостерігаються місцеві потоки і збурення, тому перший відлік слід проводити через деякий час: для грубодисперсних систем рекомендується 10-15 секунд. Подальше завдання зводиться до послідовного фіксування положення кінця коромисла терезів протягом всього часу осідання. Рекомендовані проміжки часу зчитування даних наведені в таблиці 8.1. На початку досліду відліки доцільно проводити через 30-60 сек., у кінці досліду час між відліками збільшується до 10-20 хв. З зазначеною періодичністю вимірюється вага осаду і отримані результати заносяться в таблицю 8.1. Заміри маси осаду припиняються, коли з часом природження маси стають незначними.

Таблиця 8.1 Результати седиментаційного аналізу суспензії.

| Час осідання<br>(від початку<br>дослід), $\tau$ | 15<br>с | 30<br>с | 1<br>хв | 2<br>хв | 3<br>хв | 4<br>хв | І т.д. до пос-<br>тійної ваги |
|-------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------------------------|
| Вага осаду, мг                                  |         |         |         |         |         |         |                               |

За даними таблиці 8.1 будуть криву осідання  $P = f(\tau)$ , де  $P$  - вага седиментованого осаду, мг;  $\tau$  - час осідання, сек. Потім обробляють седиментаційну криву методом побудови дотичних. Для цього на кривій вибирають 7-8 точок, відповідних різному часу осідання, і проводять дотичні до седиментаційною кривої, продовжуючи їх до перетину з віссю ординат (рис. 8.2).

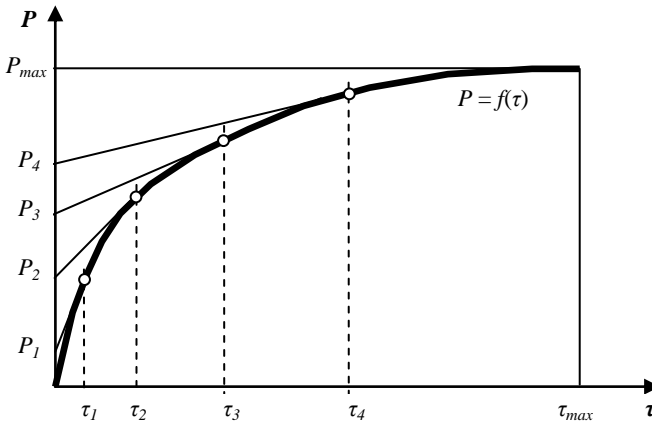


Рис. 8.2 Крива седиментації і побудова дотичних для визначення ваги окремих фракцій

Відрізки ординат, що відсікаються дотичними, дають вагу окремих фракцій ( $P_1, P_2, \dots, P_n$ ). Відрізок ординати від початку координат до першої дотичної відповідає вазі найбільш крупної фракції ( $P_1$ ). Останній відрізок ординати (між останньою дотичною і горизонтальною прямою, що відповідає  $P_{max}$ ) дає вагу частинок найбільш дрібної фракції. Останню дотичну потрібно проводити якомога ближче до горизонтальної прямої, щоб величина  $P_n$  була невеликою.

Знаючи вагу часток окремих фракцій, а також загальну вагу седиментаційного осаду ( $P_{max}$ ), можна визначити процентний вміст окремих фракцій.

Розрахунок за номограмою Стокса ведуть в наступному порядку.

1. Відкладають на шкалі 1а різницю густини дисперсної фази і дисперсійного середовища  $D - d$ , а на шкалі 1б — в'язкість дисперсійного середовища  $\eta$  в паузах. Провівши між цими точками пряму, знаходять на шкалі 1 значення константи рівняння Стокса  $K$  (записують його значення).

2. З'єднуючи на шкалі 2а значення часу осідання  $\tau$  (в точках, до яких побудовані дотичні) зі значенням висоти осідання  $H$  2б, знаходять на шкалі 2 значення  $\sqrt{u} = \sqrt{\frac{H}{\tau}}$  і вносять в таблицю 8.2.

3. Нарешті, з'єднуючи прямий значення  $K$  на шкалі 1 зі значенням  $\sqrt{u}$  на шкалі 2 і продовжуючи пряму до перетину зі шкалою 3, знаходять на останній величину еквівалентного радіуса частинок даної фракції і також вносять в таблицю 8.2.

Таблиця 8.2 Результати обробки кривої осадження та визначення еквівалентних радіусів частинок осаджуваного матеріалу.

| № п/п  | Час осадження в точці, де проведена дотична, $\tau$ , сек | Вага фракції осаду (за кривою осадження) $P$ , мг | Відсотковий вміст фракції, $Q$ , % | Сумарний вміст частинок, з найбільш дрібних, % | Коеф. $K$ за номограмою Стокса | Еквівалентний радіус (за номограмою Стокса), мкм |
|--------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------|
| 1      |                                                           |                                                   |                                    | 100,0                                          |                                |                                                  |
| 2      |                                                           |                                                   |                                    |                                                |                                |                                                  |
| ...    | ...                                                       | ...                                               | ...                                | ...                                            | ...                            | ...                                              |
| і.т. д | ...                                                       | ...                                               | ...                                | ...                                            | ...                            | ...                                              |
|        |                                                           |                                                   |                                    | $Q_n + Q_{n-1} =$                              |                                |                                                  |
| $n$    |                                                           |                                                   |                                    | $Q_n =$                                        |                                |                                                  |
|        |                                                           | $\Sigma P = P_{max}$                              | $\Sigma Q = 100\%$                 |                                                |                                |                                                  |

Розмір найбільш крупних зерен  $r_{max}$  з достатнім наближенням визначають, проводячи дотичну до седиментаційною кривою з початку координат. Спочатку на якійсь ділянці дотична збігається з седиментаційною кривою, а потім розійдеться з нею, починаючи з часу  $\tau_0$ . Визначивши  $\tau_0$  з графіка  $P = f(\tau)$ , знаходять для нього за номограмою Стокса радіус найбільш крупних зерен  $r_{max}$ .

## ЗМІСТ ЗВІТУ

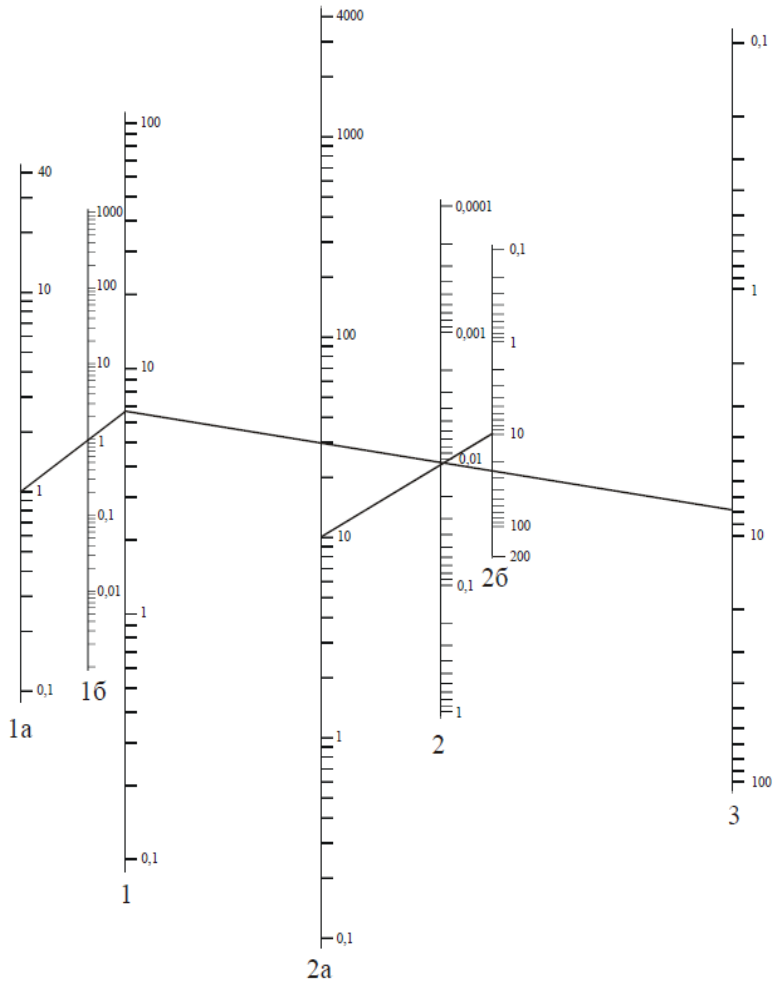
У звіті з лабораторної роботи повинні бути наведені: визначення, призначення і вимоги до проведення седиментаційного аналізу, мета роботи, опис установки для визначення маси осаду, методика виконання аналізу, таблиці експериментальних даних, крива седиментації.

## Література

1. Смирнов В. О., Білецький В. С. Підготовчі процеси збагачення корисних копалин. [навчальний посібник]. — Донецьк: Східний видавничий дім, Донецьке відділення НТШ, 2012. — 284 с.
2. Смирнов В.О., Білецький В.С., Шолда Р.О. Переробка корисних копалин (монографія). Донецьк: Східний видавничий дім. 2013. 600 с.
3. Смирнов В. О., Сергєєв П. В., Білецький В. С. Технологія збагачення вугілля. Навчальний посібник. — Донецьк: Східний видавничий дім, — 2011. — 476 с.
4. Смирнов В. О., Білецький В. С. Флотаційні методи збагачення корисних копалин. Донецьк: Східний видавничий дім, НТШ-Донецьк — 2010. — 496 стор.
5. Білецький В. С., Смирнов В. О. Технологія збагачення корисних копалин: Посібник з грифом Мінвузу. — Донецьк: Східний видавничий дім, 2004.- 272 с.



Додаток 1. НОМОГРАМА СТОКСА



1a—  $(D-d) 10^3$ ; кг/м<sup>3</sup>, 1б—  $\eta 10^3$ ; Н с/м<sup>2</sup>, 1—  $K = 10^4 \sqrt{\frac{9\eta}{2(D-d)g}}$ ; 2a—  $\tau$  с;

2—  $\sqrt{u} = \sqrt{\frac{H}{\tau}}$ , 2б—  $H 10^2$ , м; 3—  $r 10^6$ , м





