

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184/Б/ОК31- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 24 / 1

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Державного університету
«Житомирська політехніка»
протокол від 26 серпня 2025 р. №7

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ для проведення практичних занять з навчальної дисципліни «Переробка та збагачення корисних копалин»

для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «БАКАЛАВР»
спеціальності 184 «Гірництво»
освітньо-професійна програма «Гірництво»
факультет гірничої справи, природокористування та будівництва
кафедра гірничих технологій та будівництва ім. проф. Бакка М.Т.

Рекомендовано на засіданні кафедри
гірничих технологій та
будівництва ім. проф. Бакка М.Т.
25 серпня 2025 р.,
протокол № 8

Розробники:

доктор технічних наук, професор кафедри гірничих технологій та будівництва
ім. проф. Бакка М.Т. , КОРОБІЙЧУК Валентин
асистент кафедри гірничих технологій та будівництва ім. проф. Бакка М.Т.,
НАУМОВ Ярослав

Житомир
2025

Методичні рекомендації призначені для проведення практичних робіт з навчальної

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184/Б/ОК31- 2022
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 24 / 2</i>

дисципліни «Переробка та збагачення корисних копалин» для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр» денної та заочної форми навчання спеціальності 184 «Гірництво» освітньо-професійна програма «Гірництво». Житомир, Житомирська політехніка. 2025. 24 с.

Рецензенти:

ОСТАФІЙЧУК Неля – ст. викладач кафедри гірничих технологій та будівництва ім. проф.

Бакка М.Т.

ШЛАПАК Володимир – к.т.н., доцент кафедри маркшейдерії

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184/Б/ОК31- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 24 / 3

ЗМІСТ

ВСТУП	4
ТЕМА 1 «ТЕХНОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ЗБАГАЧЕННЯ КОРИСНИХ КОПАЛИН»	5
ТЕМА 2 «ПІДГОТОВЧІ ПРОЦЕСИ. ГРОХОЧЕННЯ»	9
ТЕМА 3 «РОЗРАХУНОК СТУПЕНЯ ДРОБЛЕННЯ І ПИТОМОЇ РОБОТИ ЗА ТРЬОМА ЗАКОНАМИ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ВИТРАТ»	12
ТЕМА 4 «КОМПЛЕКСНИЙ РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ДРОБЛЕННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД ТА ВИБІР ТИПУ ДРОБАРКИ»	16
ТЕМА 5 «РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ РОЗДІЛЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ЧАСТИНОК У ГРАВІТАЦІЙНИХ АПАРАТАХ РІЗНИХ ТИПІВ (СБЕ, СК, СКВ, СЕ)».....	18
ТЕМА 6 «РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ПРОМИВКИ РУДНОЇ СИРОВИНИ ТА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИДАЛЕННЯ ГЛІНИСТИХ ДОМШОК»	21
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	24

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184/Б/ОК31- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 24 / 4

ВСТУП

Метою дисципліни «Основи гірничого виробництва та нафтогазової інженерії» є формування у здобувачів знань про закони та технологічні процеси переробки й збагачення корисних копалин, принципи роботи машин та апаратів збагачувальних фабрик, а також набуття практичних навичок у виборі оптимальних технологій для підвищення якості мінеральної сировини, раціонального використання надр і мінімізації втрат та впливу на довкілля.

Завданнями вивчення дисципліни є придбання здобувачів вищої освіти знань з:

- опанування якісно-кількісних показників збагачення та виконання розрахунків виходу продуктів, вмісту компонентів, вилучення, ступеня скорочення і ступеня концентрації.
- вивчення підготовчих процесів (дроблення, грохочення), оцінка гранулометричного складу, продуктивності обладнання та ефективності відсіву.
- розрахунок енергетичних параметрів дроблення за законами Кіка, Ріттінгера та Бонда і визначення загального ступеня дроблення у багатостадійних схемах.
- вибір типу дробарок і їх параметрів відповідно до властивостей порід, виконання інженерних розрахунків продуктивності та енергоспоживання.
- оцінка процесів гравітаційного збагачення: визначення густини суспензій, швидкості осідання/спливання частинок та ефективності розділення в різних апаратах.
- розрахунок параметрів промивки рудної сировини та оцінка ступеня видалення глинистих домішок, витрати води й енергетичних показників.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184/Б/ОКЗ1- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 24 / 5

ТЕМА 1 «ТЕХНОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ЗБАГАЧЕННЯ КОРИСНИХ КОПАЛИН»

Мета роботи: Ознайомитися з основними якісно-кількісними показниками збагачення (вихід продукту, вміст компонента, вилучення, ступінь скорочення, ступінь концентрації) та навчитися виконувати розрахунки на їх основі.

Теоретичні відомості:

Результати збагачення корисної копалини характеризуються якісно-кількісними показниками, основні з них такі: вихід продукту, вміст компонента, вилучення, ступінь скорочення, ступінь концентрації. Вихід продукту – показник, що визначає, яку частину маси корисної копалини, що переробляється, складає той чи інший продукт збагачення. Вихід продукту збагачення виражають у відсотках, рідше в частках одиниці:

$$\gamma = 100Q_{\text{пр}}/Q_{\text{вих}}, \% \quad (1.1)$$

де $Q_{\text{пр}}$ і $Q_{\text{вих}}$, – маси продукту і вихідного матеріалу.

Сумарний вихід усіх продуктів збагачення повинен відповідати виходу вихідної збагачуваної корисної копалини, що приймається за 100 %. Якщо при збагаченні одержують два кінцевих продукти – концентрат з виходом $\gamma_{\text{к}}$ і відходи з виходом $\gamma_{\text{відх}}$, то ця умова записується таким рівнянням, що виражає баланс виходів продуктів збагачення:

$$\gamma_{\text{к}} + \gamma_{\text{відх}} = 100\% \quad (1.2)$$

Вміст компонента – показник, що характеризує частку компонента (корисного, шкідливого, нейтрального) в корисній копалині або продукті збагачення. Вміст компонентів у корисній копалині α і у продуктах збагачення β виражають у відсотках, іноді в частках одиниці. Іноді вміст компонента у відходах позначають θ . Вміст дорогоцінних металів у рудах і продуктах збагачення як правило виражають як відношення маси металу до маси руди – г/т. Сумарна кількість будь-якого компонента, що міститься в кінцевих продуктах збагачення, повинна відповідати кількості цього компонента у вихідній корисній копалині. Якщо при збагаченні отримані два кінцевих продукти – концентрат і відходи, то ця умова запишеться рівністю:

$$\gamma_{\text{к}} \cdot \beta_{\text{к}} + \gamma_{\text{в}} \cdot \beta_{\text{в}} = 100 \cdot \alpha \quad (1.3)$$

Якщо при збагаченні отримані три кінцевих продукти – концентрат, відходи і промпродукт, то рівняння набуває вигляду:

$$\gamma_{\text{к}} \cdot \beta_{\text{к}} + \gamma_{\text{в}} \cdot \beta_{\text{в}} + \gamma_{\text{пн}} \cdot \beta_{\text{пн}} = 100 \cdot \alpha \quad (1.4)$$

Рівності (1.2), (1.3) і (1.4) називаються рівняннями балансу продуктів збагачення. Вилучення ε – показник, що визначає, яка частина маси цінного компонента, що міститься в початковій сировині, перейшла до концентрату або іншого продукту збагачення. Вилучення виражається у відсотках, рідше в частках одиниці і обчислюється як відношення маси компонента в i -тім продукті до його маси в збагачуваній корисній копалині:

$$\varepsilon_i = \frac{\gamma_i \cdot \beta_i}{\alpha} \quad (1.5)$$

При двох продуктах збагачення - концентраті і відходах - вилучення корисного компонента до концентрату ($\varepsilon_{\text{к}}$) і у відходи ($\varepsilon_{\text{в}}$) отримуємо з виразів:

$$\varepsilon_{\text{к}} = \frac{\gamma_{\text{к}} \cdot \beta_{\text{к}}}{\alpha} \quad \varepsilon_{\text{в}} = \frac{\gamma_{\text{в}} \cdot \theta}{\alpha}$$

Сумарне вилучення $\sum \varepsilon_i$ одного (даного) компонента в усі кінцеві продукти збагачення складає 100 %, тобто: $\varepsilon_{\text{к}} + \varepsilon_{\text{в}} = 100\%$; $\varepsilon_{\text{к}} + \varepsilon_{\text{в}} + \varepsilon_{\text{пн}} = 100\%$. Ступінь скорочення $k_{\text{с}}$ –

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184/Б/ОКЗ1- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 24 / 6

величина, що показує у скільки разів вихід отриманого концентрату γ_k менший від кількості переробленої корисної копалини:

$$k_c = 100/\gamma_k \quad (1.6)$$

Ступінь скорочення показує, яку кількість тонн корисної копалини необхідно переробити для одержання 1 т концентрату. Ступінь концентрації (ступінь збагачення) k_k – величина, що показує, у скільки разів збільшився вміст компонента в концентраті в порівнянні з його вмістом у збагачуваній корисній копалині:

$$k_k = \beta_k/\alpha \quad (1.7)$$

Якісно-кількісні показники збагачення характеризують технічну досконалість технологічного процесу фабрики. Чим вищий вміст корисного компонента в концентраті і його вилучення, чим більші показники ступеня збагачення і ступені скорочення, тим вища ефективність збагачення корисної копалини.

Якість продуктів збагачення в окремих випадках характеризують не тільки вмістом корисних компонентів і наявністю шкідливих домішок, але і вмістом зерен різного розміру – гранулометричним складом. Якість кінцевих продуктів збагачення, одержуваних на збагачувальних фабриках, повинна відповідати вимогам, які висувають споживачі продукції. Вимоги до якості концентратів називаються кондиціями і регламентуються державними стандартами (ДСТУ) або технічними умовами (ТУ), вони розробляються з урахуванням технології і економіки переробки даної сировини та її властивостей, а також з урахуванням реальних можливостей технології збагачення. Кондиціями встановлюються середній і мінімально або максимально допустимий вміст різних компонентів корисної копалини в кінцевих продуктах збагачення. Якщо якість продуктів відповідає кондиціям, продукти називаються кондиційними

Хід роботи:

Приклад:

Вихідні дані:

Маса вихідної руди – $Q_{\text{вих}} = 1000$ кг.

Вміст цінного компонента у вихідній руді $\alpha = 5$ %.

У результаті збагачення отримано:

Концентрат: $Q_k = 250$ кг, вміст компонента $\beta_k = 18$ %.

Відходи: $Q_b = 750$ кг, вміст компонента $\beta_b = 1$ %.

1. Визначаємо вихід продуктів:

$$\gamma_k = 100 \left(\frac{Q_k}{Q_{\text{вих}}} \right) = 100 \cdot \frac{250}{1000} = 25\%,$$

$$\gamma_b = 100 \left(\frac{Q_b}{Q_{\text{вих}}} \right) = 100 \cdot \frac{750}{1000} = 75\%,$$

Перевірка:

$$\gamma_k + \gamma_{\text{відх}} = 25 + 75 = 100\%$$

2. Баланс компонентів:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184/Б/ОК31- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 24 / 7

$$\gamma_K \cdot \beta_K + \gamma_B \cdot \beta_B = 25 \cdot 18 + 75 \cdot 1 = 525$$

$$100 \cdot \alpha = 100 \cdot 5 = 500$$

Різниця пояснюється округленням і похибками.

3. Вилучення компонента в концентрат:

$$\varepsilon_K = \frac{\gamma_K \cdot \beta_K}{100 \cdot \alpha} \times 100 = \frac{25 \cdot 18}{100 \cdot 5} \times 100 = 90\%$$

У відході:

$$\varepsilon_B = 100 - \varepsilon_K = 100 - 90 = 10\%$$

4. Ступінь скорочення:

$$k_C = \frac{100}{\gamma_K} = \frac{100}{25} = 4$$

Тобто з 4 т руди отримуємо 1 т концентрату.

5. Ступінь концентрації:

$$k_k = \frac{\beta_K}{\alpha} = \frac{18}{5} = 3,6$$

Вихід концентрату склав 25 %, відходів – 75 %. Вилучення корисного компонента в концентрат високе (90 %), що свідчить про ефективний процес збагачення. Ступінь скорочення – 4, ступінь концентрації – 3,6. Отримані результати підтверджують доцільність використання даної технології для даного типу руди.

Варіанти завдань:

Маса вихідної руди $Q_{\text{вих}} = 1000$ кг.

Варіант	Q_K (кг)	β_K (%)	Q_B (кг)	β_B (%)	α (%)
1	220	20	780	1,5	5
2	300	15	700	2	6
3	250	17	750	1,2	5
4	280	18	720	1,0	6
5	200	22	800	1,5	5
6	260	16	740	2,0	4
7	240	19	760	1,3	5

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.01/4/184/Б/ОКЗ1- 2022	
	Екземпляр № 1			Арк 24 / 8	

8	270	21	730	1,0	6
9	230	20	770	1,1	5
10	310	14	690	2,5	6
11	280	18	720	1,4	6
12	260	17	740	1,8	4
13	250	19	750	1,2	5
14	220	23	780	1,0	6
15	300	15	700	1,5	4
16	240	20	760	1,1	6
17	270	18	730	1,5	5
18	290	16	710	2,0	4
19	230	29	770	1,3	5
20	250	21	750	1,2	6

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184/Б/ОКЗ1- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 24 / 9

ТЕМА 2 «ПІДГОТОВЧІ ПРОЦЕСИ. ГРОХОЧЕННЯ»

Хід роботи:

На збагачувальну фабрику надходить руда: продуктивність подачі: $Q=200$ т/год, вміст класу -20 мм у вихідній руді: $\gamma=18$. Для дроблення використовується щоква дробарка з продуктивністю $Q_{\text{дроб}}=180$ т/год, $W=1,8$ кВт*год/т. Перед дробаркою встановлюють грохот із квадратними отворами: розмір отвору: $a=20$ мм, крок сітки: $t=32$ мм, питома продуктивність: $q_0=9 \frac{\text{м}^3}{\text{год} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{мм}^{0,5}}$, коефіцієнт ефективності: $k=0,8$, дріб'язок містить 5%, насипна густина: $\delta=2,5$ т/м³, вологість матеріалу — 6 %.

Потрібно:

Знайти об'ємну подачу матеріалу у м³/год. Визначити масу дріб'язку (-20 мм), яка відсіється на грохоті. Розрахувати матеріал, що піде на дробарку після грохочення. Перевірити, чи не перевантажена дробарка (порівняти з її продуктивністю). Обчислити енергоспоживання дробарки.

Знайти потрібну площу грохота:

$$F = \frac{Q_{\text{об}}}{q_0 * k * \sqrt{a}}$$

Обчислити коефіцієнт живого перетину сита:

$$\varphi = \frac{a}{t}$$

Визначити фактичне навантаження на 1 м² просіюючої поверхні. Знайти ефективність відсіву дріб'язку, якщо коефіцієнт захоплення часток прийняти $\eta=0,85$. Порахувати втрати корисного продукту у відходах грохочення, якщо в дріб'язку міститься 5 % корисного мінералу. Зробити висновки: чи доцільне встановлення грохота перед дробаркою, виходячи з розрахунку.

Приклад:

1) Об'ємна подача матеріалу

$$Q_{\text{об}} = \frac{Q}{\delta} = \frac{200}{2,5} = 80 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

2) Маса дріб'язку (20 мм), що теоретично є у вихідній руді (т/год)

$$M_{-20} = \gamma_{-20} * Q = 0,18 * 200 = 36 \frac{\text{т}}{\text{год}}$$

3) Матеріал, що піде на дробарку після грохочення (т/год)

Якщо грохот виділяє дріб'язок (припускаємо, що підрешітний продукт виводиться), то маса на дробарку:

$$Q_{\text{дроб}} = Q - (\text{підрешітний, що відійшов})$$

Але підрешітний продукт реально буде лише частиною теоретичного дріб'язку, залежно від захоплення η .

Теоретична — $200-36=164$ т/год

Однак згідно з η тільки частина дріб'язку фактично відведеться в підрешітний продукт.

4) Перевірка: чи не перевантажена дробарка

Порівнюємо $Q_{\text{на дроб}}=164$ т/год з номінальною продуктивністю дробарки $Q_{\text{дроб}}=180$ т/год.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184/Б/ОК31- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 24 / 10

Оскільки $164 < 180$, дробарка не перевантажена.

5) Енергоспоживання дробарки (кВт·год/год)

$$E = W * Q_{\text{дроб}} = 1.8 * 164 = 295.2 \frac{\text{кВт}}{\text{год}};$$

6) Потрібна площа грохота F (м²)

$$F = \frac{Q_{\text{об}}}{q_0 * k * \sqrt{\alpha}} = \frac{80}{32,2} = 2,49 \text{ м}^2;$$

7) Коефіцієнт живого перетину сита

$$\varphi = a^2/t^2 = 400/1024 = 0,39$$

8) Фактичне навантаження на 1 м² просіюючої поверхні

Є два корисних показники: об'ємне навантаження і масове навантаження.

Об'ємне навантаження:

$$q_{\text{об}} = \frac{Q_{\text{об}}}{F} = \frac{80}{2,49} = 32,2 \frac{\text{м}^3}{\text{год} * \text{м}^2}$$

Масове навантаження (на 1 м²):

$$q_{\text{мас}} = \frac{Q}{F} = \frac{200}{2,48} = 80,5 \frac{\text{т}}{\text{год} * \text{м}^2}$$

9) Ефективність відсіву дріб'язку (маси підрешітного продукту), з урахуванням η
Коефіцієнт захоплення (захоплення дріб'язку грохотом) η=0,85

$$M_{\text{підр}} = \eta * M_{-20} = 0,85 * 36 = 30,6 \frac{\text{т}}{\text{год}}$$

Ефективність (у відсотках) як відношення фактичного підрешітного продукту до маси нижнього класу у вихідному матеріалі:

$$E = \frac{M_{\text{підр}}}{M_{-20}} * 100\% = \frac{30,6}{36} * 100 = 85\%$$

10) Втрати корисного продукту у відходах грохочення

Під «відходами грохочення» маємо на увазі підрешітний продукт, який вважають відведеним із технологічного потоку і не підлягає подальшому вилученню корисного мінералу (тобто втрати).

Корисний мінерал у підрешітному продукті: 5% від маси підрешітного продукту.

$$L_{\text{корис}} = 0.05 * 30.6 = 1.53 \frac{\text{т}}{\text{год}}$$

Варіанти:

Варіант	Q, т/год	δ, т/м ³	γ, % (20 мм)	Q _{дроб} , т/год	W,кВт·год/т	a,мм	t, мм	q ₀ , м ³ /(год·м ² ·мм ^{0,5})	k	η
1	150	2,4	12	140	1,5	15	30	8,5	0,80	0,85
2	160	2,5	14	145	1,6	18	32	9,0	0,82	0,85
3	170	2,6	16	150	1,7	20	33	8,8	0,78	0,85
4	180	2,7	18	155	1,8	22	34	9,2	0,85	0,85
5	190	2,4	20	160	1,9	25	35	9,5	0,83	0,85

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015							Ф-23.05- 05.01/4/184/Б/ОК31- 2022
	Екземпляр № 1							Арк 24 / 11

6	200	2,5	15	165	2,0	20	36	9,0	0,80	0,85
7	210	2,6	17	170	1,7	18	32	8,7	0,84	0,85
8	220	2,7	19	175	1,8	22	33	9,1	0,82	0,85
9	230	2,4	21	180	1,9	24	34	9,3	0,79	0,85
10	240	2,5	13	185	2,0	25	35	9,6	0,81	0,85
11	250	2,6	15	190	1,6	20	30	8,9	0,83	0,85
12	260	2,7	17	195	1,7	18	32	9,0	0,85	0,85
13	270	2,4	19	200	1,8	22	33	9,2	0,80	0,85
14	280	2,5	21	205	1,9	24	34	9,5	0,82	0,85
15	290	2,6	23	210	2,0	25	35	9,7	0,84	0,85
16	300	2,7	25	215	1,8	20	36	9,1	0,81	0,85
17	310	2,4	14	220	1,9	18	30	8,8	0,79	0,85
18	320	2,5	16	225	2,0	22	32	9,3	0,83	0,85
19	330	2,6	18	230	1,7	24	34	9,4	0,82	0,85
20	340	2,7	20	235	1,8	25	35	9,6	0,80	0,85

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184/Б/ОКЗ1- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 24 / 12

ТЕМА 3 «РОЗРАХУНОК СТУПЕНЯ ДРОБЛЕННЯ І ПИТОМОЇ РОБОТИ ЗА ТРЬОМА ЗАКОНАМИ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ВИТРАТ»

Хід роботи:

На дробильно-подрібнювальній фабриці переробляють кварцит із початковою крупністю шматків $D_{max} = 800$ мм. Процес складається з трьох стадій дроблення і однієї стадії подрібнення до порошкоподібного стану.

№ стадії	Тип процесу	Тип машини	Початкова крупність, мм	Кінцева крупність, мм
1	Крупне дроблення	Щокова дробарка	800	200
2	Середнє дроблення	Конусна дробарка	200	50
3	Дрібне дроблення	Конусна дробарка	50	10
4	Подрібнення	Кульовий млин	10	0,15

Порода — кварцит, має коефіцієнт міцності $f = 12$ (за шкалою міцності Кіка).

Ступінь дроблення

Ступінь дроблення показує, у скільки разів зменшується розмір частинок після проходження процесу:

$$i = \frac{D}{d}$$

де, D — середній розмір шматків до дроблення, мм, d — середній розмір шматків після дроблення, мм.

Якщо дроблення проводиться у кілька стадій, то загальний ступінь:

$$\sum i = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \cdot \dots$$

Енергетичні закони дроблення

Закон Кіка – Кірпічова:

$$A_k = C_k \ln \frac{D}{d}$$

Він справедливий для крупного дроблення, коли частинки великі, а енергія витрачається переважно на руйнування об'єму.

A_k – питома робота дроблення, кДж/кг

C_k – коефіцієнт, що залежить від міцності матеріалу

Закон Ріттінгера:

$$A_r = C_r \left(\frac{1}{d} - \frac{1}{D} \right)$$

Він застосовується при тонкому подрібненні, коли енергія витрачається переважно на збільшення питомої поверхні частинок.

Закон Бонда:

$$A_b = C_b \left(\frac{1}{\sqrt{d}} - \frac{1}{\sqrt{D}} \right)$$

Цей закон є перехідним і найчастіше використовується в промислових розрахунках, тому що він враховує середню область між дробленням і подрібненням

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184/Б/ОКЗ1- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 24 / 13

Коефіцієнти для кварциту

Відомо, що для кварциту $f=12$

Параметр	Формула	Розрахунок	Значення
Коеф. Кіка	$C_k=0.7*f$	$0.7*12$	8,4 кДж/кг
Коеф. Ріттінгера	$C_r=0.75*f$	$0.75*12$	90 кДж·мм/кг
Коеф. Бонда	$C_b=0.316*f$	$0.316*12$	3,8 кДж·мм^{1/2}/кг

Розрахунок ступенів дроблення

№	D (мм)	d (мм)	Формула ($i = D/d$)	Результат
1	800	200	800/200	4
2	200	50	200/50	4
3	50	10	50/10	5
4	10	0,15	10/0,15	66,7

Загальний ступінь дроблення:

$$\sum i = 4 * 4 * 5 * 66.7 = 5333$$

Це означає, що загалом розмір частинок зменшується більш ніж у 5000 разів.

Розрахунок питомої роботи за трьома законами:

1) Закон Кіка

$$A_k = C_k \ln \frac{D}{d}$$

Стадія	D, мм	d, мм	$\ln \frac{D}{d}$	Коеф. Кіка
1	800	200	1,386	11,65
2	200	50	1,386	11,65
3	50	10	1,609	13,52
4	10	0,15	4,199	35,27
Σ				72,1 кДж/кг

Закон Кіка враховує лише логарифмічне співвідношення розмірів, тому енергія зростає повільно — навіть при значному подрібненні.

2) Закон Ріттінгера:

$$A_r = C_r \left(\frac{1}{d} - \frac{1}{D} \right)$$

Стадія	D, мм	d, мм	$(1/d-1/D)$	Коеф. Ріттінгера
1	800	200	0,00375	0,34
2	200	50	0,015	1,35
3	50	10	0,09	8,1
4	10	0,15	6,566	591
Σ				600,8 кДж/кг

У законі Ріттінгера враховується площа частинок.

При зменшенні частинок до десятків мікронів, питома поверхня різко зростає — тому її енерговитрати зростають у сотні разів.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184/Б/ОКЗ1- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 24 / 14

3) Закон Бонда

$$A_b = C_b \left(\frac{1}{\sqrt{d}} - \frac{1}{\sqrt{D}} \right)$$

Стадія	D, мм	d, мм	$\left(\frac{1}{\sqrt{d}} - \frac{1}{\sqrt{D}} \right)$	Коеф. Бонда
1	800	200	0,02236	0,085
2	200	50	0,063	0,239
3	50	10	0,216	0,82
4	10	0,15	2,434	9,25
Σ				10,39 кДж/кг

Закон Бонда найточніше описує реальні промислові енерговитрати, оскільки враховує середню область руйнування, де частинки вже не надто великі, але ще не порошкоподібні.

Аналіз результатів:

Закон	Призначення	Отримана робота, кДж/кг	Основна область точності
Кіка	Грубе дроблення	72,1	I–II стадії
Рітгінгера	Тонке подрібнення	600,8	IV стадія
Бонда	Перехідне дроблення	10,4	II–III стадії

Висновки:

Загальний ступінь дроблення становить ≈ 5333 , тобто розмір частинок зменшився більш ніж у 5000 разів. Основна енергія процесу ($\approx 95\%$) витрачається на подрібнення у млинах.

- Закон Кіка — для великих грудок (до 50–100 мм).
- Закон Рітгінгера — для частинок менше 1 мм.
- Закон Бонда — проміжна область (10–1 мм).

Для реальних фабрик найчастіше користуються законом Бонда, оскільки він дає середню оцінку енерговитрат і враховує реальні умови подрібнення. При подальшому зменшенні крупності енерговитрати зростають експоненціально, що пояснює необхідність використання багатостадійних схем дроблення.

Завдання:

Обчисліть коефіцієнти, знайдіть ступінь дроблення в кожній стадії, розрахуйте питому роботу для кожної стадії за трьома законами, підсумуйте питому роботу по всіх стадіях для кожного закону і порівняйте результати, напишіть короткий висновок: для яких стадій кожен закон найточніший, яка стадія витрачає найбільше енергії у вашому варіанті, як змінюється питома вклад тонкого подрібнення.

Формат задачі роботи (студент повинен надати):

1. Коротка характеристика породи (чому вибрано саме цей f — при необхідності вказати джерело/примітку).
2. Обчислення коефіцієнтів (показати формули і підстановки).
3. Таблиця зі ступенями дроблення для всіх стадій.
4. Розгорнуті розрахунки питомої роботи для кожної стадії і для кожного закону (по порядку), з підсумками.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184/Б/ОКЗ1- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 24 / 15

5. Графік питомої роботи по стадіях для трьох законів.

6. Висновок з порівнянням результатів (який закон краще для яких стадій у вашому варіанті, яка частка енергії припадає на подрібнення, рекомендації щодо оптимізації схеми).

Варіант	Порода	f	Стадія 1: D→d (мм)	Стадія 2: D→d (мм)	Стадія 3: D→d (мм)	Стадія 4: D→d (мм)
1	Кварцит	12	800 → 200	200 → 50	50 → 10	10 → 0,15
2	Граніт	15	700 → 180	180 → 45	45 → 8	8 → 0,2
3	Базальт	14	900 → 250	250 → 60	60 → 12	12 → 0,2
4	Вапняк (щільний)	8	600 → 150	150 → 40	40 → 6	6 → 0,2
5	Доломіт	9	700 → 200	200 → 50	50 → 8	8 → 0,15
6	Мармур	10	500 → 140	140 → 35	35 → 7	7 → 0,15
7	Габро/діабаз	13	800 → 220	220 → 55	55 → 11	11 → 0,2
8	Пісковик	6	600 → 160	160 → 40	40 → 6	6 → 0,25
9	Сланці	7	500 → 130	130 → 35	35 → 6	6 → 0,2
10	Вугілля (міцне)	4	300 → 90	90 → 30	30 → 5	5 → 0,3
11	Гіпс	3	400 → 100	100 → 25	25 → 4	4 → 0,3
12	Піскуватий вапняк	7	650 → 170	170 → 45	45 → 7	7 → 0,2
13	Рудна кварцова (середня тривкість)	11	850 → 210	210 → 50	50 → 9	9 → 0,15
14	Гравій/щебінь (насіпний)	5	500 → 140	140 → 35	35 → 6	6 → 0,4
15	Клейовий мергель (глинистий)	2	400 → 100	100 → 30	30 → 5	5 → 0,5

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184/Б/ОК31- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 24 / 16

ТЕМА 4 «КОМПЛЕКСНИЙ РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ДРОБЛЕННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД ТА ВИБІР ТИПУ ДРОБАРКИ»

Хід роботи:

Для заданої гірської породи (ваші варіанти) необхідно виконати повний інженерний розрахунок параметрів процесу дроблення, визначити рекомендований тип дробарки, оцінити її продуктивність, енергетичну ефективність та оптимальний ступінь дроблення.

Порядок виконання (етапи):

1. Визначення коефіцієнта тривкості породи $K_{тр}$

За категорією М.М. Протодьяконова

2. Границя міцності на стиснення $\zeta_{ст}$

Приймається орієнтовно:

$$\zeta_{ст} = 8 * K_{тр}, \text{ МПа}$$

3. Границя розтягнення ζ_p

$$\zeta_p = 0,1 * \zeta_{ст}$$

4. Границя зсуву $\zeta_{зс}$

$$\zeta_{зс} = 0,3 * \zeta_{ст}$$

5. Визначити рекомендований тип дроблення (роздавлювання, розколювання, удар тощо) залежно від виду породи.

Обрати тип дробарки (щогова, конусна, валкова, ударна).

• $K_{тр} > 10$ — роздавлювання, удар

• $K_{тр} = 5-10$ — роздавлювання, розколювання

• $K_{тр} < 5$ — розрив, стирання, різання

6. Обчислення ступеня дроблення

$$i = \frac{D_{max}}{D_{min}}$$

7*. Кут захоплення у валковій дробарці

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{D_{max}}{D_B + D_{max}}$$

(для гладких валків — $\alpha \leq 32^\circ$)

8*. Визначення діаметра валків

$$D_B = (15..20)D_{max}$$

для гладких,

$$D_B = (1,5 \dots 3,5)D_{max}$$

для зубчатих.

9. Ширина приймального отвору щогової дробарки

$$B = 1,15D_{max}$$

10. Продуктивність дробарки

$$Q = Q_v * k_{др} * k_\delta * k_d$$

$k_{др}$ — коефіцієнт дробильності (0.7–1.3);

k_δ — поправка на насипну густину (0.8–1.2);

k_d — поправка на крупність матеріалу (0.9–1.1).

11. Об'ємна продуктивність

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184/Б/ОКЗ1- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 24 / 17

$$Q_v = n * \pi D * L * s$$

де D,L – діаметр і довжина валка, м; s – ширина щілини, м; δ – густина породи, т/м³; k – коефіцієнт розпушення (0.1–0.3).

12. Маса подрібненої породи за годину

$$M = Q_v * \delta$$

13. Потужність приводу дробарки

$$N = \frac{Q * A}{3600},$$

де A — питома робота подрібнення, кДж/кг (для середніх порід 3–6 кДж/кг).

Варіанти

№	Порода	Категорія	К _{гр}	D _{max} , мм	D _{min} , мм	δ , т/м ³	Q _к , т/год	n, хв ⁻¹	D	L	s	
1	Вапняк	IV	6	60	15	2.7	120	1.2	1,05	1,029	3,958	гладкі
2	Граніт	II	15	100	20	2.65	200	1.5	1,75	0,777	8,247	гладкі
3	Кварцит	I	20	80	10	2.8	180	1.6	1,4	0,93	7,037	гладкі
4	Габро	III	10	70	15	2.9	160	1.4	1,225	0,889	5,388	гладкі
5	Діабаз	III	10	75	18	2.85	150	1.3	1,3125	0,91	5,36	гладкі
6	Мармур	III-а	8	65	15	2.75	140	1.1	1,1375	1,413	3,931	гладкі
7	Пісковик	IV-а	5	55	12	2.5	110	1.0	0,9625	1,368	3,024	гладкі
8	Сланець	V	4	50	10	2.4	100	0.9	0,875	2,316	2,474	гладкі
9	Мергель	V-а	3	40	10	2.2	90	0.8	0,95	2,374	2,388	гладкі
10	Гіпс	VI	2	35	8	2.3	80	0.7	1,1	2,441	2,419	гладкі
11	Кам'яна сіль	VI	2	30	7	2.1	70	0.7	1,1	2,488	2,419	зубчаті
12	Антрацит	VI-а	1.5	25	6	1.5	65	0.8	1,4	2,932	3,519	зубчаті
13	Вугілля коксівне	VII	1.0	20	5	1.4	55	0.9	1,4	2,274	3,958	зубчаті
14	Лес	VII-а	0.8	15	4	1.6	50	1.0	1,4	2,487	4,398	зубчаті
15	Суглинок	VIII	0.6	12	3	1.7	40	1.1	1,05	2,477	3,629	зубчаті
16	Пісок	IX	0.5	10	2	1.8	35	1.2	0,65	2,48	2,45	зубчаті
17	Пливун	X	0.3	8	2	1.9	30	1.0	0,85	2,464	2,67	зубчаті
18	Кальцит	III	10	70	15	2.7	140	1.3	1,225	0,94	5,003	зубчаті
19	Кварцовий порфір	II	15	90	18	2.85	170	1.4	1,575	0,739	6,927	зубчаті
20	Доломіт	III-а	8	65	14	2.8	150	1.2	1,1375	1,272	4,288	зубчаті

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184/Б/ОКЗ1- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 24 / 18

ТЕМА 5 «РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ РОЗДІЛЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ЧАСТИНОК У ГРАВІТАЦІЙНИХ АПАРАТАХ РІЗНИХ ТИПІВ (СБЕ, СК, СКВ, СЕ)»

Хід роботи:

Студент повинен виконати розрахунок параметрів гравітаційного розділення частинок у різних типах апаратів (СК, СБЕ, СКВ, СЕ) за заданими вихідними даними.

Необхідно визначити густину частинок, середній діаметр, висоту шару, швидкість осадження та час розділення.

Порядок виконання (етапи):

1. Закон Архімеда - визначає, яка сила діє на зерно у важкому середовищі:

$$F_A = \rho_c * g * V$$

де. F_A — сила виштовхування, Н; ρ_c — густина середовища, кг/м³; V — об'єм тіла, м³; $g=9,81$ м/с² — прискорення вільного падіння.

$$V=(\pi d^3)/6$$

2. Умова плавання зерна:

Зерно плаває, коли його густина дорівнює густині середовища.

$$\rho_z = \rho_c$$

3. Густина суспензії:

$$\rho_c = \rho_v + c(\rho_0 - \rho_v)$$

де, ρ_v — густина води (1000 кг/м³), ρ_0 — густина обважнювача (наприклад, магнетиту 5000 кг/м³), c — об'ємна концентрація обважнювача (частка одиниці).

4. Зворотна формула для концентрації, якщо відома бажана густина середовища, можна визначити, скільки обважнювача потрібно:

$$c = \frac{\rho_c - \rho_v}{\rho_0 - \rho_v}$$

5. В'язкість суспензії:

$$\mu_c = \mu_0(1 + 2,5c + 7,35c^2 + 16,2c^3)$$

де, $\mu_0=0,001$ Па·с — в'язкість води.

6. Перевірка нормальної в'язкості, якщо в'язкість перевищує цю межу — процес розділення неефективний:

$$\mu_c \leq 0,007 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

Якщо $\mu_c > 0,007$, то необхідно додати пептизатор – це фізично знизить структурну в'язкість:

$$\mu_{\text{еф}} = \mu_c * (1 - k_p)$$

де

- $\mu_{\text{еф}}$ — ефективна (скоригована) в'язкість, Па·с;
- μ_c — початкова в'язкість суспензії, Па·с;
- k_p — коефіцієнт дії пептизатора (зменшення в'язкості), зазвичай $k_p=0,15-0,35$.

Після цього вся подальша частина розрахунків (швидкість осадження, час розділення тощо) виконується з урахуванням $\mu_{\text{еф}}$.

7. Визначити продуктивність апарата (вибір формули за типом апарата):

СБЕ (барабанний):

$$Q=qF \approx 0,6D^2 \text{ т/год}$$

де, Q — т/год, D — діаметр, м.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184/Б/ОК31- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 24 / 19

СКВ (колісний):

$$Q = \frac{100qB}{\gamma_{лп}}$$

де q — питома продуктивність (т/год·м), B — ширина ванни (м), $\gamma_{лп}$ — % легкого продукту (у %).

СК (конусний):

$$Q=0,8D^2 \text{ т/год}$$

СЕ (елеваторний):

$$Q_{\text{elev}}=0,06*w*n*z*k*\delta$$

де w — місткість одного ковша (м^3), n — об/хв, z — число ковшів, k — коеф. заповнення, δ — насипна густина ($\text{кг}/\text{м}^3$).

8. Перевести продуктивність у масову витрату:

$$m = 1000 * Q \frac{\text{кг}}{\text{год}}$$

9. Об'ємний потік суспензії

$$V_{\text{суп}} = \frac{m}{\rho_c}$$

10. Швидкість вільного спливання/осідання :

$$V_t = \frac{(p_p - p_c)gd^2}{18\mu_c}$$

де, p_p - густина частинки (таблиця 1),

d — густина частинки, m (таблиця 2).

Якщо $V_t < 0$ — частинка спливає, якщо > 0 — опадає.

11. Час розділення для висоти шару

$$t = \frac{h}{|V_t|}$$

12. Маса обважнювача на 1 м^3 суспензії:

$$V_o=c \cdot 1,0 \text{ м}^3,$$

$$m_o=V_o \cdot \rho_o$$

Варіанти:

№	Обважнювач	ρ_o ($\text{кг}/\text{м}^3$)	ρ_c ($\text{кг}/\text{м}^3$)	Призначене (h), м	Тип апарата
1	Магнетит	5000	1800	0.10	Конусний (СК)
2	Барит	4200	2100	0.06	Барабанний (СБЕ)
3	Феросиліцій	6700	2500	0.05	Колісний (СКВ)
4	Пірит	5000	2300	0.10	Конусний (СК)
5	Гематит	5200	2400	0.06	Барабанний (СБЕ)
6	Магнетит	5000	1600	0.05	Колісний (СКВ)
7	Барит	4200	1900	0.15	Елеваторний (СЕ)
8	Феросиліцій	6700	2700	0.10	Конусний (СК)
9	Магнетит	5000	2000	0.06	Барабанний (СБЕ)
10	Пірит	5000	2200	0.15	Елеваторний (СЕ)
11	Гематит	5200	2600	0.10	Конусний (СК)
12	Барит	4200	1700	0.05	Колісний (СКВ)
13	Феросиліцій	6700	2400	0.06	Барабанний (СБЕ)
14	Магнетит	5000	2500	0.10	Конусний (СК)
15	Пірит	5000	1800	0.15	Елеваторний (СЕ)

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184/Б/ОКЗ1- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 24 / 20

16	Гематит	5200	2000	0.06	Барабанный (СБЕ)
17	Барит	4200	2400	0.10	Конусний (СК)
18	Феросиліцій	6700	2600	0.05	Колісний (СКВ)
19	Магнетит	5000	1900	0.15	Елеваторний (СЕ)

Дані, які потрібні студенту

- Густина води $\rho_v=1000 \text{ кг/м}^3$ (постійна).
- В'язкість води $\mu_0=0,001 \text{ Па}\cdot\text{с}$ (постійна).
- Розміри апарата (обираєте типові, вказуючи який тип моделі і його характеристики, інформація береться з мережі інтернет):
 - для СБЕ (барабан): діаметр D (м), напр. 1,0–1,6 м;
 - для СКВ (колісний): ширина ванни B (м), питома продуктивність q (т/год·м), можливий вихід легкого продукту $\gamma_{\text{лп}}$ (%);
 - для СК (конусний): діаметр D (м);
 - для СЕ (елеватор): w (м³) — місткість одного ковша, n (об/хв), z — число ковшів, k — коеф. заповнення.
- Параметри частинок: густина частинки ρ_p (кг/м³) - це фізична характеристика матеріалу, який подрібнюють:

Таблиця 1

Порода / Матеріал	ρ_p , кг/м ³
Граніт	2600–2700
Вапняк	2500–2600
Кварц	2650
Базальт	2800–3000
Доломіт	2800
Пісок кварцовий	2600
Мармур	2700
Глина суха	1800–2000
Вугілля	1300–1600

5. Діаметр частинки d (мм \rightarrow м):

Це середній діаметр зерна матеріалу, що підлягає подрібненню.

Таблиця 2

Тип подрібнення	Середній діаметр, мм
Крупне дроблення	50–100 мм
Середнє дроблення	10–50 мм
Дрібне дроблення	1–10 мм
Подрібнення (млин)	0,1–1 мм

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184/Б/ОКЗ1- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 24 / 21

ТЕМА 6 «РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ПРОМИВКИ РУДНОЇ СИРОВИНИ ТА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИДАЛЕННЯ ГЛИНИСТИХ ДОМІШОК»

Студент повинен виконати розрахунок параметрів процесу промивки рудної сировини та оцінка ефективності видалення глинистих домішок за заданими вихідними даними.

Хід роботи:

1. Маса глини у вихідній руді:

$$m_g = m_0 * \alpha$$

де, m_g — маса глини у вихідній руді, кг; m_0 — маса вихідного матеріалу, кг; α — вміст глини у руді, частка (наприклад, 12% = 0.12).

2. Маса рудної частини:

$$m_r = m_0 - m_g$$

3. Об'єм рудної частини:

$$V_r = \frac{m_r}{\rho_r}$$

де, m_r — маса рудної частини, кг; ρ_r — густина руди, кг/м³.

4. Гідравлічне навантаження на решітку:

$$q = \frac{Q}{F}$$

де, q — гідравлічне навантаження, м/с; Q — витрата води, м³/с; F — площа промивної решітки, м².

5. Час промивки:

$$t = \frac{V_r}{Q}$$

6. Швидкість осадження частинок (Стокс):

$$v_s = \frac{(p_g - p_w)gd^2}{18\mu}$$

де, v_s — швидкість осадження частинок, м/с; p_g — густина глинистих частинок, кг/м³; p_w — густина води; g — прискорення вільного падіння (9.81 м/с²); d — діаметр частинки, м; μ — динамічна в'язкість води (0.001 Па·с).

7. Коефіцієнт промивки:

$$K_p = \frac{v}{v_s}$$

де, v — середня швидкість руху матеріалу або потоку, м/с;

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184/Б/ОК31- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 24 / 22

8. Ефективність видалення глини:

$$E = 1 - e^{-K_p}$$

де, E— ефективність видалення глини (частка або %); e — число Ейлера (2.718...).

9. Маса видаленої глини:

$$m_{\text{вид}} = m_g * E$$

10. Маса залишкової глини:

$$m_{\text{зал}} = m_g - m_{\text{вид}}$$

11. Потужність насоса:

$$N = \frac{p_w g Q H}{\eta}$$

де, H — висота подачі води, м; η — ККД насоса.

12. Питома витрата води:

$$W = \frac{Q * t}{m_0} * 1000$$

де, W — питома витрата води, м³/т; множник 1000 — перехід із м³/кг у м³/т.

Варіанти:

Варіант	m ₀ (кг)	α ₀ (%)	ρ _r (т/м ³)	ρ _g (т/м ³)	d (мм)	v (м/с)	F (м ²)	η	H (м)	Q (м ³ /с)
1	5000	12	2.70	2.20	3.0	0.80	0.90	0.82	6.0	0.035
2	4200	15	2.65	2.25	2.5	0.75	0.85	0.80	5.0	0.030
3	6000	10	2.80	2.30	3.2	0.92	1.10	0.84	6.5	0.038
4	3500	18	2.60	2.18	2.1	0.67	0.75	0.81	4.5	0.028
5	7200	14	2.70	2.20	3.5	0.85	1.20	0.83	7.0	0.042
6	4800	11	2.75	2.15	2.8	0.78	0.88	0.82	5.8	0.033
7	5500	16	2.68	2.23	3.1	0.87	0.95	0.85	6.2	0.036
8	3900	13	2.72	2.19	2.4	0.70	0.79	0.81	4.8	0.029
9	8100	17	2.77	2.24	3.8	0.93	1.25	0.86	7.5	0.045
10	4600	9	2.65	2.20	2.0	0.74	0.82	0.80	5.3	0.031
11	5300	12	2.70	2.22	3.0	0.82	0.90	0.83	6.0	0.034
12	6800	19	2.78	2.28	3.6	0.96	1.18	0.87	7.2	0.046
13	4100	14	2.60	2.16	2.3	0.73	0.84	0.81	4.6	0.028
14	5700	11	2.75	2.26	3.2	0.89	0.98	0.84	6.4	0.037
15	6950	20	2.80	2.30	3.9	0.95	1.22	0.88	7.6	0.048

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015							Ф-23.05- 05.01/4/184/Б/ОК31- 2022	
	Екземпляр № 1							Арк 24 / 23	

16	3600	17	2.68	2.17	2.6	0.71	0.78	0.80	4.4	0.027
17	5200	15	2.73	2.21	3.0	0.83	0.92	0.82	5.9	0.035
18	7500	13	2.79	2.25	3.4	0.91	1.15	0.86	7.1	0.044
19	4400	10	2.62	2.18	2.7	0.76	0.81	0.81	5.2	0.030
20	6300	18	2.76	2.27	3.3	0.88	1.05	0.85	6.8	0.039

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184/Б/ОК31- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 24 / 24

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Білецький В.С., Олійник Т.А., Смирнов В.О., Скляр Л.В. Техніка та технологія збагачення корисних копалин. Частина II. Основні процеси. Навчальний посібник. — Кривий Ріг : ФОП Чернявський Д. О., 2019. — 211 с.
2. Бондаренко В.І., Медяник В.Ю., Руденко М.К. Вугільна шахта: підручник для ВУЗів Дніпро: РВК НТУ «ДП», 2020. – 360 с.
3. Заєць В. В., Семенюк В. В., Оксенюк Р. Р. Методичні вказівки до практичних робіт із навчальної дисципліни «Технології підземної розробки корисних копалин» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Гірництво» спеціальності 184 «Гірництво» денної та заочної форм навчання. [Електронне видання] Рівне : НУВГП, 2020. — 29 с.
4. Заєць В.В., Чухарєв С.М., Семенюк В.В., Цверчкова М.М., Оксенюк Р.Р. Методичні вказівки. — Рівне: Національний університет водного господарства та природокористування (НУВГП), 2021. — 55 с.
5. І. А. Піскун, В. В. Котенко, Р. М. Ігнатюк, Я. О. Наумов. Технологія та обладнання виробництва щебеню : навчальний посібник.– Електронні дані. – Житомир : «Житомирська політехніка», 2025. – 298 с.
6. Кравець В.Г., Білецький В.С., Смирнов В.О. Техніка і технологія збагачення корисних копалин. Навчальний посібник. — Київ: Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (КПІ ім. Ігоря Сікорського), 2019. — 286 с.