

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства
та природокористування
Навчально-науковий механічний інститут

Кафедра розробки родовищ та видобування корисних
копалин

02-06-88М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних робіт із навчальної дисципліни
«Спеціалізовані технологічні комплекси в гірництві»
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського)
рівня за освітньо-професійними програмами
спеціальності 184 «Гірництво»
денної та заочної форм навчання

Рекомендовано
науково-методичною радою з
якості ННМІ
Протокол № 1 від 09.09.2025 р.

Рівне – 2025

Методичні вказівки до практичних робіт із навчальної дисципліни «Спеціалізовані технологічні комплекси в гірництві» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійними програмами спеціальності 184 «Гірництво» денної та заочної форм навчання [Електронне видання] / Маланчук З. Р., Семенюк В.В., Кучерук М. О., Бортник П. П., Трофимчук Ю. В. – Рівне : НУВГП, 2025. – 34 с.

Укладачі:

Маланчук З. Р., д.т.н., професор кафедри розробки родовищ та видобування корисних копалин;

Семенюк В. В., старший викладач кафедри розробки родовищ та видобування корисних копалин;

Кучерук М. О., старша викладачка кафедри розробки родовищ та видобування корисних копалин;

Бортник П. П., директор ПрАТ «Рафаліваський кар'єр»

Трофимчук Ю. В., асистентка кафедри розробки родовищ та видобування корисних копалин.

Відповідальний за випуск: Корнієнко В. Я., професор, д.т.н., завідувач кафедри розробки родовищ та видобування корисних копалин.

Керівник групи забезпечення спеціальності

Васильчук О. Ю..

© З. Р. Маланчук,
В. В. Семенюк,
М. О. Кучерук,
П. П. Бортник,
Ю. В. Трофимчук, 2025
© НУВГП, 2025

Зміст

ст

Вступ.....	4
Практична робота № 1. Загальні відомості про технологічні комплекси.....	5
Практична робота № 2. Визначення основних технічних параметрів технологічних комплексів при відкритій розробці корисних копалин.....	8
Практична робота № 3. Визначення основних технічних параметрів технологічних комплексів при підземній розробці корисних копалин.....	13
Практична робота № 4. Розрахунок основних параметрів молоткових і роторних дробарок	16
Практична робота № 5. Розрахунок основних параметрів щоклової дробарки зі складним рухом щокло..	18
Практична робота № 6. Визначення продуктивності нафтової та газової платформи на шельфі моря.....	26
Практична робота № 7. Визначення продуктивності збагачувальної фабрики.....	29
Практична робота № 8. Визначення продуктивності грохотів.....	31
Список використаних літературних джерел.....	34

Вступ

Дисципліна «Спеціалізовані технологічні комплекси в гірництві» є однією з ланок для підготовки висококваліфікованих фахівців у гірничій галузі. Вона охоплює глибоке вивчення сучасних інженерних систем та обладнання, що використовуються для ефективного та безпечного видобутку корисних копалин. Світ гірництва неупинно розвивається, і сьогодні ми спостерігаємо перехід до все більш складних, автоматизованих та інтегрованих технологічних рішень.

Цей курс занурить вас у світ інновацій, де ми детально розглянемо принципи роботи, конструктивні особливості та сфери застосування спеціалізованих комплексів, що включають гірничі машини, транспортні системи, обладнання для збагачення та переробки. Особлива увага приділятиметься питанням оптимізації виробничих процесів, підвищенню продуктивності, зниженню енерговитрат та мінімізації впливу на довкілля. Ви навчитесь аналізувати, проектувати та впроваджувати передові технології, що є запорукою успіху в сучасному гірничому виробництві.

При підготовці методичних вказівок за основу взято наукові праці Маланчука З. Р., Корнієнка В. Я., Зайця В. В., Васильчука О. Ю., Жомирука Р. В., Стеця С. Є., Бондаренка А. О., Гавриша В. С., Калька А. Д., Калініченка О. В..

Практична робота № 1

Загальні відомості про технологічні комплекси

Мета роботи: ознайомитися з основними технологічними комплексами в гірництві, навчитися проводити їх аналіз та оцінювати їх можливості у виробничих процесах.

Теоретичні відомості

Технологічний комплекс в гірництві — це сукупність взаємопов'язаних машин, механізмів, будівель, споруд та систем управління, які працюють як єдине ціле для забезпечення повного циклу видобутку, транспортування, переробки корисної копалини та складування відходів. Його основне призначення — максимально ефективно та безпечно перетворити природні ресурси на товарну продукцію.

Основні складові технологічного комплексу

Типовий гірничий комплекс включає в себе такі ключові елементи:

- **Гірничодобувне обладнання:** Машини для руйнування та виїмки гірської породи (екскаватори, комбайни, бурові установки).
- **Транспортна система:** Засоби для переміщення гірської маси (конвеєри, самоскиди, залізничний транспорт).
- **Дробильні та сортувальні установки:** Обладнання для первинної обробки породи.
- **Збагачувальна фабрика:** Підприємство для розділення корисної копалини від порожньої породи.
- **Допоміжні системи:** Вентиляція, електропостачання, водопостачання, системи зв'язку та моніторингу.

Класифікація комплексів

Технологічні комплекси класифікують за різними ознаками:

- **За способом розробки:**
 - **Відкриті** (кар'єри, розрізи) — для видобутку покладів, що залягають неглибоко.
 - **Підземні** (шахти, рудники) — для розробки глибоких покладів.
 - **Гідромеханізовані** — для видобутку за допомогою водяних струменів.
- **За видом корисної копалини:** Вугільні, рудні (залізні, марганцеві), нерудні, родовища будівельних матеріалів тощо.

Практична частина

Завдання 1. Аналіз технологічного процесу

Уявіть, що ви є головним інженером на залізорудному кар'єрі. Гірська порода після підривних робіт виїмається потужними екскаваторами, завантажується у кар'єрні самоскиди, які транспортують її до залізничного вузла. Далі порода доставляється на збагачувальну фабрику.

Ваше завдання:

1. Назвіть основні технологічні процеси, що відбуваються в описаній ситуації, та визначте їх послідовність.
2. Визначте, які з перелічених елементів належать до гірничодобувного обладнання, а які — до транспортної системи.
3. На основі опису, до якого типу за способом розробки належить цей технологічний комплекс? Обґрунтуйте свою відповідь.

Завдання 2. Оптимізація роботи комплексу

На вугільній шахті було виявлено, що продуктивність лави (вибою) значно знижується через затримки при транспортуванні вугілля. Комбайни видобувають вугілля швидше, ніж конвеєрна стрічка може його відвантажити. Це призводить до простоїв дорогого обладнання.

Ваше завдання:

1. Опишіть, як ця проблема впливає на роботу всього технологічного комплексу, враховуючи взаємозв'язок його компонентів.
2. Запропонуйте два можливі технічні рішення для усунення цієї проблеми. Поясніть, як кожне з них вплине на продуктивність.

Завдання 3. Порівняльний аналіз

Порівняйте технологічний комплекс для відкритого видобутку вапняку (на кар'єрі) з технологічним комплексом для підземного видобутку вугілля (на шахті).

Ваше завдання:

1. Складіть таблицю, в якій зазначте ключові відмінності між цими комплексами за такими критеріями:
 - Використовуване основне гірничодобувне обладнання
 - Основні транспортні засоби
 - Наявність або відсутність специфічних допоміжних систем (наприклад, вентиляції)
2. Зробіть короткий висновок про те, як спосіб розробки (відкритий чи підземний) визначає склад і структуру всього технологічного комплексу.

Практична робота № 2

Визначення основних технічних параметрів технологічних комплексів при відкритій розробці корисних копалин

Мета роботи: навчитися визначати основні параметри обладнання технологічних комплексів при відкритій розробці корисних копалин.

Теоретичні відомості

2.1. Розрахунок продуктивності виймального обладнання

Годинна технічна продуктивність одноковшевих екскаваторів:

$$P_{\text{тех}} = \frac{3600E}{T_{\text{ц.р}}} \cdot K_e \cdot K_z, \frac{\text{м}^3}{\text{год}}; \quad (2.1)$$

де E – ємність ковша екскаватора, $E=5 \text{ м}^3$;
 K_e – коефіцієнт екскавації; K_z – коефіцієнт вибою, що враховує вплив допоміжних операцій (0,85-0,9);
 $T_{\text{ц.р}}$ – розрахункова тривалість робочого циклу екскаватора, що залежить від типу розроблюваних порід та кута повороту екскаватора до розвантаження, с;

У свою чергу, $T_{\text{ц.р}}$

$$T_{\text{ц.р}} = t_k + t_n + t_b + t_n, \text{ сек}, \quad (2.2)$$

де t_k - тривалість копання (10 - 20сек)

t_n - тривалість повороту на вивантаження (4 - 6сек)

t_b - тривалість вивантаження (3 - 5сек)

t_n - тривалість повороту в забій (2 - 3сек).

- змінна експлуатаційна продуктивність екскаватора:

$$P_{e.зм} = P_{мех} \cdot T_{зм} \cdot K_{в.з}, \frac{м^3}{змину}, \quad (2.3)$$

де $T_{зм}$ – тривалість зміни (7-8), годин; $K_{в.з}$ – коефіцієнт використання екскаватора в часі (0,75 – 0,85).

Річна продуктивність екскаватора:

$$P_{e.p.}^{K.K.} = P_{e.зм.}^{K.K.} N_{дн.} n_{зм.}, \frac{м^3}{рік} \quad (2.4)$$

Необхідна кількість екскаваторів:

$$N_{K.K.} = \frac{Q_{річ}^{K.K.}}{P_{e.p.}^{K.K.}}, шт. \quad (2.5)$$

$$N_{B.П.} = \frac{Q_{річ}^{B.П.}}{P_{e.p.}^{B.П.}}, шт. \quad (2.6)$$

2.2. Переміщення порід та вантажів автомобільним транспортом

Режим роботи автомашин протягом доби звичайно приймають двозмінний. При цілодобовій роботі кар'єру графік виходу на лінію будують так, щоб одна зміна приділялася для огляду і ремонту машин.

Як правило, число автосамоскидів розраховується для кожного екскаватора окремо. Робочий парк автосамоскидів встановлюється за умови забезпечення безупинної роботи робочого парку екскаваторів при ритмічній подачі порожніх автосамоскидів у вибій.

Модель автосамоскида підбирається відповідно до моделі екскаватора. Підбір здійснюється з умови забезпечення раціонального співвідношення між об'ємом кузова автосамоскида і об'ємом ковша екскаватора

$$n_{ков} = \frac{V_a}{E} = 3 \div 5, шт, \quad (2.7)$$

де V_a - об'єм кузова автосамоскида, $м^3$; E - об'єм ковша

екскаватора, м³.

Час навантаження автосамоскида

$$t_n = \frac{T_{це} \cdot (n_{ц} - 0,5)}{60}, \text{ хв}, \quad (2.8)$$

де $T_{це}$ - тривалість циклу навантаження, с; $n_{ц}$ - кількість циклів екскавації для повного навантаження автосамоскида.

Кількість циклів екскавації для завантаження автосамоскида з умови вантажопідйомності

$$n_{цг} = \frac{q_a \cdot k_p}{E \cdot k_n \cdot \gamma}, \text{ шт}, \quad (2.9)$$

де q_a - вантажопідйомність автосамоскида, т; k_p - коефіцієнт розпушення гірничої маси; k_n - коефіцієнт наповнення ковша екскаватора; γ - густина гірничої маси, т/м³.

Кількість циклів екскавації для завантаження автосамоскида з умови заповнення об'єму кузова

$$n_{цо} = \frac{q_a \cdot k_{зап}}{E \cdot k_n}, \text{ шт}, \quad (2.10)$$

де $k_{зап}$ - коефіцієнт заповнення кузова автосамоскида, $k_{зап}=0,9$. Порівнюються значення отримані за формулами 7.3 та 7.4:

-якщо $n_{цг} < n_{цо}$ то в подальших розрахунках приймається $n_{ц} = n_{цг}$;

-якщо $n_{цг} > n_{цо}$ то в подальших розрахунках приймається $n_{ц} = n_{цо}$. Вага вантажу в кузові автосамоскида становить

$$q = \frac{E \cdot k_{нс}}{k_p} n_{ц} \cdot \gamma, \text{ т}, \quad (2.11)$$

де $k_{нс}$ - коефіцієнт заповнення кузова автосамоскида, $k_{нс}=1,05$.

Виконується перевірка за умовою вантажопідйомності автосамоскида

$$q \leq 1,1 \cdot q_a. \quad (2.12)$$

Якщо умова виконується то розрахунки продовжуються, якщо ні то розрахунки повторюють з

вибором іншого автосамоскида, або зменшують об'єм завантаження гірничої маси.

Час руху автосамоскида у вантажному і порожняковому напрямках

$$t_{\text{рух}} = 60 \frac{2 \cdot L}{v_{\text{ср}}}, \text{хв}, \quad (2.13)$$

де $v_{\text{ср}}$ - середня технічна швидкість руху автосамоскида, залежить від дальності транспортування та висоти підйому гірничої маси, км/год. (Додаток 10); L - відстань транспортування гірничої маси, км. Тривалість транспортного циклу автосамоскида становить

$$T_{\text{цс}} = t_0 + t_{\text{н}} + t_{\text{рух}} + t_{\text{мн}} + t_{\text{мр}} + t_p, \text{хв} \quad (2.14)$$

де t_0 - час очікування навантаження, приймається, $t_0 \approx 0,5 \cdot t_{\text{н}}$, хв.;

$t_{\text{н}}$ - час навантаження автосамоскида, хв.; $t_{\text{мн}}$, $t_{\text{мр}}$ - тривалість операцій маневрування при навантаженні та розвантаженні автосамоскида, хв.; t_p - тривалість розвантаження автосамоскида, хв.

Змінна продуктивність автосамоскида

$$Q_a = 60 \cdot \frac{T_{\text{зм}}}{T_{\text{цс}}} k_{\text{в}} \cdot q, \frac{\text{т}}{\text{год}}, \quad (2.15)$$

де $T_{\text{зм}}$ - тривалість зміни, год.; $k_{\text{в}}$ - коефіцієнт використання автосамоскида за зміну, $k_{\text{в}}=0,8$.

Кількість рейсів автосамоскида за зміну

$$N_{\text{зм}} = 60 \cdot \frac{T_{\text{зм}}}{T_{\text{цс}}}. \quad (2.16)$$

Змінний вантажообіг

$$\Gamma_{\text{зм}} = (\Gamma_{\text{ккзм}} + \Gamma_{\text{рпзм}} \cdot \gamma_p), \frac{\text{т}}{\text{змину}}, \quad (2.17)$$

де $k_{\text{н}}$ - коефіцієнт нерівномірності видобування гірничої маси в кар'єрі, $k_{\text{н}}=1,05$; $\Gamma_{\text{ккзм}}$ - змінна продуктивність кар'єру з видобутку корисних копалин, т/змину; $\Gamma_{\text{рпзм}}$ - змінна продуктивність кар'єру з видобування розкривних порід, м³/змину; γ_p - густина розкривних порід в щільному

тілі, т/м³.

Робочий парк автосамоскидів

$$N_{ap} = \frac{\Gamma_{3M}}{Q_a}, \text{ шт}, \quad (2.18)$$

Інвентарний парк автосамоскидів

$$N_{ain} = \frac{N_{ap}}{k_{тг}}, \text{ шт}, \quad (2.19)$$

де $k_{тг}$ - коефіцієнт технічної готовності автосамоскиду (Додаток 10)

Добовий пробіг автосамоскида (L_0 , км):

$$L_0 = \frac{2 \cdot L \cdot Q_a}{q} \cdot N_3 \cdot k_0, \text{ км}, \quad (2.20)$$

де k_0 - коефіцієнт, який враховує, -пробіг від гаражу до місця роботи та назад, приймається $k_0=0,05$; N_3 - кількість змін роботи автосамоскидів за добу.

Завдання 1. Розрахувати основні параметри продуктивності виймального обладнання згідно вихідних даних, наведених в даній практичній роботі.

Завдання 2. Провести розрахунок до формули (2.7-2.16) включно. Екскаватор ЕКГ-5А, Автосамоскид БелаЗ-7523, $V_a = 21 \text{ м}^3$ - об'єм кузова автосамоскида; $E=5,2 \text{ м}^3$ - об'єм ковша екскаватора, $T_{це}=35 \text{ с.}$ - тривалість циклу навантаження, $q_a = 42 \text{ т}$ - вантажопідйомність автосамоскида; $k_p = 1,7$ - коефіцієнт розпушення гірничої маси; $k_n 0,9$ - коефіцієнт наповнення ковша екскаватора; $\gamma = 1,4 \text{ т/м}^3$ - густина гірничої маси, де $v_{ср} = 20,8 \text{ км/год}$ - середня технічна швидкість руху автосамоскида, залежить від дальності транспортування та висоти підйому гірничої маси, $L=2 \text{ км}$ - відстань транспортування гірничої маси, $t_{мн} = 0,59 \text{ хв}$, $t_{мр} = 0,64 \text{ хв}$ - тривалість операцій маневрування при навантаженні та розвантаженні автосамоскида; $t_p = 0,78 \text{ хв}$ - тривалість розвантаження автосамоскида, $T_{зм} = 8 \text{ год.}$ - тривалість зміни.

Практична робота № 3

Визначення основних технічних параметрів технологічних комплексів при підземній розробці корисних копалин

Мета роботи: навчитися визначати основні параметри обладнання технологічних комплексів при підземній розробці корисних копалин.

Теоретичні відомості

Технічні параметри технологічного комплексу — це кількісні та якісні показники, що характеризують ефективність, продуктивність та безпеку його роботи. Їх визначення є основою для проектування, планування та управління гірничими роботами. Ці параметри дозволяють оцінити, наскільки раціонально використовуються машини, обладнання та трудові ресурси.

Продуктивність очисного вибою ($Q_{оч}$), т/доб: Кількість корисної копалини, видобутої з одного очисного вибою за добу. Це ключовий показник, який залежить від багатьох факторів, зокрема від потужності пласта, швидкості переміщення видобувної машини та кількості змін.

Добове навантаження на очисний вибій (H_d), т/доб: Планована або фактична кількість корисної копалини, яку необхідно отримати з одного вибою за 24 години.

Швидкість просування очисного вибою (V), м/добу: Відстань, на яку просувається фронт очисних робіт за одну добу. Залежить від швидкості роботи видобувної машини та кількості циклів її роботи.

Питома продуктивність комбайна (q_k), т/год: Кількість корисної копалини, що видобувається комбайном за годину чистого часу роботи.

Коефіцієнт використання робочого часу ($K_{\text{вик}}$):
Відношення фактичного часу роботи обладнання до загального робочого часу. Цей параметр показує ефективність організації праці.

Продуктивність очисного вибою:

$$Q_{\text{оч}} = m \cdot l_{\text{в}} \cdot V \cdot \gamma \cdot K_{\text{м}} \quad (3.1)$$

де m — потужність пласта (шару), м; $l_{\text{в}}$ — довжина вибою, м; V — швидкість просування вибою, м/добу;
 γ — щільність корисної копалини, т/м³; $K_{\text{м}}$ — коефіцієнт виймання, що враховує втрати

Завдання 1. Розрахунок продуктивності лави

На шахті "Надія" для видобутку вугілля використовується механізований комплекс, що працює за лавовою схемою.

- Потужність пласта: $m=1.8$ м
- Довжина очисного вибою (лави): $l_{\text{в}}=250$ м
- Швидкість просування вибою: $V=1.5$ м/добу
- Щільність вугілля: $\gamma=1.3$ т/м³
- Коефіцієнт виймання: $K_{\text{вим}}=0.95$

Ваше завдання:

1. Розрахуйте добову продуктивність цієї лави ($Q_{\text{оч}}$) в тоннах.
2. Визначте, скільки потрібно таких лав для досягнення добового плану видобутку шахти у 10000 тонн, якщо всі лави мають однакові параметри.

Завдання 2. Аналіз ефективності роботи комплексу

На одній з ділянок шахти добовий план видобутку становить 2000 тонн. Фактично за добу було видобуто лише

1600 тонн. Загальний час роботи комплексу за добу становив 24 години. Зафіксовано такі простой:

- Ремонт комбайна: 2 години
- Технічне обслуговування: 1 година
- Перевезення матеріалів: 1 година

Ваше завдання:

1. Розрахуйте фактичний коефіцієнт використання робочого часу комплексу.
2. Проаналізуйте, чи є простой основною причиною невиконання плану. Які ще технічні параметри (окрім використання робочого часу) можуть впливати на зниження продуктивності?
3. Запропонуйте одну-дві заходи для збільшення продуктивності на цій ділянці, пов'язані з оптимізацією технічних параметрів.

Завдання 3. Порівняльний аналіз технічних рішень

Порівняйте два технологічні комплекси: один, що використовує **короткобійну систему розробки** (виїмка короткими забоями), і другий — **камерно-стовпову систему** (виїмка з залишенням стовпів).

Ваше завдання:

1. Сформулюйте, як відрізнятимуться їхні ключові технічні параметри (наприклад, продуктивність очисного вибою, швидкість просування, коефіцієнт виймання).
2. На основі аналізу, в яких умовах (геологічні, економічні) доцільніше застосовувати кожен із цих комплексів? Обґрунтуйте свою думку.

Інструкція до виконання: Відповіді оформлюйте у вигляді послідовних розрахунків та розгорнутих пояснень,

які демонструватимуть ваше розуміння взаємозв'язку між технічними параметрами та ефективністю роботи гірничого підприємства.

Практична робота № 4

Розрахунок основних параметрів молоткових і роторних дробарок

Мета роботи: навчитися визначати основні параметри обладнання для переробки та збагачення корисних копалин.

Теоретичні відомості

Продуктивність молоткових і роторних дробарок залежить від діаметру, довжини і швидкості обертання ротора; ваги, форми і кількості молотків; крупності і фізичних властивостей вихідного і дробленого продукту; ступеня подрібнення рівномірності живлення. При виборі молоткових і роторних дробарок в виробництво, прийняту з каталогу, вводять коефіцієнт дроблення.

Розраховуємо коефіцієнт дроблення:

$$k_{\partial p} = \frac{Q}{Q_{em}} = \frac{t_{em}}{t} = \frac{a_{em}}{a}, \quad (4.1)$$

де Q - продуктивність дробарки; Q_{em} - продуктивність при дробленні корисної копалини; t і t_{em} - час який потрібний для подрібнення корисної копалини; a і a_{em} - витрата енергії на подрібнення корисної копалини.

Потужність двигуна прямо пропорційна розмірам і швидкості ротора. Її можна визначити по емпіричній формулі.

$$N_{\text{дв}} = 0,15 \cdot D \cdot L \cdot n, \text{кВт} \quad (4.2)$$

де D і L - діаметр і довжина ротора, м; n - частота обертання ротора, об/хв.

Питому потужність двигуна на 1 т дробу матеріалу визначають:

$$N_{\text{нт}} = \frac{3,65}{K} \cdot (\lg R^{\text{вих}} - \lg R^{\text{кин}}), \text{кВт/т} \quad (4.3)$$

де K - коефіцієнт до подрібнюваності (для вугілля $K=1 \div 1,7$); $R^{\text{вих}}$ і $R^{\text{кин}}$ - концентрація продукту певного класу в матеріалі.

Продуктивність молоткової дробарки при роботі в відкритому циклі:

$$Q = \frac{N_{\text{дв}}}{N_{\text{нт}}}, \text{т/год} \quad (4.4)$$

Задача 1

Молоткова дробарка переробляє 100 т/год вугілля з насипною щільністю 800 кг/м³. Діаметр ротора становить 1 м, ширина ротора – 0.6 м. Розрахуйте об'ємну продуктивність дробарки.

Задача 2

Молоткова дробарка має геометричний коефіцієнт $K_g=0.8$. Діаметр ротора – 0.9 м, ширина – 0.5 м. Обчисліть теоретичну продуктивність (за об'ємом) за формулою $Q_T = K_g \cdot (\pi \cdot D^2 / 4) \cdot B \cdot n$, де n – кількість обертів ротора, $n=600$ об/хв.

Задача 3

Молоткова дробарка має масову продуктивність $Q_m=50$ т/год. Відомо, що ефективність дроблення

становить 80%. Розрахуйте фактичну продуктивність, якщо втрати продуктивності становлять 20%.

Задача 4

Ротор молоткової дробарки обертається зі швидкістю 900 об/хв. При цьому дробарка подрібнює 75 т/год матеріалу. Наскільки зміниться масова продуктивність, якщо швидкість обертання ротора зменшити до 600 об/хв? Вважати, що продуктивність прямо пропорційна швидкості обертання.

Практична робота № 5

Розрахунок основних параметрів шокової дробарки зі складним рухом шоки

Мета роботи: навчитися визначати основні технологічні параметри шокової дробарки зі складним рухом шоки.

5.1. Коротка характеристика шокових дробарок

Шокова дробарка – машина для механічного руйнування шматків твердого матеріалу шляхом роздавлення між двома плоскими поверхнями з метою доведення їх розмірів до необхідної крупності. Застосовують в гірничій промисловості при крупному (1500-350 мм) і середньому (350-100 мм) дробленні міцних та в'язких порід - руд чорних і кольорових металів, вугілля, сланців, нерудних і інших корисних копалин.

Класифікують шокові дробарки:

- за кінематичною схемою приводного механізму розрізняють шокові дробарки: з простим (ЩДП) і складним (ЩДС) рухом пересувної шоки;
- за способом кріплення пересувної шоки - з верхнім і нижнім її підвісом;

- за технологічним призначенням - крупного і середнього дроблення.

Щокова дробарка складається з станини, частиною якої є нерухома щока, вала з підвішеною пересувною щокою, приводного механізму і пристрою для регулювання. Рухома щока шарнірно підвішується до вала і, наперемінно повертаючись навколо своєї осі на невеликий кут, то наближається, то віддаляється відносно нерухомої щоки. При зближенні щок шматки матеріалу, що дробиться, руйнуються, при зворотному (холостому) ході пересувної щоки відбувається розвантаження дробленого продукту. Траєкторія руху точок пересувної щоки являє собою замкнену овалоподібну криву. Складнішу траєкторію руху реалізують щокова дробарка з двома рухомими щоками, при цьому продуктивність зростає вдвічі, спостерігається менший абразивний знос футеровки. Основним методом руйнування шматків в ЩДП є роздавлення, в ЩДС роздавлення і стирання. Щокову дробарку типу ЩДС застосовують для дроблення відносно дрібних малоабразивних руд з підвищеним вмістом глини і вологи, щокова дробарка типу ЩДП - для міцних гірських порід. Для запобігання абразивному зносу дробилки щоки і бічні стінки між ними футеруються змінними плитами з марганцевистої сталі. Щокова дробарка забезпечує ступінь дроблення від 4 до 6. Основні параметри щокової дробарки: кут захоплення (до 24^0), хід пересувної щоки і частота гойдання щоки.

Застосування щокових дробарок найдоцільніше для дроблення глинистого і вологого матеріалу, але вони мало пристосовані для дроблення грудок пластинчастої форми.

Щоківі дробарки установлюють переважно на збагачувальних фабриках невеликої продуктивності.

5.2. Вибір типорозміру дробарки

Головним параметром щоклової дробарки, які визначають її типорозмір є розмір приймального отвору і розмір вихідної щілини ($B \times L \times b$). Ширина приймального отвору повинна забезпечувати вільний прийом кусків максимального розміру:

$$B = \frac{D_{\max}}{0,85}, \text{ м} \quad (5.1)$$

$D_{\max}$ - максимальна крупність породи.

Довжина камери дроблення L знаходиться в залежності від B :

$$L = (1,2 \dots 2,3) \cdot B, \text{ м} \quad (5.2)$$

Ширина в вихідній щілині при використанні стандартних дробильних плит пов'язана з максимальною кількістю кусків в готовому продукті дроблення:

$$b = \frac{d_{\max}}{k_{ok}}, \text{ мм} \quad (5.3)$$

де $d_{\max}$ - максимальна крупність готового продукту;

k_{ok} - коефіцієнт відносної крупності, $k_{ok} = 1,2 \dots 1,9$.

Розмір вихідної щілини складає 20-80 мм для дробарок дрібного дроблення, 40-120 мм для середнього і 100-250 мм для крупного.

5.3. Визначення розмірів механізму дробарки

Розміри основних елементів механізму щоклової дробарки визначаються конструктивно.

Висота камери дроблення:

$$H = \frac{B-b}{\tan \alpha} \quad (5.4)$$

де α – кут захвату; $\alpha = 20^\circ$.

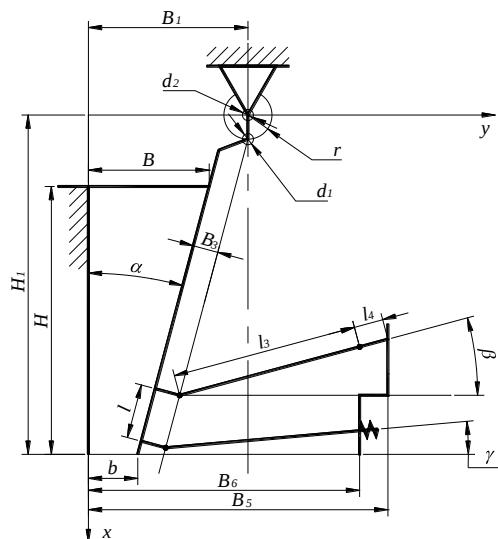


Рисунок 5.1. Схема механізму щоківкової дробарки

Таблиця 5.1
Розміри основних елементів щоківкової дробарки

Параметри	Залежність
B_1	$(1,7 \div 2,1) B = 2 \cdot B$
B_3	$(0,6 \div 0,9) B = 0,8 \cdot B$
B_5	$(2,5 \div 5,0) B = 4 \cdot B$
B_6	$(2,0 \div 3,0) B = 2,5 \cdot B$
H_1	$(2,2 \div 3,5) B = 3 \cdot B$
l	$(0,16 \div 0,32) B = 0,25 \cdot B$
r	$(0,03 \div 0,05) B = 0,04 \cdot B$
l_3	$(0,8 \div 1,4) B = 1 \cdot B$
l_4	$(0,6 \div 1,0) B = 0,8 \cdot B$

d_1	$(0,4 \div 0,7) B=0,5 \cdot B$
d_2	$(0,35 \div 0,65) B=0,5 \cdot B$
α , град	$17 \div 24$
β , град	$20 \div 25$
γ , град	$5 \div 12$
H	

5.4. Визначення маси деталей та вузлів дробарки

Маса основних деталей і складових одиниць дробарки визначається конструктивно. Для попередніх розрахунків скористаємося статистичними даними в залежності від загальної маси дробарки (табл. 5.2). Згідно з каталогами вітчизняних виробників дробарка з заданими характеристиками може мати масу $\approx 120 \dots 150$ т.

Таблиця 5.2

Маса деталей і складових одиниць щокочових дробарок
(в частках від загальної маси дробарки)

Назва деталі	Залежність
1	2
Станина в зборі	$(0,32 \dots 0,4) m_{\text{заг}} = 0,35 \cdot m_{\text{заг}}$
Дробильна плита: рухома нерухома	$(0,035 \dots 0,05) m_{\text{заг}} = 0,04 \cdot m_{\text{заг}}$ $(0,03 \dots 0,05) m_{\text{заг}} = 0,04 \cdot m_{\text{заг}}$
Бокова броня	$(0,01 \dots 0,02) m_{\text{заг}} = 0,015 \cdot m_{\text{заг}}$
Вал привідний (ексцентриковий)	$(0,035 \dots 0,06) m_{\text{заг}} = 0,05 \cdot m_{\text{заг}}$
Вал привідний в	$(0,49 \dots 0,6) m_{\text{заг}} = 0,55 \cdot m_{\text{заг}}$

зборі (зі шківом, маховиком, шатуном і муфтами)	
Щока рухома без дробильної плити	$(0,13...0,2) m_{\text{заг}}=0,15 \cdot m_{\text{заг}}$
Плита розпірна: передня задня	$(0,01...0,016) m_{\text{заг}}=0,014 \cdot m_{\text{заг}}$ $(0,01...0,016) m_{\text{заг}}=0,011 \cdot m_{\text{заг}}$
Шків	$(0,06...0,07) m_{\text{заг}}=0,065 \cdot m_{\text{заг}}$
Маховик	$(0,06...0,08) m_{\text{заг}}=0,07 \cdot m_{\text{заг}}$
Муфта фрикційна	$(0,005...0,007) m_{\text{заг}}=0,006 \cdot m_{\text{заг}}$

5.5. Визначення конструктивних і технологічних параметрів дробарки

Хід рухомої щоки

Оптимальне значення ходу стиснення для щокових дробарок з різною кінематикою визначається експериментально.

Хід рухомої щоки зверху:

$$S_B = (0,06 \dots 0,03)B \quad (5.5)$$

Хід рухомої щоки знизу:

$$S_H = 7 + 0,1b, \text{ мм} \quad (5.6)$$

Середнє значення ходу рухомої щоки:

$$S_{\text{cp}} = \frac{S_B + S_H}{2}, \text{ мм} \quad (5.7)$$

5.6. Число обертів ексцентрикового вала визначається за формулою:

$$n = 0,5 \cdot \kappa_d \cdot \kappa_{ct} \cdot \sqrt{\frac{g \cdot \operatorname{tg} \alpha}{2 \cdot S_H}}, \quad (5.8)$$

де κ_d - коефіцієнт динамічності для спроектованої дробарки, $\kappa_d = 0,8$; κ_{ct} - коефіцієнт, що враховує стиснення падіння матеріалу, що дробиться з камери дробарки, $\kappa_{ct} = 0,9 - 0,95$; α - кут захвату.

Оптимальне число обертів вала повинне відповідати максимальній продуктивності дробарки.

5.7. Продуктивність щоквої дробарки

$$\Pi = \frac{k_k \cdot S_{cp} \cdot L \cdot b \cdot n \cdot (B + b)}{2 \cdot D_{cb} \cdot \operatorname{tg} \alpha}, \quad (5.9)$$

де k_k - коефіцієнт кінематики (для дробарки зі складним рухом щок $k_k = 1$); D_{cb} - середньозважуваний розмір кусків у вихідному матеріалі, $D_{cb} = 0,31B$;

Середньозважуваний розмір дробленого продукту

$$d_{cs} = 0,8b. \quad (5.10)$$

Потужність основного приводу

$$N = \frac{k_{np} \cdot \sigma^2 \cdot \pi \cdot L \cdot n}{0,01224 \cdot E \cdot \eta} \cdot (D_{cs}^2 - d_{cs}^2), \text{ кВт} \quad (5.11)$$

де k_{np} - коефіцієнт пропорційності, що враховує зміни міцності матеріалу зі зміною його розміру, $k_{np} = 0,92$;

σ - тимчасовий опір стиснення матеріалу, що дробиться,

мПа; E - модуль пружності матеріалу, мПа; η - механічний ккд приводу, $\eta = 0,8 - 0,9$.

5.8. Визначення навантаження на елементи дробарки

Силовий розрахунок дробарки зосереджений на визначенні зовнішніх невідомих сил, що діють на ланки механізму, а також сил взаємодії ланок в місцях їх зіткнення, тобто реакцій в кінематичних опорах.

Зусилля, що припадає на дробильну плиту, тобто зусилля дроблення P , визначається за формулою:

$$P = p \cdot F_{\text{дроб}}, \text{ Н} \quad (5.12)$$

де $F_{\text{дроб}}$ – активна площа дробильної плити (робоча поверхня плити без скосів) м^2 , визначається з конструктивної схеми

$$F_{\text{дроб}} = H \cdot L, \text{ м}^2$$

де p – питоме зусилля дроблення, Н/м^2 .

Значення p рекомендується визначати з виразу:

$$p = \frac{\sigma}{300} \cdot \left(1,85 + \frac{0,25}{B}\right) \cdot k_a, \quad (5.13)$$

де, σ – межа міцності (тимчасовий опір стисненню) вихідної гірської породи на стиск, Н/м^2 ; k_a – коефіцієнт, що враховує зміну p залежно від зміни кута захвату дробарки, при $k_a = 20^\circ$, $k_a = 0,915$.

Розрахункове (максимальне) значення зусилля дроблення приймається з урахуванням коефіцієнта запасу на випадок потрапляння тіл, що не дробляться:

$$P_{\text{max}} = k_{\text{зап}} \cdot P, \quad (5.14)$$

де $k_{\text{зап}}$ – коефіцієнт запасу, $k_{\text{зап}} = 1,4 \dots 1,5$ МН.

Рівнодійна сил дроблення для дробарок із складним рухом щоки орієнтовно прикладається в точці, розташованій на відстані $(0,3...0,4) H$ від низу камери дроблення, і спрямована перпендикулярно до бісектриси кута захвату.

Завдання. Розрахувати основні технічні параметри шокової дробарки зі складним рухом щоки відповідно до свого варіанту.

Практична робота № 6

Визначення продуктивності нафтової та газової платформи на шельфі моря

Мета роботи: навчитися розраховувати загальну продуктивність нафтової та газової платформи, враховуючи основні технологічні та експлуатаційні параметри, а також освоїти методи переведення одиниць виміру (барелі, тонни, кубічні метри).

Теоретичні відомості

Продуктивність нафтової платформи ($Q_{пл}$) — це загальна кількість нафти, що видобувається та подається на берег або в танкер за одиницю часу. Вона залежить від низки ключових факторів, а саме:

- **Дебіт свердловини (q_i):** Кількість нафти, що видобувається з однієї свердловини за одиницю часу (зазвичай, за добу).
- **Кількість свердловин (N):** Загальна кількість продуктивних свердловин, що працюють одночасно на платформі.
- **Вміст води (W_c):** Частка води у видобутій рідині, яка виражається у відсотках. Вона віднімається від

загального обсягу, оскільки продуктивність рахується за чистою нафтою.

- **Коефіцієнт експлуатації (Кексп):** Показує частку часу, протягом якої платформа працює без простоїв, викликаних технічним обслуговуванням, ремонтами або погодними умовами.

Формула для розрахунку загальної добової продуктивності нафтової платформи має такий вигляд:

$$Q_{\text{доба}} = \left(\sum_{i=1}^N q_i \right) \cdot (1 - W_c) \cdot K_{\text{експ}}, \quad (6.1)$$

де $Q_{\text{доба}}$ – загальна добова продуктивність платформи, бар./добу, т/добу або м³/добу; q_i – дебіт i -ї свердловини, бар./добу; N – загальна кількість свердловин; W_c – вміст води, у частках одиниці (наприклад, 5% = 0.05); $K_{\text{експ}}$ – коефіцієнт експлуатації, у частках одиниці.

Для переведення одиниць виміру використовують такі співвідношення (залежать від щільності нафти, тому є орієнтовними):

- 1 тонна ($\approx 1.18 \text{ м}^3$) = ≈ 7.5 барелів
- $1 \text{ м}^3 \approx 6.3$ барелів

Продуктивність газової платформи ($Q_{\text{пл}}$) – це загальний об'єм природного газу, що видобувається та транспортується за одиницю часу. На відміну від нафти, газ вимірюється в об'ємних одиницях, таких як кубічні метри, тисячі або мільйони кубічних метрів за добу.

Основні фактори, що впливають на продуктивність:

- **Дебіт свердловини (q_i):** Об'єм газу, що надходить з однієї свердловини за добу. Залежить від пластового тиску, характеристик колектора та стану свердловини.

- **Кількість свердловин (N):** Загальна кількість продуктивних свердловин, що працюють на платформі.
- **Технологічні простой:** Час, витрачений на ремонт, технічне обслуговування або через погодні умови. Враховується за допомогою **коефіцієнта експлуатації (К_{експ})**.
- **Якість газу:** На продуктивність впливає вміст домішок (конденсату, води), які необхідно відокремлювати. Продуктивність завжди розраховується для **товарного (сухого) газу**.

Основна формула для розрахунку загальної добової продуктивності газової платформи:

$$Q_{\text{доба}} = \left(\sum_{i=1}^N q_i \right) \cdot K_{\text{експ}}, \quad (6.2)$$

Для річної продуктивності:

$$Q_{\text{рік}} = Q_{\text{доба}} \cdot 365 \quad (6.3)$$

Завдання 1

Припустимо, що нафтова платформа експлуатує 4 свердловини. Вихідні дані з видобутку нафти та води за добу такі:

1. **Свердловина № 1:** Дебіт – 1500 бар./добу, вміст води – 3%
2. **Свердловина № 2:** Дебіт – 1800 бар./добу, вміст води – 5%
3. **Свердловина № 3:** Дебіт – 1650 бар./добу, вміст води – 6%
4. **Свердловина № 4:** Дебіт – 1400 бар./добу, вміст води – 4%

Коефіцієнт експлуатації платформи становить $K_{\text{експ}}=0.97$.

Необхідно:

1. Розрахувати **сумарну добову продуктивність** платформи у барелях.
2. Перевести отримане значення у **тонни на добу та кубічні метри на добу**.
3. Розрахувати **річну продуктивність** платформи у тоннах.

Завдання 2

Припустимо, що газова платформа на шельфі експлуатує 3 свердловини. Поточний добовий дебіт кожної свердловини становить:

1. **Свердловина №1:** 550 тис. м³/добу
2. **Свердловина №2:** 700 тис. м³/добу
3. **Свердловина №3:** 650 тис. м³/добу

Технічний персонал платформи встановив, що середній коефіцієнт експлуатації за останні 6 місяців становить **0.96**.

Необхідно:

1. Розрахувати **сумарну добову продуктивність** платформи у тисячах кубічних метрів.
2. Перевести отримане значення у **мільйони кубічних метрів на добу**.
3. Розрахувати **річну продуктивність** платформи в мільйонах кубічних метрів.

Практична робота № 7

Визначення продуктивності збагачувальної фабрики

Мета роботи: навчитися розраховувати ключові показники роботи збагачувальної фабрики, такі як вихід концентрату та продуктивність по готовому продукту, на основі даних про склад руди.

Теоретичні відомості

Збагачувальна фабрика – це підприємство, що здійснює первинну переробку корисної копалини (руди) з метою виділення цінного компонента та відокремлення його від пустої породи. Основною мірою ефективності роботи фабрики є її **продуктивність по концентрату**, тобто маса готового продукту, що виробляється за одиницю часу.

Ключові показники та їх залежності:

- **Продуктивність по вихідній сировині ($Q_{\text{вих}}$):** Маса руди, яка надходить на збагачення за одиницю часу (наприклад, т/добу).
- **Вміст корисного компонента (α, β, θ):** Відсоткова частка цінного компонента в різних продуктах збагачення:
 - α – у вихідній руді;
 - β – у готовому продукті (концентраті);
 - θ – у відходах (хвостах).
- **Вихід концентрату (γ):** Відношення маси готового концентрату до маси вихідної руди. Вимірюється у відсотках.

Для розрахунку виходу концентрату використовується **формула матеріального балансу**, що показує співвідношення між вмістом цінного компонента в усіх потоках:

$$\gamma = \frac{\alpha - \theta}{\beta - \theta} \cdot 100\%. \quad (7.1)$$

Продуктивність по готовому продукту ($Q_{\text{конц}}$) розраховується так:

$$Q_{\text{конц}} = Q_{\text{вих}} \cdot \frac{\gamma}{100\%}. \quad (7.2)$$

Маса відходів ($Q_{\text{хв}}$) розраховується як різниця між масою вихідної сировини та масою концентрату:

$$Q_{\text{хв}} = Q_{\text{вих}} - Q_{\text{конц}} \quad (7.3)$$

Завдання

Дано: Збагачувальна фабрика переробляє залізородну сировину з наступними показниками:

- **Продуктивність по руді:** 1500 т/добу
- **Вміст заліза в руді (α):** 30%
- **Вміст заліза в концентраті (β):** 65%
- **Вміст заліза у відходах (θ):** 5%

Необхідно:

1. Розрахувати вихід концентрату (γ) у відсотках.
2. Визначити добову продуктивність фабрики по концентрату ($Q_{\text{конц}}$) у тоннах.
3. Розрахувати добову масу відходів (хвостів) ($Q_{\text{хв}}$) у тоннах.

Практична робота № 8

Визначення продуктивності грохотів

Мета роботи: навчитися розраховувати продуктивність грохотів (гідрофобних та вібраційних), враховуючи основні фактори, що впливають на ефективність просіювання.

Теоретична частина

Грохот — це механізм для сортування (просіювання) сипучих матеріалів за розміром частинок. Він використовується на гірничодобувних підприємствах, у будівельній та інших галузях для поділу матеріалу на фракції.

Продуктивність грохота (Q) — це маса матеріалу, що проходить через сито за одиницю часу. Вона залежить від низки ключових факторів, які враховуються у розрахунках:

- **Продуктивність по вихідній сировині (Q₀):** Маса матеріалу, що подається на грохот, т/год.
- **Площа сита грохота (S):** Розмір робочої поверхні сита, м².
- **Розмір комірок сита (d):** Діаметр або розмір отворів сита.
- **Коефіцієнт ефективності грохочення (η):** Фактичне відношення маси матеріалу, що пройшов через сито, до його початкової маси.

На продуктивність грохота впливають такі основні параметри, які коригуються за допомогою спеціальних коефіцієнтів:

- **Коефіцієнт, що враховує відсотковий вміст фракції, яка повинна пройти через сито (K₁):** Чим більша частка матеріалу, яку потрібно відсіяти, тим вище продуктивність.
- **Коефіцієнт, що враховує вміст частинок, близьких за розміром до розміру комірок сита (K₂):** Наявність таких частинок знижує ефективність просіювання.
- **Коефіцієнт, що враховує форму частинок (K₃):** Плоскі або витягнуті частинки проходять через отвори гірше, ніж округлі.
- **Коефіцієнт, що враховує вміст вологи (K₄):** Висока вологість може призвести до злипання частинок і забивання отворів.

Основними формулами для розрахунку продуктивності є:

$$Q = Q_{y0} \cdot S \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \quad (8.1)$$

де Q_{уд} – теоретична питома продуктивність грохота, що залежить від матеріалу та типу грохота, т/м²·год.

Завдання

Дано:

- Продуктивність по вихідній сировині: $Q_0=100$ т/год.
- Ефективність грохочення: $\eta=85\%$ (або 0.85).
- Вміст дрібної фракції в матеріалі (менше 5 мм): 15%.
- Вміст матеріалу, близького за розміром до комірок сита: 12%.
- Коефіцієнт, що враховує вологість: $K_4=0.9$.
- Коефіцієнт, що враховує форму частинок: $K_3=0.95$.

Необхідно:

1. Розрахувати масу дрібної фракції, що повинна бути відсіяна.
2. Визначити фактичну продуктивність грохота по відсіяній фракції ($Q_{др}$) у тоннах на годину.
3. Розрахувати масу великої фракції ($Q_{вел}$), що залишилася на ситі.

Список використаних літературних джерел

1. Маланчук З. Р., Маланчук Є. З., Корнієнко В. Я. Спеціальні технології видобутку корисних копалин : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2017. 268 с.
2. Геотехнології гірництва [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студентів ВНЗ / З. Р. Маланчук, С. Р. Боблях ; Нац. ун-т вод. госп-ва та природокористування. Рівне : НУВГП, 2013. 200 с. ISBN 978-966-327-229-0.
3. Технології відкритої розробки корисних копалин: навч. посіб./ З. Р. Маланчук, В. С. Гавриш, В. А. Стріха, І. М. Киричик. Рівне : НУВГП, 2013. 285 с. ISBN 978-966-327-350-4.
4. Технологія і керування гідровидобутком корисних копалин : монографія. Маланчук З. Р., Калько А.Д., Маланчук Є. З., Жомирук Р. В., Стець С. Є., Боблях С. Р., Рачковський В. П., Прокопюк О. М. Рівне : НУВГП, 2009. 480 с.
5. Технологія підземної розробки корисних копалин : навч. посіб.[Електронне видання] / А. І. Новак, О. В. Калініченко, В. В. Засєць, О. Ю. Васильчук, В. В. Семенюк. Рівне : НУВГП, 2019. 315 с.
6. Гірничі машини для відкритих гірничих робіт : навч. посіб. / А. О. Бондаренко. Дніпро : ДВНЗ «Національний гірничий університет», 2017. 123 с.
7. <https://gemini.google.com/app?hl=uk>