

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
до виконання курсової роботи з дисципліни
"Підготовчі процеси
при збагаченні корисних копалин"

для студентів спеціальності
184 «Гірництво»
освітньо-професійної програми
"Збагачення корисних копалин"

Запоріжжя 2025

Рекомендовано Науково-методичною радою
ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
(протокол №8 від 27.06.2025 р.)
Обов'язково до розміщення в репозитарії

Укладачі:

К.А. Левченко, канд. техн. наук, доц. (підрозділи 1...3, додаток А Приклад розрахунку курсової роботи);
Н.В. Кушнірук, канд. техн. наук, доц. (підрозділи 4...6);
В.І. Каменець, канд. техн. наук, доц. (підрозділи 7...9);
І.М. Чеберячко, канд. техн. наук, доц. (додатки Б...Т).

Рецензент:

Сахно І.Г. – д-р техн. наук, професор, зав. каф. гірничої справи ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА».

М54 Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни "Підготовчі процеси при збагаченні корисних копалин" для студентів спеціальності 184 «Гірництво» освітньо-професійної програми "Збагачення корисних копалин" / упоряд.: К. А. Левченко, Н. В. Кушнірук, В. І. Каменець, І. М. Чеберячко. Запоріжжя : ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2025. 76 с.

Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни "Підготовчі процеси при збагаченні корисних копалин" призначена для студентів, що здобувають освіту на першому (бакалаврському) рівні освіти і містить методику розрахунку курсової роботи та вимоги, щодо її оформлення, а також приклад розрахунку.

Рекомендовано для здобувачів спеціальності 184 «Гірництво» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, які навчаються за ОПП «Збагачення корисних копалин».

УДК 622.2:622.7(072)

ЗМІСТ

Передмова	5
1. Загальні відомості.....	6
2. Мета та завдання курсової роботи	6
3. Вибір режиму роботи фабрики дроблення	7
4. Визначення загального ступеня дроблення руди	9
5. Визначення схеми дроблення та ступеня дроблення руди за окремими стадіями.....	9
6. Визначення максимальної крупності дроблення за стадіями	11
7. Визначення параметрів дробарки I стадії дроблення.....	11
8. Визначення гранулометричної характеристики дробленого продукту.	14
9. Визначення параметрів дробарки II стадії дроблення.....	17
10. Визначення параметрів дробарки III стадії дроблення та схеми дроблення	21
11. Вимоги щодо змісту та структури курсової роботи	25
12. Етапи виконання та захисту курсової роботи	28
13. Права та обов'язки керівника курсового проєкту, здобувача освіти, комісії з оцінки курсової роботи.....	30
14. Критерії оцінювання курсового проєкту.....	30
15. Порядок оскарження результатів оцінювання курсової роботи	32
16. Застереження щодо академічної доброчесності.....	33
17. Регламенти і процедури виявлення порушень вимог академічної доброчесності та наслідки такого виявлення	37
Додаток А	41
Додаток Б	61
Додаток В	63
Додаток Д	64
Додаток Е	65
Додаток З.....	66
Додаток К.....	67
Додаток Л	68
Додаток М.....	69

Додаток Н	70
Додаток П	71
Додаток Р	72
Додаток С	73
Додаток Т	74
Список джерел інформації	75

Передмова

Дробленням та подрібненням називають процеси зменшення розмірів кусків сировини під дією зовнішніх механічних сил з метою її підготовки (розкриття рудної фази) перед застосування безпосередньо операцій збагачення. Процеси дроблення та подрібнення є одними із найбільш енергоємними. На збагачувальних фабриках на ці операції припадає до 70% загальних капітальних та експлуатаційних витрат, а тому необхідно вміти правильно вибрати устаткування для операцій дроблення, подрібнення та грохочення матеріалу. Якщо устаткування буде вибрано невірно (не буде узгоджена продуктивність дробарок, грохотів, млинів та класифікаторів, або буде мати великий коефіцієнт запасу потужності), це викличе неритмічну роботу фабрики дроблення, збільшення витрат на ці операції та підвищення собівартості продукції.

Студент після засвоєння теоретичного курсу "Підготовчі процеси при збагаченні корисних копалин" повинен вміти свої знання застосувати на практиці, що й ставить за мету дана курсова робота. Студентом самостійно на основі знання про міцність, гранулометричний склад початкового матеріалу, схеми подальшого збагачення та необхідної крупності в кожній стадії виконується вибір та обґрунтування схеми рудопідготовки, розрахунок машин та апаратів, які необхідні використовувати.

1. Загальні відомості

Перед тим, як приступити до виконання розрахунків, студенту необхідно уважно ознайомитися з початковими даними (гранулометричною характеристикою матеріалу, його вологістю, міцністю, вимогами, щодо продуктивності цеху дроблення, крупності продукту дроблення), наведеним методичним матеріалом.

В курсовій роботі студень повинен привести розрахунок схеми дроблення; відповідного устаткування, що буде використовуватися за стадіями дроблення; навести схему ланцюгу апаратів. Приклад розрахунку курсової роботи надано в додатку А. З ним краще ознайомитися після детального опрацювання методичних вказівок.

Вихідні дані для виконання курсової роботи наведені в додатку Б (табл. Б1, Б2).

2. Мета та завдання курсової роботи

Метою курсової роботи є формування у здобувачів комплексних знань та навичок з:

- аналізу окремих технологічних операцій, щодо підготовки корисних копалин до збагачення;
- формування пропозицій, щодо заходів з покращення ефективності окремих операцій;
- проведення техніко-економічного порівняння варіантів з врахуванням запропонованих заходів та аналіз отриманих результатів.

Для досягнення цієї мети необхідно поставити та вирішити наступні **завдання**:

- проаналізувати початкові дані (гранулометричну характеристику живлення, максимальний шматок, крупність подрібненого продукту);
- обрати режим роботи фабрики дроблення, визначитися із кількістю стадій дроблення;
- виконати розрахунок I та II стадії дроблення (вибрати дробарку, розрахувати її продуктивність, необхідність застосування грохочення, визначити гранулометричний склад продукту крупного дроблення);
- виконати розрахунок III стадії дроблення (визначити циркуляційне навантаження за різними схемами дроблення, вибрати декілька дробарок відповідно до схем та розрахувати їх продуктивність, виконати технологічний розрахунок грохотів, виконати порівняльний аналіз);
- зобразити схему ланцюгу апаратів відповідно до схеми;
- представити керівнику у встановлений термін курсову роботу, у якій в логічній послідовності відобразити основні етапи її виконання;

– підготувати презентацію курсової роботи та продемонструвати вміння обґрунтовано і коректно викладати та відстоювати власну позицію перед професійною аудиторією під час захисту.

У результаті виконання курсової роботи здобувач вищої освіти повинен продемонструвати достатній рівень сформованості наступних програмних результатів навчання:

PH1. Здійснювати системний аналіз гірничих систем і технологій.

PH2. Знати термінологію гірництва та вільно спілкуватися фаховою державною та іноземною мовою усно і письмово.

PH3. Відшукувати необхідну інформацію в науковій та довідковій літературі, базах даних, Інтернет та інших джерелах.

PH7. Застосовувати методи математики, фізики, хімії, загальноінженерних наук для розв'язання складних спеціалізованих задач гірництва, розуміти наукові принципи і теорії, на яких базуються відповідні методи, області їх застосування та обмеження.

PH8. Розробляти технологічні операції та процеси гірничих підприємств.

PH10. Застосовувати сучасні методи діагностики стану елементів ланок гірничих систем та технологій у промислових і лабораторних умовах.

PH15. Застосовувати розрахункові методи для визначення технологічних показників, таких як вміст корисних компонентів, виходи продукту, ефективність процесу, вилучення цінного компоненту у продукт.

PH16 Впроваджувати технологічні схеми збагачення корисних копалин, включаючи вибір та розміщення різних типів устаткування, розрахунок масштабів технологічних процесів та оптимізацію послідовності операцій.

3. Вибір режиму роботи фабрики дроблення

Режим роботи фабрики відповідає режиму роботи рудника і залежить від його продуктивності див. табл. 1.

Таблиця 1 – Режим роботи рудника з відкритим способом розробки родовища

Продуктивність за рудою, млн. т на рік	Режим роботи	Число робочих днів на тиждень	Число змін на добу	Розрахункове число робочих днів
менше 3,0	два вихідних на тиждень	5	2 або 3	255
більше 3,0	безперервний	7	3	340

Погодинна продуктивність устаткування крупного дроблення визначається за формулою:

$$Q_z = \frac{Q_p}{n_{pd} \cdot n_3 \cdot t}; \quad (1)$$

де Q_z – продуктивність відділення крупного дроблення, цеху дроблення та збагачувальної фабрики, т/год; Q_p – річна продуктивність рудника за рудою, т/рік; n_{pd} – розрахункове число робочих днів; n_3 – кількість змін на добу ($n = 3$); t – тривалість зміни ($t = 8$), год.

4. Визначення загального ступеня дроблення руди

Загальна ступінь дроблення руди визначається відповідно із крупності початкового та кінцевого матеріалу:

$$i_3 = \frac{D_H}{d_H}; \quad \text{або} \quad i_3 = \frac{D_{\max}}{d_{\max}}; \quad (2)$$

де D_H, d_H – номінальний діаметр (умовний розмір отворів сита, через який проходить 95% матеріалу заданої крупності) початкової та кінцевої крупності матеріалу, мм; D_{\max}, d_{\max} – максимальний діаметр початкової та кінцевої крупності матеріалу, мм.

5. Визначення схеми дроблення та ступеня дроблення руди за окремими стадіями

В залежності від значення загального ступеня дроблення руди встановлюються ступені дроблення за окремими стадіями.

При транспортуванні руди на збагачувальну фабрику залізничним або автомобільним транспортом перша стадія дроблення, як правило, здійснюється у щоконусних або конусних дробарках крупного дроблення. Конвеєрний спосіб доставки руди передбачає крупне дроблення в кар'єрі та подачу руди в дробарки середнього дроблення.

Гранулометричний склад руди, що поставляється на фабрику, залежить від способу розробки корисних копалин.

Необхідно пам'ятати, що дробарки крупного, середнього, дрібного дроблення, які працюють у відкритому циклі за один прийом забезпечують наступні ступені дроблення: дробарки крупного дроблення – до 5 (зазвичай 3...4); дробарки середнього та дрібного дроблення – до 6 (зазвичай 3...5). При роботі в замкнутому циклі із використанням операції грохочення конусні дробарки середнього дроблення забезпечують ступень дроблення до 8...10; дрібного дроблення – до 8.

Двостадійні схеми дроблення застосовуються в основному на рудах підземного видобутку при крупності початкового продукту 250...350 мм.

При переробці руд відкритого видобутку використовується тристадійна схема дроблення ($D_{\max} = 1200$ мм). Чотиристадійні схеми застосовують на фабриках, що переробляють залізисті кварцити підвищеної міцності та руди лещадної будови. Одностадійні схеми крупного дроблення (до 400...300 мм) застосовують при підготовці руди до самоподрібнення.

Операції грохочення є обов'язковими у схемах рудопідготовки, оскільки дозволяють дотримуватись правила — «не дробити нічого

зайвого». При цьому розрізняють операції попереднього та контрольного грохочення.

Операції попереднього грохочення застосовуються для скорочення кількості матеріалу, що надходить у дроблення (за рахунок відсіву дріб'язку), та збільшення рухливості матеріалу у робочій зоні дробарки. Останнє особливо необхідне при дробленні у конусних дробарках середнього та дрібного дроблення, схильних до забивання їх рудним дріб'язком.

У стадії крупного дроблення попереднє грохочення, зазвичай, не застосовується, оскільки це збільшує капітальні витрати. Наявність операції попереднього грохочення у цій стадії виправдано за умови: незначна продуктивність фабрики; низька міцність руди; переробці підлягають вологі руди із підвищеним вмістом глинистих фракцій (>15%) чи за відсутності достатнього запасу продуктивності дробарки, що вибирається за розміром максимального куска.

Попереднє грохочення у другій стадії дроблення застосовується здебільшого, але якщо дробарка середнього дроблення має великий запас продуктивності порівняно з дробаркою дрібного дроблення та забезпечує продуктивність без відсіву дріб'язку, то операція попереднього грохочення може бути відсутньою. Тобто використання попереднього грохочення у другій стадії дроблення вимагає економічного обґрунтування.

У третій стадії дроблення при малих вихідних щілинах (6...7 мм) попереднє грохочення повинне застосовуватися у всіх випадках. Тобто відмова від використання попереднього грохочення у третій стадії дрібного дроблення вимагає економічного обґрунтування.

Перевірочне (контрольне) грохочення застосовують для замикання стадії дроблення з поверненням крупного продукту в ту ж стадію дроблення. Крупність дробленого продукту 10...20 мм, оптимальна як продукт живлення кульових або стержневих млинів, може бути отримана на конусних дробарках дрібного дроблення тільки в замкнутому циклі з грохоченням. Тому, як правило, у останній стадії дроблення використовують перевірочне (контрольне) грохочення.

При виборі тристадійної схеми дроблення загальний ступінь дроблення є добуток часткових ступеней дроблення:

$$i_3 = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3; \quad (3)$$

де i_1, i_2, i_3 – ступінь дроблення відповідної стадії дроблення,

якщо $i_1 = i_2 = i_3$, то $i_{cp} = \sqrt[3]{i_3}$;

де i_{cp} – середня ступінь дроблення для однієї стадії.

При замкнутому циклі дроблення в третій стадії, ступінь дроблення в першій та другій стадіях повинні бути декілька менше i_{cp} (зазвичай $i_1=i_2$), а ступінь дроблення в третій стадії i_3 – більше i_{cp} (i_3 приблизно на 20...30% більше від i_1, i_2).

$$\text{Таким чином } i_1 = i_2 = \sqrt[3]{\frac{i_3}{1,3}}; \quad i_3 = \frac{i_3}{i_1 \cdot i_2}.$$

6. Визначення максимальної крупності дроблення за стадіями

Визначається умовна максимальна крупність дроблення після кожної стадії за виразами:

$$D_{c \max} = d_{k \max} = \frac{D_{k \max}}{i_1}; \quad (4)$$

$$D_{\partial \max} = d_{c \max} = \frac{D_{k \max}}{i_1 \cdot i_2} = \frac{D_{c \max}}{i_2}; \quad (5)$$

$$d_{\partial \max} = \frac{D_{k \max}}{i_1 \cdot i_2 \cdot i_3} = \frac{D_{c \max}}{i_2 \cdot i_3} = \frac{D_{\partial \max}}{i_3}; \quad (6)$$

де $D_{k \max}$, $D_{c \max}$, $D_{m \max}$, $D_{mл \max}$ – максимальна крупність матеріалу, яка подається, відповідно, на першу (крупну), другу (середню), третю (дрібну) стадію дроблення та на подрібнення в млини, мм; $d_{k \max}$, $d_{c \max}$, $d_{m \max}$, – максимальна крупність кінцевого матеріалу, відповідно, після першої (крупної), другої (середньої) та третьої (дрібної) стадії дроблення, мм;

7. Визначення параметрів дробарки I стадії дроблення

В першу чергу визначається ширина завантажувального та розвантажувального отворів дробарки крупного дроблення за виразами:

$$B_k = (1,1 \dots 1,2) D_{k \max}; \quad b_k = \frac{d_{кн}}{z_H}; \quad (7)$$

де B_k – ширина завантажувального отвору дробарки крупного дроблення, мм; $D_{k \max}$ – розмір максимального куска матеріалу в живленні дробарки, мм; b_k – ширина розвантажувального отвору дробарки крупного дроблення, округляється до найближчого числа, яке кратне 10, мм; $d_{кн}$ – номінальна крупність матеріалу після першої стадії дроблення, мм; z_H – коефіцієнт закрупнення матеріалу, який залежить від міцності руди та стадії дроблення і приймається згідно табл. 2, або із типових характеристик дроблення із довідкової літератури.

Таблиця 2 – Значення коефіцієнту закругнення матеріалу за стадіями дроблення (за К.А. Разумовим)

Вид руди	Значення коефіцієнта закругнення z_n			
	дробарки крупного дроблення		конусні дробарки для дроблення	
	щоківі	конусні	середнього	мілкового
М'яка	1,3	1,1	1,3...1,5	1,7...2,0
Середньої міцності	1,5	1,4	1,8...2,0	2,2...2,5
Тверда	1,7	1,6	2,4...2,6	2,7...3,0

Знаючи ширину завантажувального та розвантажувального отворів дробарки крупного дроблення із довідкової літератури, або із додатка В, Д підбирається дробарка, яка відповідає вимогам (в додатках В, Д вказано номінальний розвантажувальний отвір дробарок, який може бути збільшений, або зменшений, відповідно вимог, на $\pm 25\%$).

Продуктивність дробарок уточнюється відповідно виразу

$$Q_k = Q_n \frac{b_k}{b_n} \delta_n \cdot k_k \cdot k_m \cdot k_\delta \cdot k_w; \quad (8)$$

де Q_k – продуктивність дробарки крупного дроблення, т/год; Q_n – паспортна продуктивність дробарки крупного дроблення, м³/год; b_k, b_n – прийнята та паспортна (номінальна) ширина розвантажувального отвору, мм; δ_n – насипна вага руди, т/м³; k_k, k_m, k_δ, k_w – поправочні коефіцієнти, відповідно, на крупність живлення, міцність руди, насипну вагу руди та її вологість, беруться із літератури [1...3].

Поправочні коефіцієнти на крупність живлення, міцність та насипну вагу руди можна обчислити за виразами:

$$k_k = 1 + \left(0,8 - \frac{D_n}{B} \right); \quad k_m = 1 - 0,05 \cdot (f - 14); \quad k_\delta = \frac{\delta_n}{1,6}; \quad (9)$$

де D_n – номінальний діаметр матеріалу, який дробиться, мм; B – ширина завантажувального отвору, мм; f – коефіцієнт міцності руди за Протод'яконовим; δ_n – насипна вага руди, т/м³.

Коефіцієнт завантаження дробарки визначається за виразом:

$$k_3 = \frac{Q_e}{Q_k}; \quad (10)$$

де Q_e – продуктивність відділення крупного дроблення, т/год; Q_k – продуктивність дробарки крупного дроблення, т/год.

Якщо коефіцієнт завантаження дробарки $k_3 > 1$, то необхідно збільшити типорозмір дробарки, або збільшити їх кількість.

При збільшенні кількості дробарок їх коефіцієнт завантаження обчислюється за виразом:

$$k_3 = \frac{Q_e}{nQ_k},$$

де n – кількість дробарок.

При виборі устаткування студент повинен знати, що оптимальне значення коефіцієнта завантаження для дробарок крупного дроблення становить – 0,7; середнього та дрібного дроблення – 0,8; устаткування для збагачувальної фабрики – 0,88...0,95. Допустимо, щоб коефіцієнти завантаження для дробарок відхилялися від оптимального значення на величину $\pm 0,1$.

Якщо коефіцієнт завантаження дробарок менше 0,6 потрібно розглянути варіант установки шокової дробарки, тому що при аналогічній ширині завантажувального та розвантажувального отвору шокові дробарки мають приблизно в два рази меншу продуктивність металосмість та установлену потужність електродвигунів, звідки виходить що вони дешевші.

Якщо коефіцієнт завантаження дробарок близький до 1,0, потрібно проаналізувати гранулометричний склад матеріалу, який підлягає дробленню. При наявності достатньої кількості матеріалу менше b (або $z_H \cdot b$) його виділення за допомогою попереднього грохочення зменшить коефіцієнт завантаження до необхідного значення. Впровадження попереднього грохочення підвищить капітальні витрати на дроблення в першій стадії приблизно на 20...30%, але це дешевше ніж установка двох конусних дробарок з низьким коефіцієнтом завантаження проти конусної дробарки з попереднім грохоченням, або конусної дробарки з низьким коефіцієнт завантаження проти шокової дробарки з попереднім грохоченням. За практичними даними [2] в залежності від міцності руди відношення розмірів отворів решета грохотів та ширини розвантажувального зазору дробарок приблизно дорівнюють: при крупному дробленні – 1,0; при середньому дробленні – 1,0...1,8; при дрібному – 1,7...3.

Якщо студент зупинив свій вибір на варіанті установки шокової дробарки з попереднім грохоченням, то необхідно передбачити:

а) установку проміжного бункера, з якого матеріал буде йти самостійно на колосниковий грохот попереднього грохочення;

б) установку другого проміжного бункера, з якого надрешітний продукт буде транспортуватися пластинчатим живильником до шокової дробарки. Ширина пластинчатого живильника повинна дорівнювати довжині паці шокової дробарки ± 200 мм. Це устаткування необхідно

встановити тому, що щокова дробарка на відмінність від конусної не може працювати під завалом.

При установці колосникових грохотів необхідно пам'ятати, що їх ефективність грохочення складає 60...70%, ширина зазору між колосниками зазвичай не менше – 50 мм, кут нахилу в залежності від типу руди – 30...45° і може бути збільшений на 5...10° в залежності від її вологості. Продуктивність грохоту перевіряють за емпіричною формулою:

$$Q = 2,4 \cdot F \cdot a, \text{ [т/год]}; \quad (11)$$

де Q – продуктивність грохоту, т/год; a – ширина зазору між колосниками, мм; F – площа грохоту, м², яка визначається як:

$$F = B \cdot L;$$

де B – ширина грохоту, м ($B = 3D_{max}$, а при незначній кількості крупних кусків $B = 2D_{max} + 100$, мм); L – довжина грохоту, м (зазвичай $L = 2B$, та практично складає від 3,5 до 6 м).

Розміри колосникового грохоту часто визначаються умовами їх установки.

8. Визначення гранулометричної характеристики дробленого продукту

Після вибору дробарки крупного дроблення та при необхідності допоміжного устаткування (один або два проміжних бункера, пластинчатий живильник та т.і.) студент повинен розрахувати гранулометричний склад матеріалу, який поступає на другу (середню) стадію дроблення.

При обчисленні за основу береться гранулометрична характеристика матеріалу, який поступає на першу стадію дроблення. Вважається, що руда розміром менше ніж розвантажувальний розмір дробарки, проходить через дробарку без зміни своєї крупності та не впливає на гранулометричний склад продукту, який отримується при дробленні класу $+b$. Розглянемо більш детально це питання на прикладі.

Приклад 1. Допустимо, що ми маємо гранулометричну характеристику початкового матеріалу, яка наведена на рис. 1. Нехай нами вибрана дробарка ККД-1200/150 (в залежності від максимального куска початкової руди та продуктивності). Ширина розвантажувального отвору дробарки складає $b = 180$ мм, яка розрахована відповідно необхідного ступеня дроблення та коефіцієнта закругнення. Коефіцієнт завантаження дробарки 0,73, а тому весь матеріал проходить через дробарку. За міцністю матеріал відповідає твердим рудам.

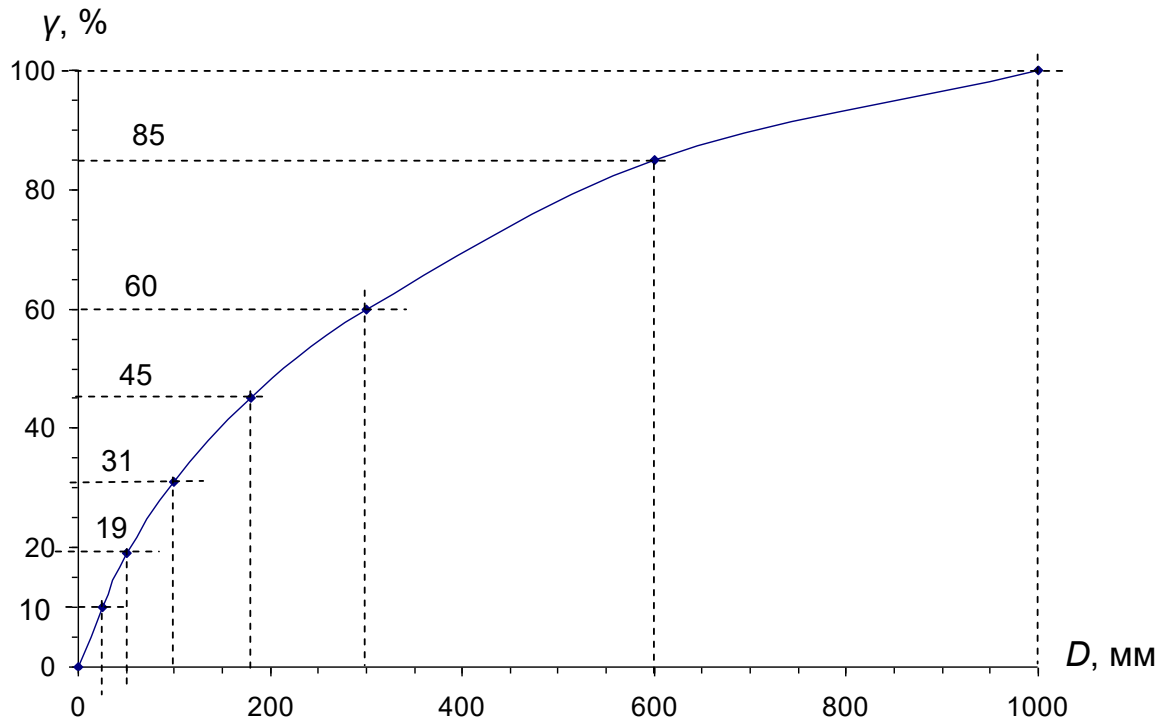


Рисунок 1 – Сумарна гранулометрична характеристика крупності початкової руди

Для розрахунку гранулометричного складу матеріалу після першої стадії дроблення необхідно:

а) – розбити початкову криву гранулометричного складу на вузькі класи крупності, таким чином, щоб обов'язково однією із границь у нас була ширина розвантажувального отвору, зокрема 180 мм та визначити вихід вузьких класів крупності;

б) – визначити за типовою характеристикою склад продукту, який отримуємо при дробленні матеріалу +b;

в) – розрахувати гранулометричний склад матеріалу, який буде отримано після крупного дроблення.

Для наочності всі результати розрахунків зводимо в табл. 3.

Таблиця 3 – Результати розрахунку гранулометричної характеристики матеріалу після крупного дроблення

Клас крупності, $-D_i + d_i$ мм	Сумарний вихід класу за “-”, $\sum \gamma_i^D$, %	Вихід вузьких класів початкового матеріалу, γ_i %,	Вихід класів, згідно типової характеристики дробленого матеріалу, γ_i^T , %	Перерахована типова характеристика γ_i^{Π} , %;	Вихід класів продукту дроблення, γ_i %	Сумарний вихід класів продукту дроблення, $\sum \gamma_i^D$, %
1	2	3	4	5	6	7
-1000 +600	100	15	-	-	-	
-600 +300	85	25	3	1,7	1,7	100,0
-300 +180	60	15	27	14,8	14,8	98,3
-180 +100	45	15	25	13,7	28,7	83,5
-100 + 50	31	11	25	13,8	24,8	55,8
- 50 + 25	19	9	10	5,5	14,5	30,0
- 25 + 0	10	10	10	5,5	15,5	15,5
всього		100	100	55,0	100,0	

В першому стовпці табл. 3 наведені вузькі класи крупності, в другому – сумарну характеристику продукту живлення дробарки за “мінусом”, в третьому – вихід вузьких класів крупності.

Як бачимо із нашої гранулометричної характеристики, зокрема 45% матеріалу пройдуть дробарку без зміни своєї крупності (вони за розміром менше ніж розвантажувальний зазор, тобто 180 мм). При дробленні матеріалу +b (+180 мм) ми отримуємо продукт, гранулометричний склад якого можливо визначити за типовими характеристиками, які наведені в довідковій літературі для руди різної міцності [1–3], а також в додатках П...Т.

При зображенні типових характеристик на осі абсцис відкладають відносну, тобто безрозмірну крупність зерен z , яка дорівнює відношенню розміру зерна до ширини розвантажувального зазору дробарки ($z=D/b$), а по осі ординат вихід зерен. Графіки складені для умов, коли в дробарку поступає матеріал, який не містить зерен за розміром менше ширини розвантажувального зазору дробарки. Таким чином, на основі типових характеристик в табл. 3 в четвертому стовпці записано гранулометричний склад матеріалу після дроблення класу +b.

Як показує гранулометрична характеристика (рис. 1) дробленню підлягає 55% матеріалу, а тому необхідно типову характеристику перерахувати на цю кількість матеріалу (див табл. 3 стовпчик 5).

Але класи: -180 +100; -100 +50; -50 +25 та -25 мм пройшли дробарку без зміни своєї крупності, а тому щоб отримати остаточну характеристику дробленого продукту потрібно виходити цих класів скласти з відповідними класами, які отримали після дроблення матеріалу +b (табл. 3 стовпчик 6).

При побудові гранулометричної характеристики матеріалу після крупного дроблення необхідно пам’ятати, що хоча й показано вихід класу

–600 +300 мм – 1,7%, але умовна верхня границя цього класу згідно типової характеристики не 600 мм, а $d_{max} = 360$ мм (див. рис. 2). Величина $d_{max} = 360$ мм взята із типової характеристики продукту дроблення, або користуючись виразом: $d_{max} = b \cdot z = 180 \cdot 2 = 360$, мм, де b – ширина розвантажувального отвору, мм; z – коефіцієнт закругнення.

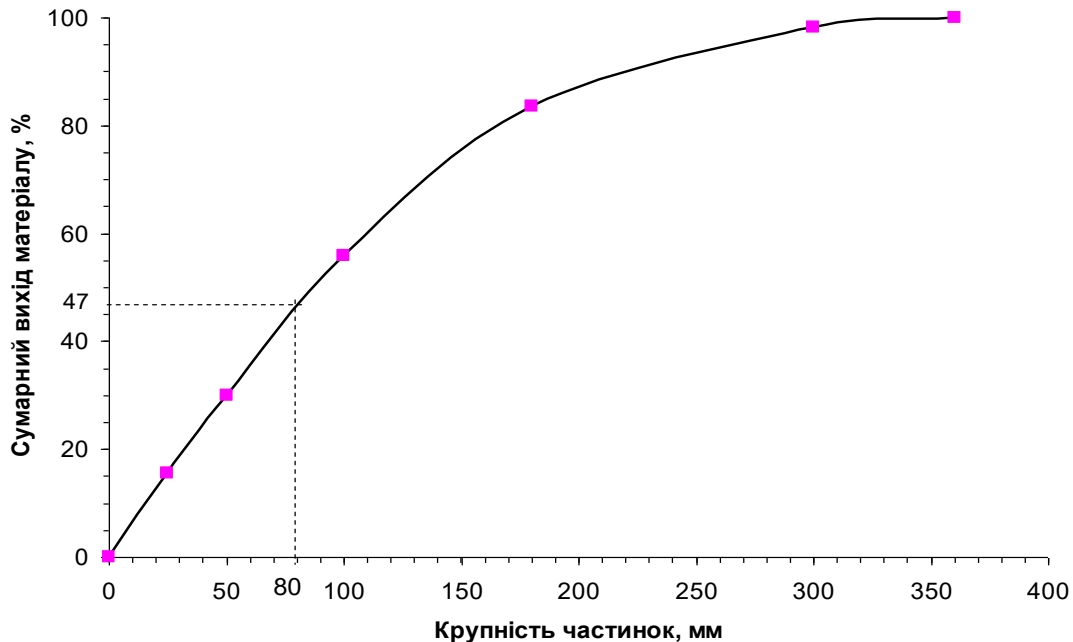


Рисунок 2 – Сумарна гранулометрична характеристика крупності руди після крупного дроблення

Після визначення типорозміри дробарки крупного дроблення, ширини завантажувального, розвантажувального отвору, гранулометричної характеристики крупності дробленого матеріалу перераховується ступінь дроблення за першою стадією.

9. Визначення параметрів дробарки II стадії дроблення

Для другої стадії дроблення дробарка також вибирається відповідно максимального куска руди та ширини розвантажувального зазору. Необхідно звернути увагу, що при визначенні ширини розвантажувального отвору z_H має інше значення.

Продуктивність дробарок розраховується відповідно виразу:

$$Q_k = Q_H \cdot \delta_H \cdot k_k \cdot k_M \cdot k_\delta \cdot k_w;$$

але в даному випадку Q_H – продуктивність дробарки (т/год) визначається методом інтерполяції. Тому що в літературі [1, 3] та в додатку Е приведена продуктивність дробарок лише для граничних значень розвантажувального зазору.

Метод інтерполяції полягає в наступному: на графіку на осі абсцис відкладають розмір розвантажувального отвору дробарки, а на осі ординат продуктивність. Наносять дві граничні точки та сполучаються їх прямою лінією; відкладають на осі абсцис необхідний розмір розвантажувального отвору дробарки та ведуть перпендикуляр до перетину з прямою лінією; точка перетину буде відповідати продуктивності дробарки при даному розміру розвантажувального отвору.

При наявності достатньої кількості матеріалу менше b (або $z_n \cdot b$) його виділення з допомогою попереднього грохочення зменшить навантаження на дробарку.

В другій стадії дроблення попереднє грохочення передбачається в більшості випадків. Якщо дробарка середнього дроблення має великий запас продуктивності порівняно з дробаркою дрібного дроблення та забезпечує продуктивність без відсіву дріб'язку, то попереднє грохочення не передбачається. На більшості фабрик з попереднім грохоченням в другій стадії дроблення використовують інерційні двохситні грохоти, де виділяються продукти, які направляються: на середнє дроблення (надрешітний продукт), дрібне дроблення (проміжний продукт) та готовий за крупністю клас. Технічна характеристика інерційних грохотів наведена в літературі [1–4] та в додатку К.

Продуктивність інерційних грохотів відносно початкового матеріалу визначається за виразом:

$$Q = F \cdot q \cdot \delta_n \cdot k \cdot l \cdot m \cdot n \cdot o \cdot p; \quad (12)$$

де Q – продуктивність грохоту, т/год; q – питома середня продуктивність поверхні решета (табл. 4), $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$; F – робоча площа сита, м^2 ; δ_n – насипна вага матеріалу, який підлягає грохоченню, $\text{т}/\text{м}^3$; k, l, n, o, m, p – поправочні коефіцієнти, які залежать від гранулометричного складу, форми зерен, вологості матеріалу, ефективності грохочення та виду грохочення, знаходяться з довідкової літератури або з додатку Л.

Таблиця 4 –Середня продуктивність інерційних та вібраційних грохотів

Розмір отвору сита, мм	10	13	16	20	25	30	40	50	60	70	80	100	150
Середня продуктивність q , $\text{м}^3/\text{год}$	19	22	24,5	28	31	33,5	37	42	46	50	55	63	90

Зазвичай ефективність грохочення приймають в межах 80...95%. При виборі розміру отворів решета необхідно звірити його зі стандартним рядом розмірів (додаток М), а питому середню продуктивність при необхідності визначають інтерполяційним методом.

Розрахунок гранулометричного складу продукту середнього дроблення виконується аналогічно крупного дроблення. Але якщо використовується попереднє грохочення на решеті з розміром отворів від b_{II} , до $z_H \cdot b_{II}$ то необхідно враховувати частину матеріалу, яка проходить через грохочення та виділяється в надрешітний продукт, хоча й має розмір $- b_{II} \dots - z_H \cdot b_{II}$.

Розглянемо приклад 2. Допустимо, що ми маємо гранулометричну характеристику початкового матеріалу, яка наведена на рис. 2. Нехай вибрана дробарка КСД-3000 Гр (в залежності від максимального куска початкової руди та продуктивності). Ширина розвантажувального отвору $b = 45$ мм, яка розрахована відповідно необхідного ступеня дроблення та коефіцієнта закрупнення ($z_H = 2,5$). Коефіцієнт завантаження дробарки $k_3 = 1,2$. Введення операції попереднього грохочення дозволить знизити коефіцієнт завантаження дробарки до необхідного значення (0,8). Для цього необхідно виділити понад 40% матеріалу готової крупності, а більш точно:

$$\gamma_n = \frac{k_3^o - k_3^H}{\eta} \cdot 100\% = \frac{1,2 - 0,8}{0,85} \cdot 100\% = 47\%;$$

де γ_n – кількість підрешітного матеріалу, яку необхідно відсіяти, %;
 k_3^o, k_3^H – отриманий та необхідний коефіцієнт завантаження дробарки;
 η – ефективність грохочення (прийнята $\eta = 85\%$).

Для визначення необхідного розміру отвору решета на графіку сумарної характеристики матеріалу після крупного дроблення з точки ($\gamma_n = 47,0\%$) проводимо лінію паралельно осі абсцис до перетину з графіком. З точки перетину опускаємо перпендикуляр до осі абсцис, на якій отримуємо необхідний розмір отворів решета. Вданому випадку це $d = 80$ мм (див. рис. 2).

Для розрахунку гранулометричного складу матеріалу після другої стадії дроблення з попереднім грохоченням необхідно:

а) – розбити початкову криву гранулометричного складу на вузькі класи крупності, таким чином, щоб обов'язково однією із границь у нас була ширина розвантажувального отвору (45 мм), другою – розмір отвору решета (80 мм) та визначити вихід вузьких класів, див табл. 5 (стовпці 1, 2);

б) – визначити гранулометричний склад надрешітного продукту, який буде направлятися на дроблення;

в) – визначити за типовою характеристикою склад продукту, який отримуємо при дробленні матеріалу +b;

г) – розрахувати гранулометричний склад матеріалу, який буде отримано після середнього дроблення.

Як і в попередньому випадку всі результати розрахунків зведемо в табл. 5.

Для визначення приблизного складу підрешітного продукту (табл. 5 колонка 3) необхідно вихід вузьких класів (розмір яких менше розміру отворів решета) перемножити на ефективність грохочення:

$$\gamma_n^{-d} = \gamma^{-d} \cdot \eta.$$

Тоді вихід вузьких класів надрешітного продукту (табл. 5 стовпчик 4) буде:

$$\gamma_H^{-d} = \gamma - \gamma_n^{-d}.$$

Із всієї кількості надрешітного продукту дробленню буде підлягати клас + 45 мм (тобто 56,0% матеріалу), а клас – 45 мм пройде дробарку без зміни своєї крупності. А значить типову характеристику, яка отримана із довідкової літератури [1] (табл. 5 стовпчик 5) необхідно перерахувати на цю кількість матеріалу (табл. 5 стовпчик 6).

Таким чином, характеристика продукту після середнього дроблення буде складатися із підрешітного матеріалу, матеріалу – *b*, який проходить дробарку без зміни своєї крупності, та із перерахованої типової характеристики (табл. 5 стовпчик 7):

$$\gamma_c = \gamma_n + \gamma^{-b} + \gamma_{nm}.$$

Таблиця 5 – Результати розрахунку гранулометричної характеристики матеріалу після середнього дроблення з попереднім грохоченням

Клас крупності, $-D_i + d_i$, мм	Вихід вузьких класів крупності, γ_i , %	Склад підрешітного продукту, γ_{ni} , %	Склад надрешітного продукту, γ_{Hi} , %	Типова характеристика, γ_i^T , %	Перерахована типова характеристика, γ_i^{Π} , %	Характеристика продукту дроблення, γ_i , %
1	2	3	4	5	6	7
–360 +150	25,0	–	25,0	–		-
–150 + 80	28,0	–	28,0	15	8,4	8,4
– 80 + 45	20,0	17,0	3,0	35	19,6	36,6
– 45 + 20	15,0	12,8	2,2	34	19,0	34,0
– 20 + 10	7,0	6,0	1,0	9	5,1	12,1
– 10 + 0	5,0	4,2	0,8	7	3,9	8,9
всього	100,0	40,0	60,0	100,0	56,0	100,0

Сумарна гранулометрична характеристика матеріалу після середнього дроблення наведена на рис. 3. При побудові характеристики крупності пам'ятаємо, що максимальний розмір частинки в дробленому матеріалі складатиме:

$$d_{max} = b \cdot z_H = 45 \cdot 2,5 = 112,5, \text{ мм.}$$

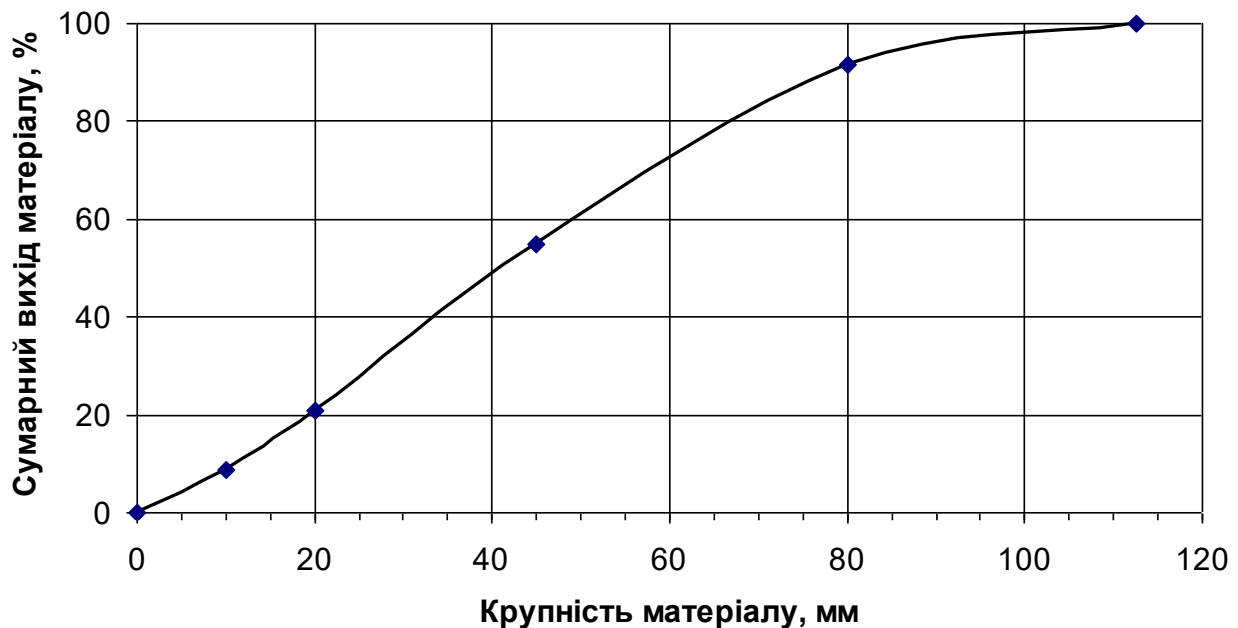


Рисунок 3 – Сумарна гранулометрична характеристика руди після середнього дроблення

10. Визначення параметрів дробарки III стадії дроблення та схеми дроблення

В третій стадії дроблення при малих розвантажувальних зазорах (5...8 мм) операція попереднього грохочення передбачається завжди. Для стабілізації гранулометричної характеристики дробленого матеріалу дробарки, як правило, працюють в замкнутому циклі (рис. 4).

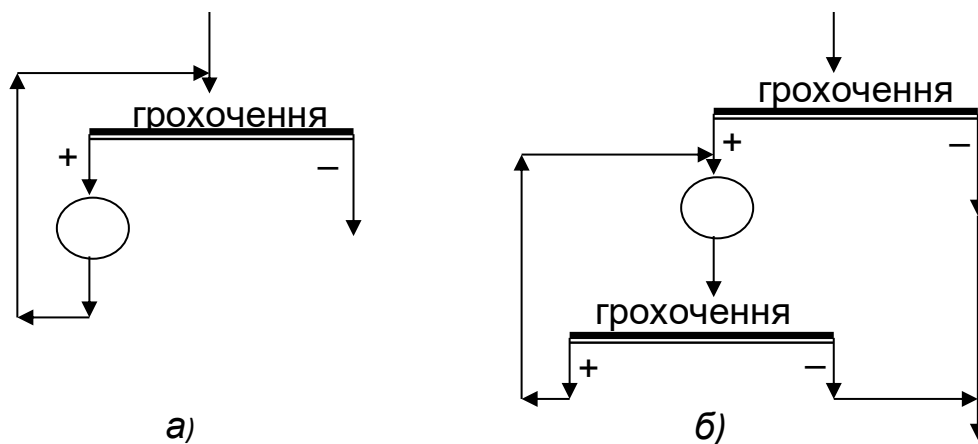


Рисунок 4 – Типові схеми роботи дробарок в замкнутому циклі з попереднім грохоченням

На рис. 4а показано схему роботи дробарки в замкнутому циклі, коли операції попереднього та контрольного грохочення об'єднані. В цьому випадку величина навантаження в операції грохочення сягає більше 140% (зазвичай 160...190) в залежності від кількості готового продукту в живленні та ширини розвантажувального зазору дробарки. Ця схема дроблення має переваги над схемою 4б та приймається в тому випадку, коли можливо підібрати грохот за продуктивністю.

Для визначення навантаження на грохот і дробарку користуються методом ітерації. За початкові дані беруть гранулометричний склад матеріалу після середнього дроблення, задаються ефективністю грохочення та розраховують необхідну ширину розвантажувального отвору дробарки, яку в схемах дроблення з замкнутим циклом можливо збільшити на 20...50%.

Розглянемо приклад 3. Допустимо, що ми маємо гранулометричну характеристику матеріалу після середнього дроблення, яка наведена на рис. 3 (пам'ятаємо, що $D_{c\ max}=115$ мм). Крупність матеріалу, який направляється в млини, складає –20 мм. Отримати такий матеріал можливо лише в замкненому циклі. Якщо ширина розвантажувального отвору дробарки мілкового дроблення буде складати згідно (7)

$b_m = \frac{20}{3} = 6,7$ мм ($z_n=3,0$), можливо отримання після мілкового дроблення 95% матеріалу менше 20 мм. Відомо, що робота дробарок дрібного дроблення при малих розвантажувальних отворах дуже ускладнена.

При використанні замкненого циклу можливо збільшити розмір розвантажувального отвору на 50%, що буде складати $b_m=10$ мм. В цьому випадку вихід матеріалу менше 20 мм становить 85% (згідно типової кривої [1]).

Розрахуємо навантаження, яке буде отримувати грохот при застосуванні схеми 4а (тобто необхідно знайти циркулююче навантаження γ_3 та γ_2 див. рис. 5). Ефективність роботи операції грохочення приймемо – 85%.

Всі розрахунки, які ведуться ітераційним методом зводяться в табл. 6. При розрахунку першої ітерації приймають циркуляційне навантаження рівне нулю. В цьому випадку

$$\gamma_2 = \gamma_1; \quad \beta_1^{-20} = \beta_2^{-20}$$

де γ_1, γ_2 – вихід відповідних продуктів, %; $\beta_1^{-20}, \beta_2^{-20}$ – вміст розрахункового класу у відповідних продуктах розподілу, % (β_1^{-20} для першої ітерації знаходять із характеристики крупності матеріалу після середнього дроблення, рис. 3, $\beta_1^{-20}=21,0\%$).

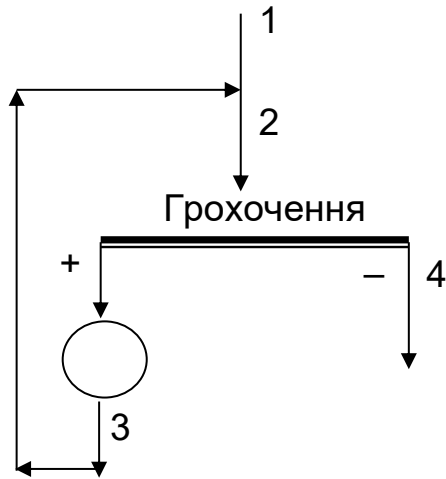


Рисунок 5 – Схема замкнутого циклу дрібного дроблення з позначенням продуктів

При ефективності грохочення 85% вихід готового за крупністю класу, тобто продукту 4, буде складати:

$$\gamma_4 = \gamma_2 \cdot \beta_2^{-20} \cdot \eta;$$

$$(\gamma_4 = 100 \cdot \frac{21,0}{100} \cdot 0,85 = 17,85 \%).$$

Тоді із рівняння балансу маси продукту:

$$\gamma_3 = \gamma_2 - \gamma_4;$$

$$(\gamma_3 = 100 - 17,85 = 82,15 \%).$$

В третьому продукту із сказаного вище слідує, що $\beta_3^{-20} = 85\%$ (згідно типової характеристики [1]).

Таблиця 6 – Результати обчислень схеми замкнутого циклу

Показники продукту, %	Номер ітерації							
	1	2	3	4	5	6	7	8
γ_2	100	182,15	204,96	211,47	213,08	213,54	213,66	213,68
β_2^{-20}	21,0	49,86	53,77	54,74	54,96	55,03	55,05	55,05
γ_3	82,15	104,96	111,47	113,08	113,54	113,66	113,68	113,69
γ_4	17,85	77,19	93,49	98,39	99,54	99,88	99,97	99,99

Для другої ітерації згідно основних балансових рівнянь:

$$\begin{cases} \gamma_2 = \gamma_1 + \gamma_3 \\ \gamma_2 \cdot \beta_2^{-20} = \gamma_1 \cdot \beta_1^{-20} + \gamma_3 \cdot \beta_3^{-20} \end{cases}$$

Звідки: $\gamma_2 = \gamma_1 + \gamma_3 = 100 + 82,15 = 182,15\%$

$$\beta_2^{-20} = \frac{\gamma_1 \cdot \beta_1^{-20} + \gamma_3 \cdot \beta_3^{-20}}{\gamma_2} = \frac{100 \cdot 21 + 82,15 \cdot 85}{182,15} = 49,86\%$$

В цьому разі вихід готового за крупністю класу буде складати:

$$\gamma_4 = \gamma_2 \cdot \beta_2^{-20} \cdot \eta; \quad (\gamma_4 = 182,15 \cdot \frac{49,86}{100} \cdot 0,85 = 77,19\%).$$

Розрахунок повторяємо декілька разів, поки значення виходу четвертого продукту не буде відрізняться від 100% на 0,01%. Як видно із табл. 6 для цього нам необхідно було зробити вісім ітерацій. Отримані показники виходів можливо округлити до десятих і в цьому випадку ми отримуємо: $\gamma_2 = 213,7\%$; $\gamma_3 = 113,7\%$; $\gamma_4 = 100,0\%$; $\beta_2^{-20} = 55,1\%$.

Знаючи циркуляційне навантаження в стадії дрібного дроблення, розраховуємо навантаження на грохот та дробарку:

$$Q_{гр} = \frac{\gamma_2}{100} \cdot Q_2; \quad Q_{мд} = \frac{\gamma_3}{100} \cdot Q_2;$$

де $Q_{гр}$, $Q_{мд}$, Q_2 – відповідно навантаження на грохот, дробарку дрібного дроблення та відділення дроблення; т/год.

Спочатку вибирають та розраховують продуктивність дробарки дрібного дроблення (при виборі кількості дробарок необхідно пам'ятати, що вона повинна бути кратна кількості дробарок середнього дроблення), а потім розраховують грохот.

Якщо неможливо підібрати за продуктивністю грохот для даної схеми то приймають схему зображену на рис. 4б, де контрольне та перевірочне грохочення розділене між собою. Циркуляційне навантаження на дробарку перераховують аналогічним чином.

Технічна характеристика конусних дробарок дрібного дроблення наведена в літературі [1–4], або в додатку 3.

Після вибору студентом схеми дроблення за кожною із стадій на окремому листі зображається загальна схема дроблення та таблиця вибраного устаткування. На загальній схемі дроблення вказують тип

дробарок, грохотів та їх кількість, в таблиці окрім цих даних додатково для дробарок – їх продуктивність, ширину завантажувального і розвантажувального зазорів; коефіцієнт використання устаткування; вага дробарки та потужність електродвигуна, для грохотів – їх продуктивність, тип решета (сита), його розмір, розмір отворів сита та потужність електродвигуна.

11. Вимоги щодо змісту та структури курсової роботи

Курсова робота повинна мати чітку структуру, яка відповідає меті та поставленим завданням. Повинна містити необхідні розрахунки, таблиці, діаграми, графіки, креслення, рисунки, схеми.

За своєю структурою курсова робота складається з:

- Титульного аркуша;
- Завдання;
- Змісту;
- Розрахункова частина;
- Схема ланцюгу апаратів;
- Списку джерел інформації;
- Додатків (при необхідності).

Зміст структурних елементів звіту:

Титульний аркуш курсової роботи оформляється за зразком, наведеним у Додатку Н.

Завдання містить інформацію, щодо початкових даних для розрахунку курсової роботи (оформляється згідно додатку А, стр. 25).

Зміст містить найменування та номери початкових сторінок усіх розділів, підрозділів та пунктів, списку використаних джерел та додатків.

Курсова робота має містити таблиці, графіки, рисунки та схемами. Текст набирається на стандартних аркушах паперу А4 (297x210 мм).

Зміст і структура курсової роботи, її оформлення мають відповідати Академічним політикам Університету, діючим нормам і правилам наступних нормативних документів:

- ДСТУ ГОСТ 2.001:2006 Єдина система конструкторської документації. Загальні положення (ГОСТ 2.001-93, IDT);
- ДСТУ ГОСТ 2.051:2006 Єдина система конструкторської документації. Електронні документи. Загальні положення (ГОСТ 2.051-2006, IDT);
- ДСТУ 8302:2015 Інформація та документація. Бібліографічне посилання.

Текст роботи має бути набраний на одному боці аркуша.

Шрифт Arial, 14 кегль, інтервал – 1,5; береги: верхній, нижній – 2 см, правий – 1,5 см; лівий – 3 см, абзацний виступ – 1,25 см.

Заголовки структурних елементів курсової роботи та заголовки розділів слід розташовувати посередині рядка і друкувати великими літерами без крапки в кінці, не підкреслюючи.

Заголовки підрозділів слід починати з абзацного відступу і друкувати маленькими літерами, крім першої великої, не підкреслюючи, без крапки в кінці. Абзацний відступ повинен бути однаковим упродовж усього тексту звіту і дорівнювати 1,25 см. Якщо заголовок складається з двох і більше речень, їх розділяють крапкою. Перенесення слів у заголовку не допускається.

Відстань між заголовком і подальшим чи попереднім текстом складає один рядок. Не допускається розміщувати назву розділу, підрозділу в нижній частині сторінки, якщо після неї розміщено тільки один рядок тексту.

Сторінки курсової роботи слід нумерувати арабськими цифрами, додержуючись наскрізної нумерації впродовж усього тексту. Номер сторінки проставляють у правому верхньому куті сторінки без крапки в кінці.

Титульний аркуш та зміст включають до загальної нумерації сторінок роботи, але номер сторінки не проставляють.

Ілюстрації і таблиці, розміщені на окремих сторінках, включають до загальної нумерації сторінок. Розділи та підрозділи курсової роботи слід нумерувати арабськими цифрами. Розділи повинні мати порядкову нумерацію в межах викладання суті і позначатись арабськими цифрами без крапки.

Підрозділи повинні мати порядкову нумерацію в межах кожного розділу. Номер підрозділу складається з номера розділу і порядкового номера підрозділу, що відокремлюються крапкою. Після номера підрозділу крапку не ставлять.

Ілюстрації (рисунки, графіки, схеми, діаграми) слід розміщувати у курсовій роботі безпосередньо після тексту, де вони згадуються вперше, або на наступній сторінці. На всі ілюстрації мають бути посилання у курсовій роботі.

Ілюстрації повинні мати назву, яку розміщують під ілюстрацією. За потреби під ілюстрацією розміщують пояснювальні дані (підрисунковий текст). Ілюстрація позначається словом «Рисунок __», яке разом із назвою ілюстрації розміщують після пояснювальних даних, наприклад, «Рисунок 3.1 – Схема розміщення». Ілюстрації слід нумерувати арабськими цифрами порядковою нумерацією в межах розділу, за винятком ілюстрацій, наведених у додатках. Номер ілюстрації складається з номера розділу та порядкового номера ілюстрації, відокремлених крапкою, наприклад, рисунок 3.2 – другий рисунок третього розділу, або рисунок А.1 – перший рисунок додатку А.

Приклад оформлення рисунку:

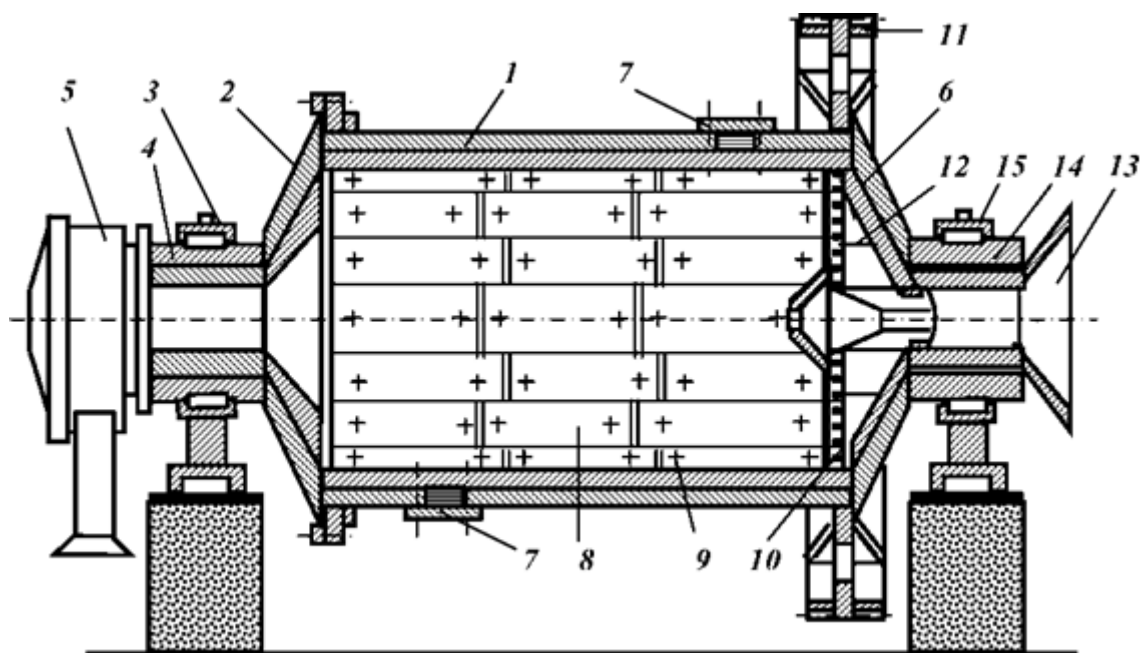


Рисунок 3.1 – Кульовий млин з розвантаженням через решітку:
 1 – барабан; 2, 6 – торцеві кришки; 3, 15 – підшипники;
 4 – завантажувальна цапфа; 5 – живильник; 7 – люки; 8 – броньові плити;
 9 – болти; 10 – решітка; 11 – вінцева шестерня; 12 – ліфтери;
 13 – горловина; 14 – розвантажувальна цапфа

Цифровий матеріал, як правило, оформлюють у вигляді таблиць. Таблицю розміщують після першого згадування про неї в тексті. Розташовувати таблицю бажано таким чином, щоб її можна було читати без повороту.

Частина таблиці з великою кількістю рядків можна переносити на наступну сторінку. В такому випадку назву таблиці і її граф розміщують тільки над її першою частиною, на інших сторінках вказують «Продовження табл. №» і її номер, замість назв граф вказують лише їх номери.

Назва таблиці складається зі слова «Таблиця», її порядкового номера та безпосередньо назви, яка стисло відбиває зміст наведених у ній даних. Повну назву таблиці вказують один раз над таблицею зліва з абзацним відступом. Для таблиць слід обрати режим «Повторити рядки заголовків» у текстовому редакторі.

Таблиці нумеруються арабськими цифрами підряд у межах розділу, за винятком таблиць, що наводяться в додатках. Номер таблиці складається з номера розділу та порядкового номера таблиці, відокремлених крапкою, наприклад, таблиця 2.1 – перша таблиця другого розділу, таблиця В.2 – друга таблиця додатку В.

Дані таблиці розміщуються через один інтервал, шрифтом Arial, допускається використовувати 14, 12 (в разі потреби – 10) кегль.

Заголовки граф таблиці починають з великої літери, а підзаголовки – з малої, якщо вони становлять одне речення з заголовком. Підзаголовки,

що мають самостійне значення, пишуть з великої літери. У кінці заголовків і підзаголовків таблиць крапки не ставлять. Заголовки та підзаголовки граф вказують в однині.

Приклад оформлення таблиці:

Таблиця 1.3. – Технічні характеристики двовалкових дробарок з гладкими валками

Параметр	ДГ 400x250	ДГ 600x400	ДГ 1000x550	ДГ 1500x600	ДГР 600x400
1	2	3	4	5	6
Розмір валків, мм: діаметр	400	600	1000	1500	600
довжина	250	400	550	600	400
Зазор між валками, мм	2 – 12	2 – 14	4 – 18	4 – 20	10 – 30
Частота обертання валків, хв ⁻¹	148 – 275	134 – 187	63 – 112	24 – 76	175
Найбільший розмір кусків у живленні, мм	20	30	50	75	60
Продуктивність, м ³ /год	1,4 – 15,6	3,0 – 29,4	12 – 53,5	13 – 65	8 – 25
Потужність електродвигуна, кВт	4	10	40	55	20
Маса дробарки, т	1,9	5,3	16,7	34,0	3,3

Додатки слід оформлювати як продовження звіту на наступних сторінках, розташовуючи їх у порядку появи посилань на них у тексті. Якщо додатки оформлюють на наступних сторінках роботи, кожний такий додаток повинен починатися з нової сторінки. Додатки нумеруються в тій послідовності, у якій на них надається посилання в тексті. Кожний додаток повинен мати заголовок, який друкують вгорі малими літерами з першої великої симетрично до тексту сторінки. Над заголовком, але посередині рядка, друкують слово «ДОДАТОК» і відповідну велику літеру української абетки, крім літер Г, Є, З, І, І, Й, О, Ч, Ъ, яка позначає додаток. Текст кожного додатка починають з наступної сторінки.

12. Етапи виконання та захисту курсової роботи

До основних етапів виконання курсової роботи належать.

1. Отримання завдання на виконання курсової роботи.
2. Здійснення огляду джерел.

Аналіз стану питання щодо тематики курсового проєкту виконується на основі огляду інформації, опублікованої в навчальній і науково-технічній вітчизняній та зарубіжній літературі, в науково-технічних статтях, на вебресурсах.

3. Виконання курсової роботи.

Після погодження та затвердження календарного плану курсової роботи здобувач починає її написання. Вимоги до структури й

оформлення окремих розділів наведені в цих методичних рекомендаціях вище. У процесі написання окремих розділів здобувач вищої освіти подає їх керівнику на перевірку, виправляє та вносить доповнення у разі потреби, звітує керівнику про готовність роботи. Обговорення проблемних питань з викладачем – керівником здійснюється під час індивідуально-консультативних зустрічей з підготовки курсової роботи або на консультаціях викладача відповідно до затвердженого розкладу.

4. Подання роботи на перевірку.

Файл завершеної курсової роботи у форматі Прізвище.docx (або .pdf) та файли, що містять креслення графічної частини курсової роботи у форматі Прізвище_скорочена назва графіку, схеми.pdf прикріплюються у відповідному завданні освітнього компонента в системі Moodle у встановлений термін згідно з календарним планом.

Відповідальний за перевірку курсової роботи на кафедрі на дотримання вимог академічної доброчесності здійснює її перевірку відповідно до п. 12 цих методичних рекомендацій на плагіат і надсилає звіт про результати перевірки керівникові. В разі, якщо звіт свідчить про належність дотримання академічних вимог при виконанні курсової роботи, керівник здійснює попереднє оцінювання якості виконання та надає пропозицією щодо допуску її до захисту.

В разі, якщо звіт про перевірку на плагіат є негативним, то подальші дії регламентуються п. 12 цих методичних рекомендацій.

5. Захист курсової роботи.

Для захисту курсової роботи організується робоча комісія з її захисту, яка визначається завідувачем кафедри. До її складу входять три викладача кафедри, серед яких обов'язково є гарант освітньої програми. Комісія з використанням Центру командної роботи MS Teams організує захист курсової роботи, на якому комісія ставить питання щодо результатів виконання курсової роботи.

Оцінка курсової роботи керівником і захисту комісією здійснюється відповідно до критеріїв, наведених нижче цих методичних рекомендацій. Обговорення підсумків захисту проводиться на засіданні кафедри.

Здобувачі освіти, які вчасно не подали та/або не захистили курсову роботу:

– з поважної, документально підтвердженої причини – з дозволу декану можуть захистити його під час встановленого деканом терміну ліквідації академічної заборгованості;

– без поважної причини – вважаються такими, що не виконали індивідуальний навчальний план.

В разі, якщо захист було визнано незадовільним, з дозволу декана та на умовах, визначених Положенням про організацію освітнього процесу, здобувач може захистити курсову роботу у термін, встановлений деканом факультету. В разі неуспішності такого захисту здобувачі освіти вважаються такими, що не виконали індивідуальний навчальний план і відраховуються з Університету [12].

13. Права та обов'язки керівника курсового проєкту, здобувача освіти, комісії з оцінки курсової роботи

Керівництво курсовою роботою здійснюється з метою надання здобувачам вищої освіти необхідних консультацій, контролю термінів виконання та якості роботи.

Обов'язками керівника курсової роботи є:

- формування завдання курсової роботи, що відображає основний зміст і об'єм, містить основні дані, необхідні для виконання роботи, особливі вимоги до розробки окремих розділів, термінів виконання (календарний план). Завдання курсової роботи оформляється на спеціальному бланку (**Додаток А**).

- надання консультацій з питань, що виникають у здобувача під час виконання курсової роботи;

- перевірка виконання роботи (по частинах та/або в цілому);

- надання рекомендацій щодо завершального етапу підготовки та захисту курсової роботи.

Обов'язки здобувача освіти:

- ознайомитись із цими методичними рекомендаціями;

- проявляти ініціативність та сумлінність при виконанні курсової роботи;

- своєчасно відвідувати консультації керівника курсової роботи;

- дотримуватися термінів виконання;

- дотримуватися вимог академічної доброчесності при виконанні та захисті курсової роботи.

Права здобувача освіти:

- отримувати консультації, в т.ч. організаційно-методичні, з приводу виконання курсової роботи;

- отримувати роз'яснення від керівника щодо вирішення етапів курсової роботи, підготовки тексту, підготовки до захисту курсової роботи;

- отримувати поради від керівника щодо літературних джерел та інших інформаційних ресурсів, які можна використати при виконанні курсової роботи;

- вимагати дотримання умов об'єктивності та дотримання процедури оцінювання курсової роботи;

- оскаржувати оцінку керівника та комісії з захисту курсової роботи в установленому порядку [12].

14. Критерії оцінювання курсового проєкту

Критерії оцінювання курсової роботи та її захисту наведені у табл. 7.

УВАГА: роботи, за якими визначено, що вони виконані без дотримання вимог академічної доброчесності, не оцінюються і до захисту не допускаються.

Таблиця 7 – Критерії оцінювання курсової роботи

Компетентності, рівень сформованості яких оцінюється	Критерії оцінювання курсового проєкту	Мак бал
Ступінь досягнення результатів навчання при виконанні курсової роботи		
<ul style="list-style-type: none"> - здатність аналізувати літературні та вебджерела, технічну документацію, опрацювати отриману інформацію; - вміння дотримуватись вимог щодо змісту та оформлення курсової роботи; - здатність до тайм менеджменту при виконанні курсової роботи в рамках календарного плану; - спроможність викладати інформацію в логічній послідовності з високим рівнем застосування української мови в технічній документації; - здатність виконувати порівняння технологічних рішень, обирати і обґрунтовувати кращі рішення. 	<ul style="list-style-type: none"> - оформлення курсової роботи відповідає вимогам; - студент продемонстрував належний рівень здатності до аналізу джерел інформації та володіння термінологією; - студент вчасно реалізовував етапи виконання курсової роботи і не допускав порушень етики комунікації. 	70
Ступінь досягнення результатів навчання при захисті курсової роботи		
<ul style="list-style-type: none"> - здатність пояснити фахівцю та нефахівцю зміст курсової роботи та обґрунтувати прийняті в ній рішення; - здатність презентувати результати власних досліджень з використанням ілюстративного матеріалу (презентації); - здатність продемонструвати розуміння змісту предметної області, об'єкту, зв'язок результатів роботи із поставленими задачами. 	<p style="text-align: center;">Демонстрація розуміння теоретичних основ процесів підготовки корисних копалин, ступеню володіння практичними аспектами за тематикою роботи, спроможності аргументувати власну точку зору щодо проблем і шляхів їх вирішення, в т.ч. в ході надання відповідей на запитання членів комісії.</p>	30
Всього за результатами виконання і захисту курсової роботи		100

Здобувач вищої освіти в процесі усного захисту дає правильні відповіді на всі запитання, виявляє високий рівень знань щодо теми курсової роботи, добре орієнтується у її змісті, упевнено викладає його основні положення, висновки, правильно аргументує власну позицію – **30 балів**.

Здобувач вищої освіти в процесі усного захисту дає правильні відповіді на половину запитань, виявляє достатньо високий рівень знань щодо теми курсової роботи, добре орієнтується у її змісті, упевнено викладає його основні положення, висновки, правильно аргументує власну позицію – **15 балів**.

Здобувач вищої освіти в процесі усного захисту дає правильні відповіді на 25% запитань, однак виявляє достатній рівень знань щодо проблематики курсової роботи, добре орієнтується у її змісті, упевнено викладає його основні положення, висновки, однак нечітко аргументує власну позицію – **10 балів**.

УВАГА: В разі, якщо комісією виявлено, що здобувач освіти виявляє низький рівень знань щодо проблематики курсової роботи, не орієнтується у її змісті, не викладає упевнено її основні положення, висновки, не може аргументувати власну позицію, то курсова робота оцінюється на 35 балів і надалі підлягає переробці, а в разі, якщо це не можливо відповідно до календарного графіка навчання, здобувач освіти вважається таким, що не виконав індивідуальний навчальний план і підлягає відрахуванню з Університету.

Результати захисту курсової роботи заносяться науково-педагогічним працівником (членом комісії, керівником роботи) в електронний журнал в системі електронного супроводу (Moodle, електронний деканат), та відомості обліку успішності [12].

15. Порядок оскарження результатів оцінювання курсової роботи

Упродовж одного робочого дня після оголошення результатів оцінювання керівником процесу виконання, пояснювальної записки та графічної частини курсового проєкту здобувач освіти може звернутися до оцінювача за роз'ясненням щодо отриманої оцінки. Оцінювач має надати роз'яснення протягом одного робочого дня, однак щоб у здобувача освіти залишалась можливість оскарження результатів до завершення семестрового контролю. У випадку незгоди з наданим йому роз'ясненням щодо отриманої оцінки здобувач освіти не пізніше 12:00 наступного робочого дня після отримання роз'яснення може звернутись з умотивованою заявою щодо неврахування оцінювачем важливих обставин при оцінюванні до декана свого факультету.

Декан факультету ухвалює рішення за заявою здобувача освіти, керуючись аргументами, якими здобувач освіти мотивує свою незгоду з оцінкою, та поясненнями (усними чи письмовими) оцінювача. За рішенням декана комісія із захисту курсового проєкту може переглянути рішення керівника курсового проєкту щодо зазначеної оцінки. Крім того, за рішенням декана письмова робота здобувача освіти може бути надана для оцінки іншому науково-педагогічному працівнику, що відповідає профілю освітньої програми та має достатню компетенцію для оцінювання роботи здобувача освіти. Декан ухвалює рішення за заявою здобувача освіти, керуючись аргументами, якими здобувач освіти мотивує свою незгоду з оцінкою, та поясненнями (усними чи письмовими) оцінювача. У разі, якщо оцінка першого і повторного підсумкового оцінювання

відрізняються більше ніж на 10 відсотків, робота автоматично передається для оцінки третьому оцінювачу, визначеному деканом, а підсумкова оцінка визначається як середнє трьох оцінок. В іншому разі чинною є оцінка, виставлена при першому оцінюванні.

За незгоди із результатами захисту курсового проєкту або практики здобувач освіти у день оголошення оцінки може звернутися до комісії, яка проводила оцінювання, з незгодою щодо отриманої оцінки. Рішення щодо висловленої здобувачем незгоди приймає комісія.

Якщо здобувач освіти не згоден із рішенням комісії і вважає, що мало місце порушення процедури захисту або упередженість в оцінюванні, порушення академічної доброчесності, він може подати письмову заяву декану свого факультету. Декан своїм рішенням формує комісію для розгляду питання дотримання процедури. У разі підтвердження викладених у заяві здобувача освіти обставин за розпорядженням декана проводиться новий захист з іншим складом комісії.

Процедури, передбачені вище, не можуть бути використані здобувачем освіти у випадку незгоди з оцінками інших здобувачів освіти.

Якщо створена за заявою здобувача освіти (або за поданням оцінювачів) розпорядженням декана факультету або першого проректора-проректора з навчальної роботи комісія або комісія з академічної доброчесності Університету виявить, що в ході семестрового контролю мали місце порушення, які вплинули на результат оцінювання знань студентів, не можуть бути усунені, ректор, не пізніше, ніж упродовж тижня з отримання висновку комісії має ухвалити рішення про скасування результатів контрольного заходу і проведення повторного оцінювання результатів навчання для одного, декількох або всіх здобувачів освіти.

16. Застереження щодо академічної доброчесності

Як член студентської спільноти Технічного університету «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА» здобувач має дотримуватися певних стандартів та академічної політики:

- шахрайство та плагіат заборонені;
- спілкування з однокурсниками та викладачем має бути професійним та ввічливим;
- самостійне виконання навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю результатів навчання (для осіб з особливими освітніми потребами ця вимога застосовується з урахуванням їхніх індивідуальних потреб і можливостей);
- посилення на джерела інформації у разі використання ідей, розробок, тверджень, відомостей;
- дотримання норм законодавства про авторське право і суміжні права;

- надання достовірної інформації про результати власної навчальної (наукової, творчої) діяльності, використанні методики досліджень і джерела інформації;

- університет підтримує середовище, вільне від дискримінації або дискримінаційних домагань, спрямованих на будь-яку людину або групу в межах своєї спільноти – здобувачів вищої освіти, співробітників або відвідувачів [7].

Виконання курсового проєкту / роботи має здійснюватися з урахуванням **вимог щодо академічної доброчесності**. Відповідно до статті 42 Закону України «Про освіту»: «*Академічна доброчесність* – це сукупність етичних принципів та визначених законом правил, якими мають керуватися учасники освітнього процесу під час навчання, викладання та провадження наукової (творчої) діяльності з метою забезпечення довіри до результатів навчання та/або наукових (творчих) досягнень» [6]. Головним проявом академічної недоброчесності вважається академічний плагіат. «**Академічний плагіат** – оприлюднення (частково або повністю) наукових (творчих) результатів, отриманих іншими особами, як результатів власного дослідження (творчості) та/або відтворення опублікованих текстів (оприлюднених творів мистецтва) інших авторів без зазначення авторства» [6], а саме:

- відтворення в тексті роботи (повний текст роботи, з коментарями, примітками, бібліографією, переліком джерел та всіма додатками до основного тексту) без змін, з незначними змінами, або в перекладі тексту іншого автора (інших авторів), обсягом від речення і більше, без посилання на автора (авторів) відтвореного тексту;

- відтворення в тексті роботи, повністю або частково, тексту іншого автора (інших авторів) через його перефразування чи довільний переказ без посилання на автора (авторів) відтвореного тексту;

- відтворення в тексті роботи наведених в іншому джерелі цитат з третіх джерел без вказування, за яким саме безпосереднім джерелом наведена цитата;

- відтворення в тексті роботи наведеної в іншому джерелі науково-технічної інформації (крім загальновідомої) без вказування на те, з якого джерела взята ця інформація;

- перефразування тексту джерела у формі, що є близькою до оригінального тексту, або наведення узагальнення ідей, інтерпретацій чи висновків з певного джерела без посилання на це джерело;

- подання як власних робіт, виконаних на замовлення іншими особами, у тому числі робіт, стосовно яких справжні автори надали згоду на таке використання [8].

До числа інших порушень академічної доброчесності, класифікованих законодавством України, що можуть трапитися при виконанні курсового проєкту / роботи, належать:

- **самоплагіат** - оприлюднення (частково або повністю) власних раніше опублікованих наукових результатів як нових наукових результатів;
- **фабрикація** - вигадування даних чи фактів, що використовуються в освітньому процесі або наукових дослідженнях;
- **фальсифікація** - свідомо зміна чи модифікація вже наявних даних, що стосуються освітнього процесу чи наукових досліджень;
- **списування** - виконання письмових робіт із залученням зовнішніх джерел інформації, крім дозволених для використання, зокрема під час оцінювання результатів навчання;
- **обман** - надання завідомо неправдивої інформації щодо власної освітньої (наукової, творчої) діяльності чи організації освітнього процесу; формами обману є, зокрема, академічний плагіат, самоплагіат, фабрикація, фальсифікація та списування;
- **хабарництво** - надання (отримання) учасником освітнього процесу чи пропозиція щодо надання (отримання) коштів, майна, послуг, пільг чи будь-яких інших благ матеріального або нематеріального характеру з метою отримання неправомірної переваги в освітньому процесі;
- **необ'єктивне оцінювання** - свідоме завищення або заниження оцінки результатів навчання здобувачів освіти;
- надання здобувачам освіти під час проходження ними оцінювання результатів навчання допомоги чи створення перешкод, не передбачених умовами та/або процедурами проходження такого оцінювання;
- вплив у будь-якій формі (прохання, умовляння, вказівка, погроза, примушування тощо) на педагогічного (науково-педагогічного) працівника з метою здійснення ним необ'єктивного оцінювання результатів навчання [6].

В разі, якщо здобувач стикається із проявами порушень академічної доброчесності, він має повідомити про це завідувача кафедри / Комісію з питань академічної доброчесності / Уповноваженого з питань протидії корупції, які, в свою чергу, повинні негайно після повідомлення забезпечити вжиття заходів попередження або виправлення таких порушень [7].

Рекомендації щодо запобігання академічному плагіату в курсовому проєкті / роботі:

- робота має виконуватися самостійно, без видання за власний результат чужих робіт і результатів;
- будь-який текстовий фрагмент обсягом від речення і більше, відтворений в тексті роботи без змін, з незначними змінами, або в перекладі з іншого джерела, обов'язково має супроводжуватися посиланням на це джерело (у формі підрядкового посилання, наприклад

як це зроблено щодо Закону «Про освіту» на попередній сторінці); винятки допускаються лише для стандартних текстових кліше, які не мають авторства та/чи є загальноживаними;

- якщо перефразування чи довільний переказ в тексті роботи тексту іншого автора (інших авторів) займає більше одного абзацу, посилання (бібліографічне та/або текстуальне) на відповідний текст та/або його автора (авторів) має міститися щонайменше один раз у кожному абзаці роботи, крім абзаців, що повністю складаються з формул, а також нумерованих та маркованих списків (в останньому разі допускається подати одне посилання наприкінці списку);

- якщо цитата з певного джерела наводиться за першоджерелом, в тексті роботи має бути наведено посилання на першоджерело; якщо цитата наводиться не за першоджерелом, в тексті роботи має бути наведено посилання на безпосереднє джерело цитування («цитуються за ХХХХХХХ») і посилання на відповідний пункт списку використаних джерел;

- будь-яка наведена в тексті роботи науково-технічна інформація має супроводжуватися чітким вказуванням на джерело, з якого взята ця інформація із посиланням на відповідний пункт списку використаних джерел; винятки припускаються лише для загальновідомої інформації, визнаної всією спільнотою фахівців відповідного профілю; у разі використання у роботі тексту нормативно-правового акту достатньо зазначити його назву, дату ухвалення та, за наявності, дату ухвалення останніх змін до нього або нової редакції, а також посилання на відповідний пункт списку використаних джерел.

- для підтвердження власних аргументів посиланням на авторитетне джерело або для критичного аналізу того чи іншого друкованого твору слід наводити цитати; науковий етикет потребує точно відтворювати цитований текст, бо найменше скорочення наведеного витягу може спотворити зміст, закладений автором [8].

Правила цитування та посилання на використані джерела є такими:

1. При написанні здобувач повинен давати посилання на джерела, матеріали з яких наводяться у роботі. Такі посилання дають змогу відшукати документи та перевірити достовірність відомостей про цитування документа, дають необхідну інформацію щодо нього, допомагають з'ясувати його зміст, мову тексту, обсяг. Посилатися бажано на останні видання публікацій. На більш ранні видання можна посилатися лише в тих випадках, коли в них є матеріал, який не включено до останнього видання.

2. Якщо використовуються відомості, матеріали з монографій, оглядових статей, інших джерел з великою кількістю сторінок, тоді в посиланні необхідно точно вказати номери сторінок, ілюстрацій, таблиць, формул з джерела, на яке дано посилання в курсовій роботі.

3. Посилання додаються одразу після закінчення цитати у квадратних дужках, де вказується порядковий номер джерела у списку літератури та відповідна сторінка джерела (наприклад: [12, с. 172]), або під текстом цієї сторінки у вигляді зноски, в якій вказують прізвище та ініціали автора, назву джерела, видавництво, рік видання та сторінку. При цьому враховувати наступне:

- текст цитати починається і закінчується лапками і наводиться в тій граматичній формі, в якій він поданий у джерелі, із збереженням особливостей авторського написання; наукові терміни, запропоновані іншими авторами, не виділяються лапками, за винятком тих, що викликали загальну полеміку – у цих випадках використовується вираз «так званий»;
- цитування повинно бути повним, без довільного скорочення авторського тексту та без перекручень думок автора;
- пропуск слів, речень, абзаців при цитуванні допускається без перекручення авторського тексту і позначається трьома крапками, вони ставляться у будь-якому місці цитати (на початку, всередині, наприкінці); якщо перед випущеним текстом або за ним стояв розділовий знак, то він не зберігається;
- кожна цитата обов'язково супроводжується посиланням на джерело;
- при непрямому цитуванні (переказі, викладі думок інших авторів своїми словами), що дає значну економію тексту, слід бути гранично точним у викладенні думок автора, коректним щодо оцінювання його результатів і давати відповідні посилання на джерело;
- якщо необхідно виявити ставлення автора роботи до окремих слів або думок з цитованого тексту, то після них у круглих дужках ставлять знак оклику або знак питання;
- коли автор роботи, наводячи цитату, виділяє в ній деякі слова, то робиться спеціальне застереження, тобто після тексту, який пояснює виділення, ставиться крапка, потім дефіс і вказуються ініціали автора дисертації, а весь текст застереження вміщується у круглі дужки. Варіантами таких застережень є: (курсив наш. – М.Х.), (підкреслено мною. – М.Х.), (розбивка моя. – М.Х.) [9].

17. Регламенти і процедури виявлення порушень вимог академічної доброчесності та наслідки такого виявлення

Регламент перевірки академічних робіт на плагіат визначає процедуру проведення перевірки курсового проєкту / роботи здобувачів з використанням систем StrikePlagiarism.com (<http://strikeplagiarism.com>) або інших систем на наявність запозичень із текстів, присутніх в базах Університету, базах інших закладів вищої освіти та в Інтернеті.

Процедура перевірки курсового проєкту / роботи відбувається в 4 етапи:

1. **здобувач** передає роботу науковому керівнику (Перевірка проводиться автоматично, на підставі внесеного до титульного листа відповідної роботи формулювання «Робота містить результати власних досліджень та напрацювань. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело. Електронний та паперовий варіанти роботи є ідентичними»);

2. **науковий керівник** передає отримані від студента матеріали відповідальній особі, що здійснює перевірку;

3. **відповідальна особа** здійснює перевірку роботи в системі, формує Звіт подібності у форматі PDF засвідчений підписом і передає його науковому керівнику для подальшого аналізу;

4. **науковий керівник** приймає рішення щодо наявності у роботі неправомірних запозичень, формує експертний висновок про допуск роботи до захисту та завантажує всі матеріали в систему управління навчанням Moodle.

Відповідальна особа, що виконує перевірку, не дає оцінку змісту курсового проєкту / роботи, а виконує виключно технічну перевірку. Аналіз Звіту подібності здійснює науковий керівник.

Показники рівнів оригінальності тексту курсового проєкту / роботи [7].

Вид роботи	Рівень оригінальності			
	високий	задовільний	низький	неприйнятний
Звіти з атестаційної практики, R&D проєкти, курсові роботи / проєкти за оригінальним індивідуальним завданням	від 71% до 100%	від 51% до 70%	від 31% до 50%	від 0% до 30%
Звіти з інших видів практик, курсові роботи / проєкти за визначеною методикою	від 61% до 100%	від 41% до 60%	від 21% до 40%	від 0% до 20%

За підготовку файлу курсового проєкту / роботи, що підлягає перевірці, відповідає автор цієї роботи. Формат файлу повинен бути прийнятним для перевірки на плагіат (підтримуються формати файлів .doc, .docx, .pdf, .odt, які не містять елементів захисту).

Під час підготовки файлу роботи забороняється використовувати будь-які методи обманювання сервісів перевірки на академічний плагіат, зокрема забороняється:

- заміна текстових символів на візуально ідентичні зображення;

- заміна окремих букв одного алфавіту на аналогічні за написанням букви іншого алфавіту (наприклад, заміна кирилических букв 'АаВвЕеІіКМНОоРрСсТтУХх' на відповідні латинські і навпаки);
- вставка додаткових текстових символів, які візуально не видимі (білі знаки) [7].

Виявлені у тексті роботи запозичення вважаються правомірними, якщо вони:

- є власними назвами (індивідуальними найменуваннями окремих одинических об'єктів, у тому числі найменуваннями установ, назвами праць, які досліджувалися у творі, бібліографічними посиланнями на джерела та ін.);
- є усталеними словосполученнями, що характерні для певної сфери знань;
- належним чином оформлені цитуваннями;
- самоцитуванням (фрагментами тексту, що належать автору твору, опубліковані або оприлюднені в електронній формі ним у інших творах), якщо воно допускається редакційною політикою видання [7].

Усі запозичені фрагменти в роботі мають бути розглянуті на предмет коректності оформлення цитувань та посилань на першоджерела.

Вносити які-небудь виправлення та зміни в курсовий проєкт / роботу після їх перевірки на плагіат та затвердження на кафедрі не дозволяється.

Робота, що має високий рівень оригінальності, допускається до захисту. Якщо робота має задовільний або низький рівні оригінальності, здобувачеві пропонується доопрацювати роботу перед її захистом. При незадовільному рівні – робота повертається на доопрацювання з повторною її перевіркою на академічний плагіат. Допустима кількість повторних перевірок – одна спроба. Якщо результат повторної перевірки незадовільний, то робота знімається з захисту [7].

У випадку незгоди з висновком про оригінальність роботи автор має право подати апеляцію, яка буде розглянута у встановленому порядку Комісією з питань академічної доброчесності в Університеті.

За порушення академічної доброчесності здобувачі можуть бути притягнені до такої академічної відповідальності:

- на етапі розгляду та перевірки академічних текстів здобувачів освіти при виявленні порушень академічної доброчесності у вигляді плагіату, самоплагіату, фабрикації, фальсифікації, списування, робота не допускається до наступного етапу виконання/захисту курсового проєкту / роботи та повертається на доопрацювання здобувачеві освіти;
- за умови повторного виявлення порушень академічної доброчесності здобувачами освіти у вигляді плагіату, самоплагіату, фабрикації, фальсифікації, списування, робота знімається з розгляду, що тягне собою виникнення академічної заборгованості та невиконання індивідуального навчального плану з відповідними наслідками у вигляді відрахування з числа здобувачів освіти;

- виявлення інших, ніж плагіат, самоплагіат, фабрикація, фальсифікація, списування, порушень академічної доброчесності здобувачами освіти є підставою для ухвалення рішень щодо відрахування зі складу здобувачів освіти або інших дисциплінарних стягнень (відмова у присудженні передбачених внутрішніми нормативними документами стипендій, відмова у відборі на участь у програмах академічної мобільності тощо) [7].

Отримані результати у звітах з перевірки тексту на унікальність та відсутність плагіату носять рекомендаційний характер і є лише допоміжними матеріалами для забезпечення процесу перевірки академічних та наукових текстів, що проходять перевірку. Керівник має обов'язково провести додаткову експертизу роботи (самостійно або із залученням інших компетентних осіб), навіть якщо звіт не свідчить про відсутність ознак плагіату, оскільки до тексту пояснювальної записки можуть бути застосовані засоби «рерайтингу» з метою підвищення рівня унікальності. Крім того, попри той факт, що використання додатків, що ґрунтуються на мовних моделях, не є забороненим, зміст пояснювальної записки має свідчити про осмисленість положень, тверджень, висновків автора курсової роботи. За результатами експертизи роботи формується експертний висновок.

Зберігання експертних висновків щодо перевірки у документах структурного підрозділу є обов'язковим.

Додаток А

Приклад розрахунку курсової роботи з дисципліни
"Підготовчі процеси при збагаченні корисних копалин"

Завдання

Розробити схему дроблення та виконати вибір і розрахунок відповідного устаткування для наступних вихідних умов:

- продуктивність фабрики дроблення, млн. т/рік – 9,0;
- розмір максимального куска в початковій руді, мм – 1100;
- коефіцієнт міцності породи за Протод'яконовим – 19;
- крупність живлення млинів, мм – менше 16;
- насипна вага руди, т/м³ – 2,0;
- вологість руди, % – менше 5.

Гранулометричний склад руди, яка поступає з рудника на фабрику дроблення наведено в табл. А1.

Таблиця А1 – Гранулометричний склад початкової руди

Клас крупності, мм	Вихід класів, %
–1200	100
–900	96
–700	85
–500	68
–300	45
–150	26

ЗМІСТ

1. Вибір режиму роботи фабрики дроблення	3
2. Визначення загального ступеня дроблення руди.....	3
3. Визначення схеми дроблення та ступеня дроблення руди за окремими стадіями.....	3
4. Визначення максимальної крупності дроблення за стадіями	3
5. Визначення параметрів дробарки I стадії дроблення.....	4
6. Визначення гранулометричної характеристики дробленого продукту.....	6
7. Визначення параметрів дробарки II стадії дроблення.....	8
8. Технологічний розрахунок грохоту II стадії дроблення.....	10
9. Розрахунок гранулометричного складу продукту після середнього дроблення.....	12
10. Розрахунок третьої стадії дрібного дроблення	13
11. Зображення схеми ланцюгу апаратів.....	20
СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ.....	21

1. Вибір режиму роботи фабрики дроблення

Задаємося безперервним режимом роботи фабрики дроблення (число робочих днів на тиждень – 7; число змін на добу – 3; розрахункове число робочих днів – 340).

Погодинна продуктивність фабрики дроблення:

$$Q_z = \frac{Q_p}{n_{pd} n_z t} = \frac{9 \cdot 10^6}{340 \cdot 3 \cdot 8} \approx 1103 \text{ (т/год);}$$

де Q_z – продуктивність фабрики дроблення, т/год; Q_p – річна продуктивність рудника по руді, млн. т./рік; n_{pd} – розрахункове число робочих днів; n_z – кількість змін на добу; t – тривалість зміни, год.

2. Визначення загального ступеня дроблення руди

Визначаємо загальну ступінь дроблення руди за формулою:

$$i_3 = \frac{D_{\max}}{d_{\max}} = \frac{1100}{16} = 68,75;$$

де D_{\max} , d_{\max} – максимальний діаметр початкової та кінцевої крупності матеріалу, мм.

3. Визначення схеми дроблення та ступеня дроблення руди за окремими стадіями

Приймаємо тристадійну схему дроблення та встановлюємо ступені дроблення за окремими стадіями, для чого спочатку обчислюємо середню ступінь i_{cp} дроблення:

$$i_{cp} = \sqrt[3]{i_3} = \sqrt[3]{68,75} = 4,1.$$

Приймаємо ступені дроблення за стадіями:

$$i_1 = i_2 = 4,0; \quad i_3 = \frac{68,75}{4 \cdot 4} = 4,3.$$

4. Визначення максимальної крупності дроблення за стадіями

Визначаємо умовну максимальну крупність дроблення після кожної стадії:

$$d_{k\max} = \frac{D_{k\max}}{i_1} = \frac{1100}{4} = 275 \text{ (мм);}$$
$$d_{c\max} = \frac{D_{k\max}}{i_1 \cdot i_2} = \frac{D_{c\max}}{i_2} = \frac{1100}{4 \cdot 4} = 68,75 \text{ (мм);}$$
$$d_{m\max} = \frac{D_{k\max}}{i_1 \cdot i_2 \cdot i_3} = \frac{D_{m\max}}{i_3} = \frac{1100}{4 \cdot 4 \cdot 4,3} = 16 \text{ (мм);}$$

де $D_{k\max}$, $D_{c\max}$, $D_{m\max}$ – максимальна крупність матеріалу, яка подається, відповідно, на першу (крупну), другу (середню), третю (дрібну) стадію

дроблення, мм; $d_{k \max}$, $d_c \max$, $d_m \max$, – максимальна крупність кінцевого матеріалу, відповідно, після першої (крупної), другої (середньої) та третьої (дрібної) стадії дроблення, мм;

5. Визначення параметрів дробарки I стадії дроблення

Спочатку приймаємо для крупного дроблення конусну дробарку та визначаємо ширину завантажувального та розвантажувального отвору.

Ширина B_k завантажувального отвору:

$$B_k = (1,1 \dots 1,2) D_{k \max} = (1,1 \dots 1,2) \cdot 1100 = 1210 \dots 1320 \text{ (мм)}.$$

В живленні дробарки кусків розміром більше 1000 мм менше 2% (допустиме значення 4% згідно [2]), а тому приймаємо ширину завантажувального отвору за нижнім значенням $B_k = 1200$ мм.

Ширина b_k розвантажувального отвору:

$$b_k = \frac{d_{KH}}{z_H};$$

де d_{KH} – номінальна крупність матеріалу після першої стадії дроблення, мм; z_H – коефіцієнт закругнення матеріалу, який залежить від міцності руди та стадії дроблення (вибирається згідно табл. 2, $z_H = 1,6$).

При обчисленні d_{KH} необхідно визначити номінальну крупність початкового матеріалу D_{KH} , для чого будується його сумарна гранулометрична характеристика (рис. А1).

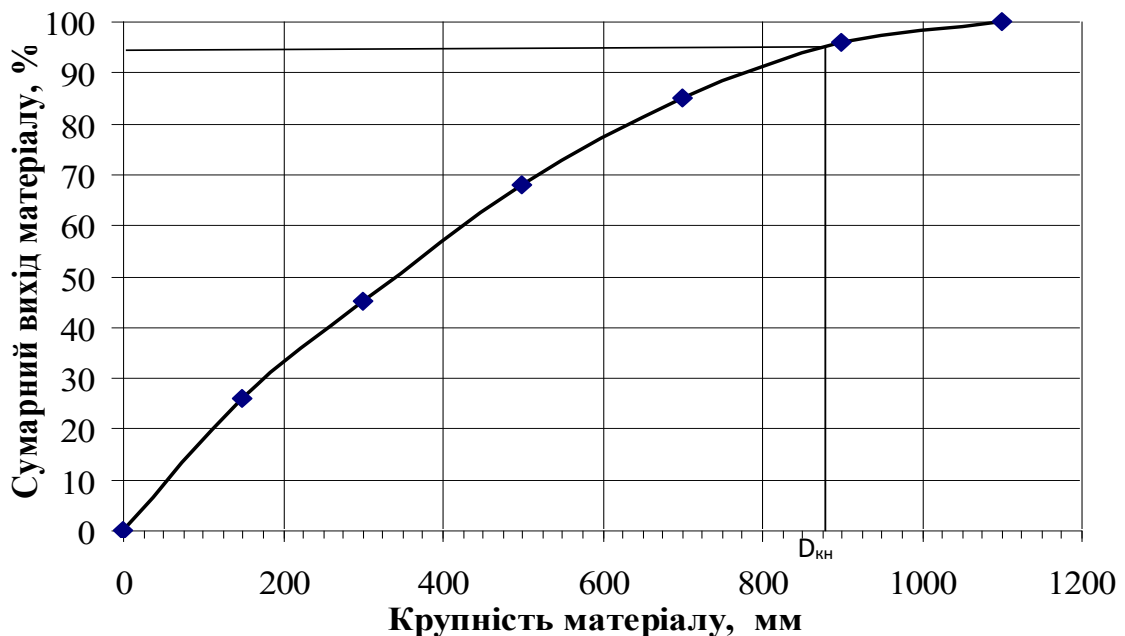


Рисунок А1 – Гранулометрична характеристика початкового матеріалу

Як видно з рисунку значенню D_{KH} відповідає розмір 880 мм, тоді

$$b_k = \frac{d_{KH}}{z_H} = \frac{D_{KH}}{i \cdot z_H} = \frac{880}{4 \cdot 1.6} = 137,5 \text{ (мм)}.$$

Округляємо отримане значення до найближчого кратного $10^{-\text{ти}}$ та приймаємо розмір розвантажувального отвору дробарки крупного дроблення рівний $b_k = 140$ мм.

На підставі значень B_k та b_k вибираємо типорозмір дробарки. Для отриманих значень відповідає дробарка – ККД-1200/150 (згідно додатку Д).

Продуктивність дробарки знайдемо із виразу (8).

Для наших умов: паспортна продуктивність дробарки крупного дроблення $Q_n = 680$ м³/год; паспортна (номінальна) ширина розвантажувального отвору $b_n = 150$ мм; $k_w = 1,0$.

Поправочні коефіцієнти на крупність живлення, міцність та насипну вагу руди можна обчислити за виразами (9).

$$k_k = 1 + \left(0,8 - \frac{D_H}{B} \right) = 1 + \left(0,8 - \frac{880}{1200} \right) = 1 + (0,8 - 0,73) = 1,07;$$

$$k_M = 1 - 0,05 \cdot (f - 14) = 1 - 0,05 \cdot (19 - 14) = 0,75;$$

$$k_\delta = \frac{\delta_H}{1,6} = \frac{2,0}{1,6} = 1,25;$$

Тоді:

$$Q_k = Q_n \frac{b_k}{b_n} \delta_H k_k k_M k_\delta k_w = 680 \cdot \frac{140}{150} \cdot 2 \cdot 1,07 \cdot 0,75 \cdot 1,25 \cdot 1,0 = 1273,3 \text{ (т/год)}.$$

Визначимо коефіцієнт завантаження дробарки:

$$k_z = \frac{Q_z}{Q_k} = \frac{1103}{1273,3} = 0,866.$$

Для стадії крупного дроблення значення коефіцієнта завантаження завищено (оптимальне $0,7 \pm 0,1$). Введемо операцію попереднього грохочення, що зменшить завантаження дробарки. Згідно методичним вказівкам ширина зазору колосникового грохоту в операції попереднього грохочення перед крупним дробленням, повинна відповідати ширині розвантажувального отвору дробарки: $a = 140$ мм.

Обчислимо параметри колосникового грохоту та перевіримо його пропускну здатність за продуктивністю. Ширина колосникового грохоту:

$$B = 2 \cdot D_{\max} + 100 = 2 \cdot 1100 + 100 = 2300 \text{ (мм)}.$$

Приймаємо $B = 2,5$ м.

$$\text{Довжина грохоту: } L = 2 \cdot B = 2,5 \cdot 2 = 5,0 \text{ (м)};$$

$$\text{його продуктивність: } Q = 2,4Fa = 2,4LBa = 2,4 \cdot 5 \cdot 2,5 \cdot 140 = 4200 \text{ (т/год)}.$$

Визначимо кількість матеріалу, який буде направлятися на дроблення в цьому випадку:

$$Q_H = Q_z (1 - \gamma^{-140} \eta);$$

де Q_H – надрешітний продукт, який направляється в дробарку крупного дроблення, т/год; Q_z – погодинна продуктивність фабрики дроблення,

т/год; γ^{-140} – вихід класу розміром менше 140 мм, від. од. (визначається із сумарної гранулометричної характеристики матеріалу $\gamma^{-140} = 25\%$); η – ефективність грохочення, д. од. (зазвичай ефективність грохочення колосникового грохоту лежить в межах 60...70%, задаємося $\eta = 60\%$).

Тоді:

$$Q_H = 1103 \cdot (1 - 0,25 \cdot 0,6) = 937,6 \text{ (т/год);} \quad \text{а} \quad \text{коефіцієнт}$$

завантаження дробарки $k_3 = \frac{Q_2}{Q_K} = \frac{937,6}{1273,3} = 0,74$, що відповідає межам

оптимального значення.

Таким чином, схема ланцюгу апаратів крупного дроблення буде включати: прийомний бункер, із якого матеріал самостійно рухається на колосниковий грохот (зазор між колосниками 140 мм). Надрешітний продукт поступає в прийомний бункер крупного дроблення та направляється в конусну дробарку – ККД-1200/150. Підрешітний продукт об'єднується з продуктом дроблення та направляється в прийомний бункер другої стадії (середнього) дроблення.

6. Визначення гранулометричної характеристики дробленого продукту

Розрахуємо гранулометричний склад матеріалу після першої стадії дроблення. Технологічна схема стадії крупного дроблення зображена на рис. А2.

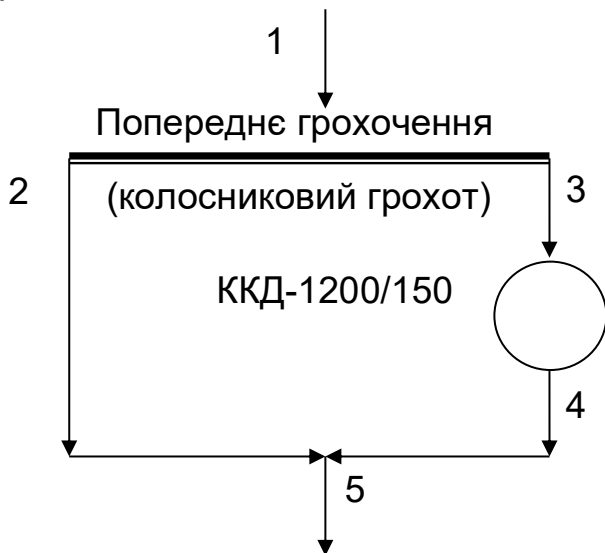


Рисунок А2 – Схема першої стадії дроблення:

- 1 – початковий продукт;
- 2 – підрешітний продукт колосникового грохоту;
- 3 – надрешітний продукт колосникового грохоту;
- 4 – продукт дроблення;
- 5 – продукт, який направляється на другу (середню) стадію дроблення

При розрахунку гранулометричного складу матеріалу для більшої наочності зведемо результати обчислення в табл. А2, в якій в першому стовпчику покажемо вузькі класи крупності з умовою, що обов'язково однією із границь у нас є ширина розвантажувального отвору дробарки, зокрема 140 мм.

Таблиця А2 – Розрахунок продукту I стадії (крупного) дроблення

Клас	Вихід вузьких класів крупності продуктів, %
------	---

крупності, мм	початкового (1)*	підрешітного (2)	надрешітного (3)	типова характеристика	перерахована типова характеристика	після дроблення (4)	підрешітного + після дроблення (5)
1	2	3	4	5	6	7	8
– 1100 + 600	22	–	22	–	–	–	–
– 600 + 300	33	–	33	–	–	–	–
– 300 + 140	20	–	20	30	22,5	22,5	22,5
– 140 + 100	8	4,8	3,2	20	15,0	18,2	23,0
– 100 + 50	7	4,2	2,8	20	15,0	17,8	22,0
– 50 + 25	5	3,0	2,0	20	15,0	17,0	20,0
– 25	5	3,0	2,0	10	7,5	9,5	12,5
всього	100	15,0	85,0	100	75,0	85,0	100,0

* в дужках вказано номери продуктів згідно схеми дроблення (рис. 10).

В другому стовпчику приведемо гранулометричну характеристику початкового матеріалу, в третьому – склад підрешітного продукту за умови, що ефективність грохочення $\eta = 60\%$, в четвертому – склад надрешітного продукту, в п'ятому – типову характеристику дроблення, в шостому – перераховану типову характеристику на кількість матеріалу, що підлягає дробленню, в сьомому – гранулометричну характеристику матеріалу після дроблення, в восьмому – гранулометричну характеристику матеріалу, який надходить на другу (середню) стадію дроблення.

Значення в третьому стовпчику одержали в результаті множення виходу вузького класу крупності, розмір яких менше ширини зазору колосникового грохоту, на ефективність грохочення. Якщо від початкового продукту відняти підрешітний продукт одержимо значення виходу вузьких класів крупності надрешітного продукту (4 стовпчик). Умовно вважається, що руда розміром менше ніж розвантажувальний розмір дробарки, проходить через дробарку без зміни своєї крупності та не впливає на гранулометричний склад продукту, який отримується при дробленні класу $+b$ (в нашому випадку $+140$ мм). Тому типова характеристика продукту дроблення відноситься не до всього надрешітного продукту, але лише до вузьких класів крупності, розмір яких більше 140 мм. В табл. А2 вони виділені жирним шрифтом ($22+33+20 = 75$). Це всього 75% від загальної кількості руди, яка направляється на фабрику дроблення. Тому типову характеристику перераховуємо на цю кількість матеріалу і отримуємо значення вузьких класів крупності після дроблення класу $+140$ мм. Продукт дроблення буде складатися із суми цих класів та класів, крупність котрих менше 140 мм, що наведені в надрешітному продукті. Гранулометрична характеристика матеріалу після крупного дроблення

буде складатися із суми підрешітного продукту грохочення та продукту дроблення.

При побудові гранулометричної характеристики продукту, який направляється на другу стадію дроблення (рис.А3) потрібно пам'ятати, що хоча й показано вузький клас крупності – 300 +140, але розмір найбільших кусків складає 280 мм (із типової характеристики).

Уточнюємо ступінь дроблення в першій стадії:

$$i_1 = \frac{D_{\text{кmax}}}{d_{\text{кmax}}} = \frac{1100}{280} = 3,93.$$

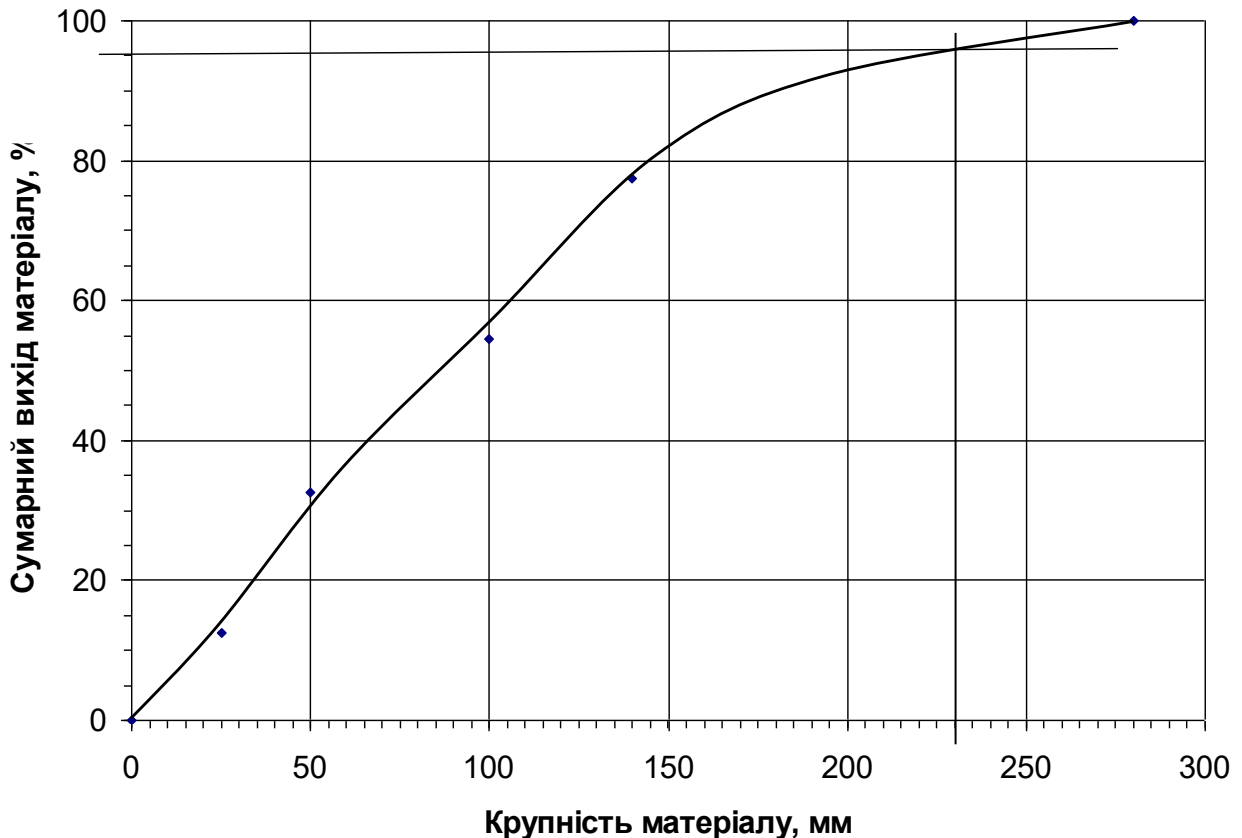


Рисунок А3 – Гранулометрична характеристика матеріалу після першої стадії дроблення

7. Визначення параметрів дробарки II стадії дроблення

Визначаємо ширину завантажувального отвору конусної дробарки:

$$B_c = (1,1...1,2)D_{\text{сmax}} = (1,1...1,2) \cdot 280 = 308...336 \text{ (мм)};$$

Ширина розвантажувального отвору:

$$b_c = \frac{d_{\text{сн}}}{z_H} = \frac{D_{\text{сн}}}{i_2 \cdot z_H} = \frac{230}{4 \cdot 2,4} = 24,0 \text{ (мм)}.$$

Для дробарок середнього дроблення згідно табл. 2 $z_H = 2,4$. Нагадаємо, що значення z_H для дробарок дрібного, середнього та крупного дроблення різне.

На підставі значення B_c можливо вибрати із додатку Е два типорозміри дробарки КСД–2200Гр та КСД–3000Т, але жодна із них не відповідає умовам, щодо ширини розвантажувального отвору (b_c).

На підставі значення B_c можливо вибрати із додатку Д два типорозміри дробарки КСД–2200Гр та КСД–3000Т, але жодна із них не відповідає умовам, щодо ширини розвантажувального отвору (b_c).

Збільшення ширини розвантажувального отвору в дробарках середнього дроблення до мінімально можливого веде до зменшення ступеня дроблення в другій стадії, що потрібно буде компенсувати в третій стадії мілкового дроблення. Виконаємо два варіанта розрахунку для кожної із наведених дробарок.

1 варіант

При установці КСД–2200Гр мінімально можлива ширина розвантажувального отвору $b_c = 30$ мм.

В цьому випадку ступінь дроблення:

$$i_2 = \frac{D_{сн}}{b_c \cdot z_H} = \frac{230}{30 \cdot 2,4} = 3,2.$$

Продуктивність дробарки:

$$Q_{c1} = Q_n \frac{b_k}{b_n} \delta_H k_k k_M k_\delta k_w = 360 \cdot \frac{30}{30} \cdot 2 \cdot 1,23 \cdot 0,75 \cdot 1,25 \cdot 1,0 = 830,25 \text{ (т/год)}.$$

Коефіцієнт завантаження при установці двох дробарок:

$$k_3 = \frac{Q_e}{Q_{c1} \cdot n} = \frac{1103}{830,25 \cdot 2} = 0,66.$$

2 варіант

При установці КСД–3000Т мінімально можлива ширина розвантажувального отвору складає $b_c = 25$ мм.

В цьому випадку ступінь дроблення має величину:

$$i_2 = \frac{D_{сн}}{b_c \cdot z_H} = \frac{230}{25 \cdot 2,4} = 3,83;$$

продуктивність дробарки:

$$Q_{c2} = Q_n \frac{b_k}{b_n} \delta_H k_k k_M k_\delta k_w = 425 \cdot \frac{25}{25} \cdot 2 \cdot 1,39 \cdot 0,75 \cdot 1,25 \cdot 1,0 = 1107,7 \text{ (т/год)};$$

коефіцієнт завантаження: $k_3 = \frac{Q_e}{Q_{c2}} = \frac{1103}{1107,7} = 0,996.$

Коефіцієнт завантаження завищений та складає приблизно 1, але його можливо зменшити шляхом введення операції попереднього грохочення аналогічно стадії крупного дроблення.

Ефективність грохочення при використанні вібраційних грохотів зазвичай складає 80...90% (задаємося $\eta = 85\%$), і визначимо кількість матеріалу, яку потрібно відсіяти:

$$\gamma_n = \frac{k_3^o - k_3^H}{\eta} \cdot 100\% = \frac{1,0 - 0,8}{0,85} \cdot 100\% = 23,5\%,$$

де γ_n – кількість підрешітного матеріалу, яку необхідно відсіяти, %; k_3^o, k_3^H – отриманий та необхідний коефіцієнт завантаження дробарки.

Як видно із гранулометричної характеристики продукту крупного дроблення, 25% матеріалу мають крупність менше 40 мм (тим паче, що це значення відповідає стандартному ряду отворів складно-рифлених сит та штампованих решет із квадратними отворами. Додаток М).

8. Технологічний розрахунок грохоту II стадії дроблення

Технологічний розрахунок грохоту зводиться до визначення необхідної площі сита, яку визначаємо із виразу:
$$F = \frac{Q}{q\delta_H klmnop};$$

де F – робоча площа сита, м²; Q – продуктивність грохоту, т/год; q – питома середня продуктивність поверхні решета (табл. 4), м³/(м²·год); δ_H – насипна вага матеріалу, який підлягає грохоченню, т/м³; k, l, n, o, m, p – поправочні коефіцієнти, які залежать від гранулометричного складу, форми зерен, вологості матеріалу, ефективності грохочення та виду грохочення, знаходяться з довідкової літератури або з додаткуЛ.

Для наших умов: $q = 37,0$ м³/(м²·год); $\delta_H = 2,0$ т/м³, $k = 0,50$; $l = 1,78$; $n = 1,0$; $o = 1,0$; $m = 1,18$; $p = 1,0$.

$$F = \frac{Q}{q\delta_H klmnop} = \frac{1103}{37,0 \cdot 2,0 \cdot 0,5 \cdot 1,78 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,18 \cdot 1,0} = 13,65 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Таку площу сита не має жоден із інерційних грохотів.

Зменшити площу сита можна за рахунок зменшення ефективності грохочення. Повторимо розрахунок площі сита, але за умови, що ефективності грохочення буде становити 80% (75%). В цьому випадку $m = 1,35$ (1,5).

$$F_1 = \frac{Q}{q\delta_H klmnop} = \frac{1103}{37,0 \cdot 2,0 \cdot 0,5 \cdot 1,78 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,35 \cdot 1,0} = 11,93 \text{ (м}^2\text{)}; \quad \eta = 80\%.$$

$$F_2 = \frac{Q}{q\delta_H klmnop} = \frac{1103}{37,0 \cdot 2,0 \cdot 0,5 \cdot 1,78 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5 \cdot 1,0} = 10,74 \text{ (м}^2\text{)}; \quad \eta = 75\%.$$

Продуктивність грохоту ГІВ – 71Н, який має площу сита 12,5 м², за вказаних умов складатиме:

$$Q_1 = Fq\delta_H klmnop = 12,5 \cdot 37,0 \cdot 2,0 \cdot 0,52 \cdot 1,78 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,35 \cdot 1,0 = 1155 \text{ (т/год)};$$

$$Q_2 = Fq\delta_H klmnop = 12,5 \cdot 37,0 \cdot 2,0 \cdot 0,52 \cdot 1,78 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5 \cdot 1,0 = 1283 \text{ (т/год)};$$

а коефіцієнт його завантаження:

$$k_{31} = \frac{Q_e}{Q_{c2}} = \frac{1103}{1155} = 0,96; \quad k_{32} = \frac{Q_e}{Q_{c2}} = \frac{1103}{1284} = 0,86.$$

Грохот ГІВ – 71Н при $\eta = 75\%$ задовольняє нашим вимогам ($k_3=0,86$). Визначимо кількість матеріалу, який буде відсіюватися при $\eta = 75\%$:

$$Q_n = Q_e \eta \gamma^{-40} = 1103 \cdot 0,75 \cdot 0,25 = 206,8 \text{ (т/год)}.$$

На дробарку буде направлятися:

$$Q_{ec} = Q_e - Q_n = 1103 - 206,8 = 896,2 \text{ (т/год.)}$$

Коефіцієнт завантаження дробарки за цих умов складатиме:

$$k_3 = \frac{Q_{ec}}{Q_{c2}} = \frac{896,2}{1107,7} = 0,81.$$

Таким чином, ми маємо два варіанта схеми середнього дроблення:

1 – установка двох дробарок КСД–2200Гр; $k_3=0,66$; $i_2=3,2$;

2 – установка грохоту попереднього грохочення та однієї дробарки КСД–3000Т; $k_3=0,81$; $i_2=3,83$.

Виконаємо економічне порівняння цих варіантів за допоміжними показниками, такими як металоємність та споживання електроенергії. Для цього зведемо необхідні дані в табл. А3.

Як бачимо із порівняльної таблиці перший варіант економічно вигідніший.

Таблиця А3 – Порівняння схем установки дробарки у II стадії дроблення

№ варіанту	Тип дробарки / грохоту	Кількість	Вага, т	Потужність ел. двигуна, кВт	Коефіцієнт завантаження	Сумарна вага, т	Сумарна ел. потужність, кВт
1	КСД–2200Гр	2	86,8	250	0,66	173,6	500
2	КСД–3000Т	1	208,1	400	0,81	223,7	430
	ГІВ–71Н	1	15,6	30	0,86		

Перерахуємо умовну максимальну крупність після другої (середньої) стадії дроблення:

$$D_{dmax} = d_{cmax} = \frac{D_{kmax}}{i_1 \cdot i_2} = \frac{D_{cmax}}{i_2} = \frac{1100}{3,93 \cdot 3,2} = 87,5 \text{ (мм)}.$$

Ступінь дроблення в третій стадії складатиме: $i_3 = \frac{i_{заг}}{i_1 \cdot i_2}$, або

$i_3 = \frac{68,75}{3,93 \cdot 3,2} = 5,47$, що допустимо при роботі дробарки в замкненому циклі, згідно [1, 2].

9. Розрахунок гранулометричного складу продукту після середнього дроблення

Технологічна схема стадії середнього дроблення зображена на рис. А4.

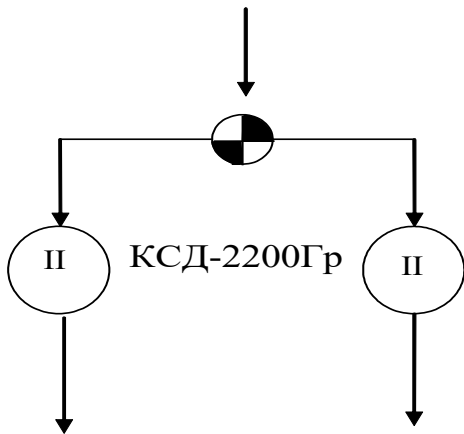


Рисунок А4 – Схема другої стадії дроблення

Всі розрахунки зводимо в табл. А4, в якій в першому стовпчику покажемо вузькі класи крупності з умовою, що обов'язково однією із границь у нас є ширина розвантажувального отвору дробарки, зокрема 30 мм; в другому стовпчику приведемо гранулометричну характеристику початкового матеріалу; в третьому – типову характеристику дроблення; в четвертому – перераховану типову характеристику на кількість матеріалу, що підлягає дробленню; в п'ятому – гранулометричну характеристику матеріалу після другої стадії дроблення.

Таблиця А4 – Розрахунок гранулометричної характеристики матеріалу після II стадії дроблення

Клас крупності, мм $-D_i + d_i$	Вихід вузьких класів крупності продуктів, %			
	початкового, γ_i	типова характеристика, γ_i^T	перерахована типова характеристика, γ_i^{Π}	після середнього дроблення, γ_i
1	2	3	4	5
- 280 +120	32,0			
- 120 +60	31,0	15	12,15	12,15
- 60 + 30	18,0	35	28,35	28,35
- 30 + 15	10,0	30	24,3	34,3
- 15 + 8	4,5	10	8,1	12,6
- 8	4,5	10	8,1	12,6
Всього	100,0	100,0	81,0	100,0

Сумарна гранулометрична характеристика після середнього дроблення приведена на рис. А5. Нагадуємо, що максимальний розмір частинки у вузькому класі крупності $-120 +60$ становить 87,5 мм.

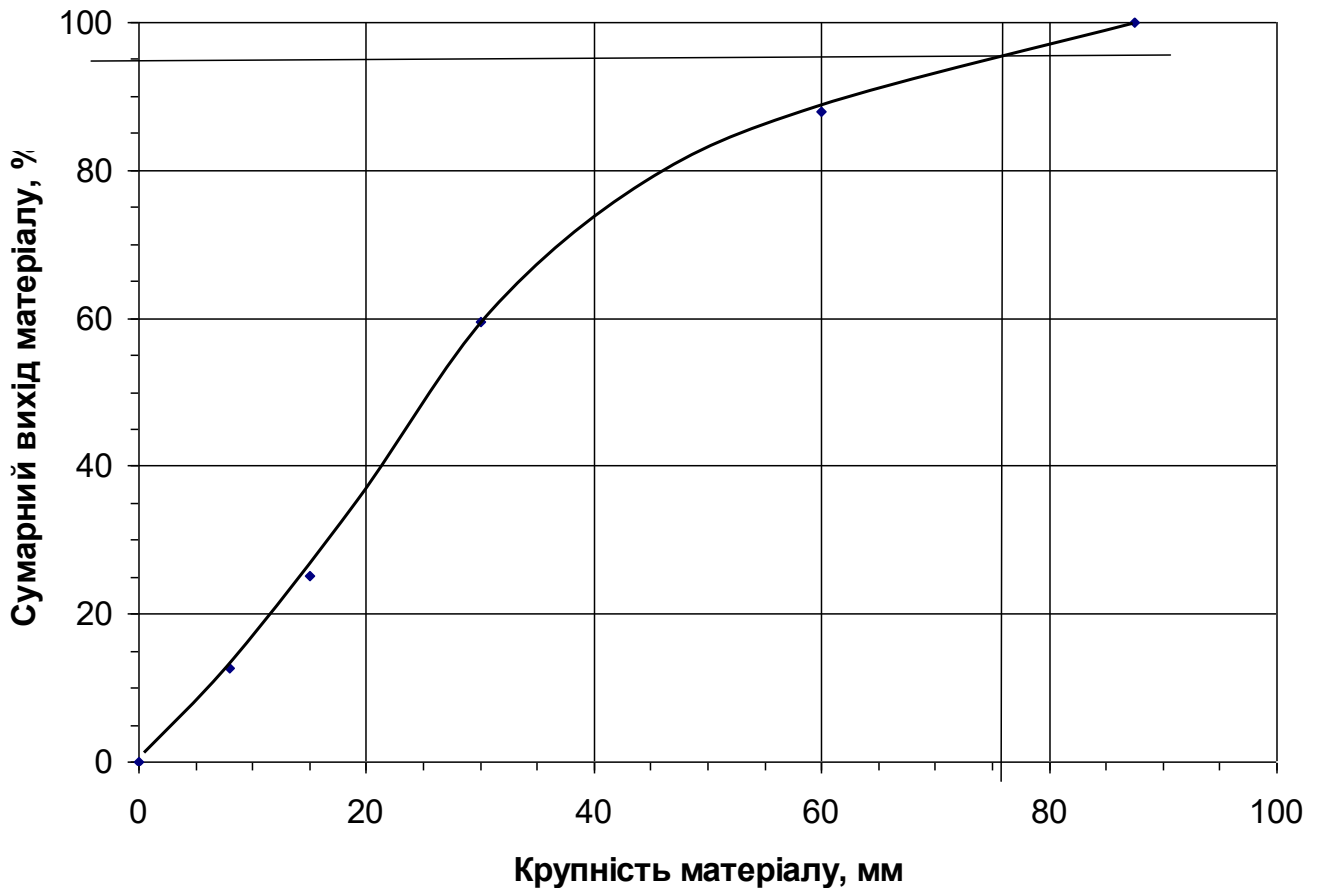


Рисунок А5 – Сумарна гранулометрична характеристика продукту середнього дроблення

10. Розрахунок третьої стадії дрібного дроблення

Визначаємо ширину завантажувального отвору конусної дробарки:

$$B_M = (1,1 \dots 1,2) D_{M\max} = (1,1 \dots 1,2) \cdot 87,5 = 96,3 \dots 105 \text{ (мм)};$$

Ширина розвантажувального отвору:

$$b_M = \frac{d_{\partial H}}{z_H} = \frac{D_{\partial H}}{i_3 \cdot z_H} = \frac{76}{5,47 \cdot 2,9} = 4,79 \text{ (мм)}.$$

На підставі значення B_M можливо вибрати із додатку 3 наступні типорозміри дробарки КМД–1200Гр, КМД–1750Гр, КМД–2200Гр, КМД–2200Т1, КМД–2500Т та КМД–3000Т, але жодна із них не відповідає умовам, щодо ширини розвантажувального отвору (b_M).

Щоб забезпечити стабільну крупність матеріалу менше 16 мм, дробарка третьої стадії повинна працювати в замкненому циклі і в цьому разі ми можемо збільшити розмір її розвантажувального зазору. Мінімальні витрати на дроблення досягаються тоді, коли вихід продукту надмірної крупності в дробленому матеріалі складає 10...20%. З типової характеристики для твердої руди видно, що z_{+20} дорівнює 1,9, $z_{+10} = 2,2$. Звідси, розмір розвантажувального зазору дробарки мілкового дроблення

лежить в межах $\frac{d_M}{z_{+20}} \dots \frac{d_M}{z_{+10}}$, в нашому випадку $b_M = 8,4 \dots 7,3$ мм. Виходячи з цього приймаємо $b_M = 8$ мм.

Таким чином, кількість типів дробарок зменшується до чотирьох – КМД–1200Гр, КМД–2200Т1, КМД–2500Т та КМД–3000Т.

Завчасно задамося варіантами схем дроблення в третій стадії:

- а) з попереднім грохоченням;
- б) з попереднім та контрольним грохоченням.

Визначимо циркуляційне навантаження в кожному із варіантів, якщо ефективність грохочення складає 85%.

Варіант А

Схема стадії дрібного дроблення із сумісним попереднім та контрольним грохоченням наведена на рис. А6.

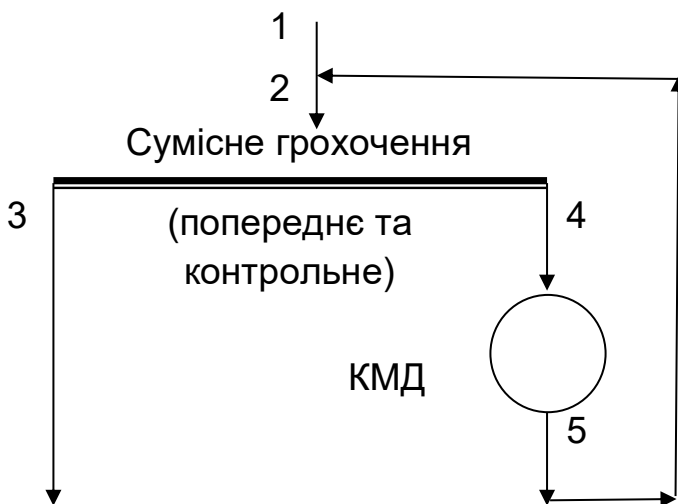


Рисунок А6 – Схема замкнутого циклу дрібного дроблення з сумісним попереднім та контрольним грохоченням:

- 1 – початковий продукт;
- 2 – продукт, який надходить на грохочення;
- 3 – підрешітний продукт;
- 4 – надрешітний продукт;
- 5 – продукт дроблення

Прийmemo позначення: γ_n – вихід n -ного продукту; β_n^{-16} – вміст в n -ному продукті класу –16 мм.

Розрахунок циркуляційного навантаження виконаємо методом ітерації. Розрахунок необхідно виконувати до тих пір, поки вихід третього продукту (γ_3) не буде дорівнювати 99,99%. Всі основні обчислені показників зведемо в табл. А5.

В початковому продукті згідно гранулометричної характеристики продукту середнього дроблення (рис. А5) $\beta_1^{-16} = 26\%$.

При розрахунках за першою ітерацією приймаємо циркуляційне навантаження рівне 0, тобто $\gamma_5 = 0$, тоді: $\gamma_2 = \gamma_1 + \gamma_5 = \gamma_1$.

Вихід підрешітного продукту при ефективності грохочення $\eta = 85\%$ складатиме:

$$\gamma_3 = \eta \beta_2^{-16} \frac{\gamma_2}{100} = 0,85 \cdot 26 \cdot \frac{100}{100} = 22,1\%.$$

Вихід надрешітного продукту:

$$\gamma_4 = \gamma_5 = \gamma_2 - \gamma_3 = 100 - 22,1 = 77,9\%$$

При розмірі розвантажувального зазору $b_M = 8$ мм в продукті дроблення $\beta_5^{-16} = 85\%$ (із типової характеристики [1]).

Перша ітерація закінчена (див. стовпчик 2 табл. А5).

Розпочинаємо розрахунок другої ітерації.

$$\gamma_2 = \gamma_1 + \gamma_5 = 100 + 77,9 = 177,9\%;$$

$$\beta_2^{-16} = \frac{\gamma_1 \beta_1^{-16} + \gamma_5 \beta_5^{-16}}{\gamma_2} = \frac{100,0 \cdot 26,0 + 77,9 \cdot 85,0}{177,9} = 51,84\%;$$

$$\gamma_3 = \eta \cdot \beta_2^{-16} \frac{\gamma_2}{100} = 0,85 \cdot 53,6 \cdot \frac{177,9}{100} = 78,3\%;$$

$$\gamma_4 = \gamma_5 = \gamma_1 - \gamma_3 = 187,9 - 85,6 = 99,52\%$$

Друга ітерація закінчена, заповнюємо другий стовпчик таблиці та розпочинаємо третю і т.д. поки γ_3 не буде дорівнювати 99,99%.

Таблиця А5 – Розрахунок циркуляційного навантаження

Показник и	Номер ітерації							
	1	2	3	4	5	6	7	8
γ_2	100,0	177,90	199,52	205,52	207,18	207,64	207,77	207,81
β_2^{-16}	26,00	51,84	55,43	56,29	56,52	56,59	56,60	56,61
γ_3	22,10	78,38	94,00	98,34	99,54	99,87	99,96	99,99
γ_5	77,90	99,52	105,52	107,18	107,64	107,77	107,81	107,82

Як бачимо із таблиці для цього необхідно було вісім ітерацій. Навантаження на грохот складає 207,8%, а на дробарку – 107,8%.

Варіант Б

Схема дрібного дроблення із розмежованим попереднім та контрольним грохоченням наведена на рис. А7. Позначення тіж самі. Циркуляційне навантаження розраховується також методом ітерації.

Ефективність операцій попереднього та контрольного грохочення приймаємо 85,0%. Всі основні обчислені показників зводимо в табл. А6.

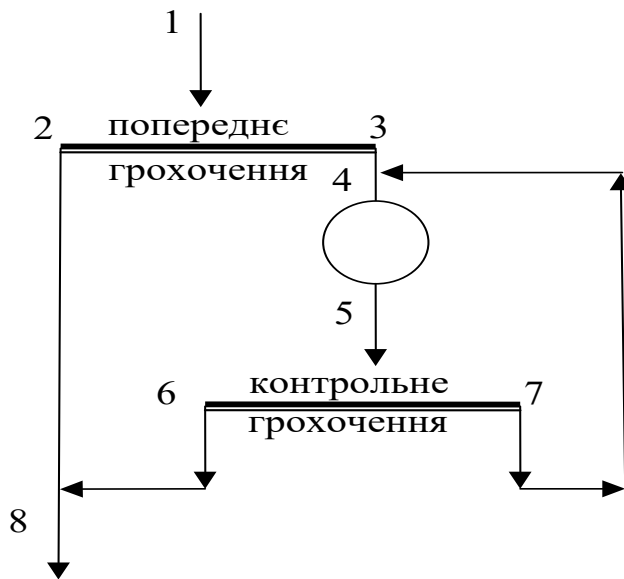


Рис. А7 – Схема дрібного дроблення з операціями попереднього та контрольного грохочення: 1 – початковий продукт; 2 – підрешітний продукт попереднього грохочення; 3 – надрешітний продукт попереднього грохочення; 4 – продукт, який подається на дроблення; 5 – продукт дроблення; 6 – підрешітний продукт контрольного грохочення; 7 – надрешітний продукт контрольного грохочення; 8 – продукт, стадії мілкового дроблення

Таблиця А6 – Розрахунок циркуляційного навантаження із окремими операціями попереднього та контрольного грохочення

Показники	Номер ітерації							
	1	2	3	4	5	6	7	8
γ_2	22,10	22,10	22,10	22,10	22,10	22,10	22,10	22,10
γ_3	77,90	77,90	77,90	77,90	77,90	77,90	77,90	77,90
γ_4	77,90	99,52	105,52	107,18	107,64	107,77	107,81	107,82
γ_6	56,28	71,90	76,24	77,44	77,77	77,86	77,89	77,90
γ_7	21,62	27,62	29,28	29,74	29,87	29,91	29,92	29,92
γ_8	78,38	94,00	98,34	99,54	99,87	99,96	99,99	100,0

Розрахунок першої ітерації.

$$\gamma_2 = \eta \beta_1^{-16} = 0,85 \cdot 26 = 22,1\%; \quad \gamma_3 = \gamma_1 - \gamma_2 = 100 - 22,1 = 77,9\%;$$

для першої ітерації $\gamma_3 = \gamma_4 = \gamma_5 = 77,9\%;$

$$\gamma_6 = \eta \beta_5^{-16} \frac{\gamma_5}{100} = 0,85 \cdot 85 \cdot \frac{77,9}{100} = 56,3\%;$$

$$\gamma_7 = \gamma_5 - \gamma_6 = 87,9 - 63,5 = 21,6\%;$$

$$\gamma_8 = \gamma_2 + \gamma_6 = 22,1 + 63,5 = 78,4.$$

Розрахунок першої ітерації закінчено. Дані вносимо в перший стовпчик табл. А6.

Знаючи циркуляційне навантаження γ_7 , виконуємо другу ітерацію. Розрахунок повторюємо до тих пір поки γ_8 не буде дорівнювати 99,99%.

Як бачимо із таблиці для цього необхідно було вісім ітерацій. Навантаження на контрольний грохот та дробарку складає – 107,8%.

Кількість дробарок мілкового дроблення повинно бути кратним кількості дробарок середнього дроблення (для наших умов – двом, тобто дві, чотири, шість та т.д.).

Визначимо продуктивності кожної із вибраних дробарок, необхідну їх кількість та коефіцієнт завантаження.

Із характеристики матеріалу середнього дроблення $d_H = 72$ мм.

а) Для КМД–1200Гр маємо наступні коефіцієнти: $k_W = 1,0$; $k_M = 0,75$; $k_K = 1,08$; $k_\delta = 1,25$. Продуктивність Q_M визначимо інтерполяцією, для чого створюємо графік залежності $Q_M = f(b_M)$ (див. рис. А8). Відповідно $b_M = 8$ мм знаходимо $Q_M = 49,5$ м³/год.

Тоді: $Q_{M1} = Q_M \delta_H k_K k_M k_\delta k_W = 49,5 \cdot 2 \cdot 1,08 \cdot 0,75 \cdot 1,25 \cdot 1,0 = 100,2$ (т/год).

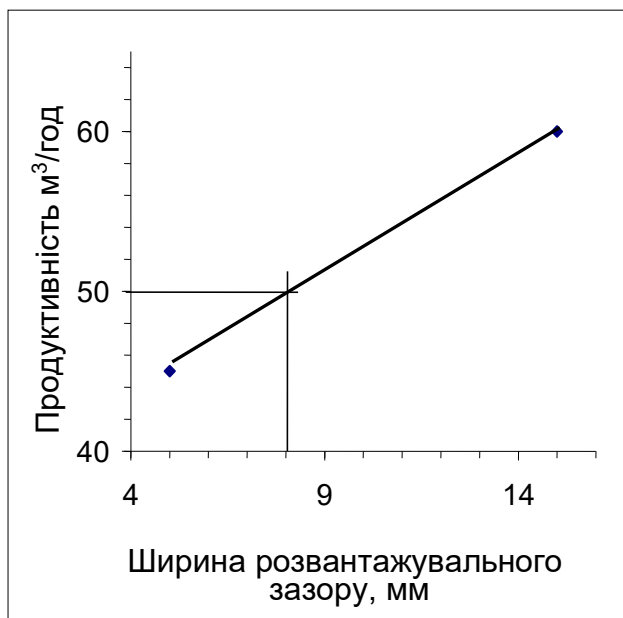


Рисунок А8 – Залежність продуктивності дробарки КМД–1200Гр від ширини зазору розвантажувального отвору

Необхідну кількість дробарок обчислимо за виразом:

$$n_1 = \frac{\gamma_{M\delta} \cdot Q_e}{Q_{M1}} = \frac{1,078 \cdot 1103}{100,2} = 11,87$$

,од.

Приймаємо $n_1 = 12$ од., тоді коефіцієнт завантаження:

$$k_3 = \frac{\gamma_{M\delta} \cdot Q_e}{n_1 \cdot Q_{M1}} = \frac{1,078 \cdot 1103}{12 \cdot 100,2} = 0,99.$$

При установці 14 дробарок ($n_1 = 14$ од.)

$$k_3 = \frac{\gamma_{M\delta} \cdot Q_e}{n_1 \cdot Q_{M1}} = \frac{1,078 \cdot 1103}{14 \cdot 100,2} = 0,85,$$

що допустимо згідно [2].

Таким чином при виборі дробарок КМД–1200Гр їх кількість повинна становити 14

одиниць. Установлювати таку кількість дробарок для дрібного дроблення, в той час як для середнього встановлено дві дробарки недоцільно, а тому даний варіант в подальшому не буде розглядатися.

б) Для КМД–2200Т1 маємо наступні коефіцієнти: $k_W = 1,0$; $k_M = 0,75$; $k_K = 1,08$; $k_\delta = 1,25$. Продуктивність $Q_M = 180$ м³/год (визначено інтерполяцією).

$$Q_{M2} = Q_M \delta_H k_K k_M k_\delta k_W = 180 \cdot 2 \cdot 1,08 \cdot 0,75 \cdot 1,25 \cdot 1,0 = 364,5 \text{ (т/год).}$$

$$\text{Необхідну кількість дробарок: } n_2 = \frac{\gamma_{M\delta} \cdot Q_e}{Q_{M2}} = \frac{1,078 \cdot 1103}{364,5} = 3,26, \text{ (од.)}$$

Приймаємо $n_2 = 4$ од. Коефіцієнт завантаження:

$$k_3 = \frac{\gamma_{мд} \cdot Q_2}{n_2 \cdot Q_{м2}} = \frac{1,078 \cdot 1103}{4 \cdot 364,5} = 0,82.$$

Таким чином при виборі дробарок КМД–2200Т1 їх кількість повинна становити 4 одиниці.

в) Для КМД–2500Т маємо наступні коефіцієнти: $k_w = 1,0$; $k_M = 0,75$; $k_K = 1,29$; $k_\delta = 1,25$. Продуктивність $Q_M = 120 \text{ м}^3/\text{год}$ (визначено інтерполяцією).

$$Q_{M3} = Q_M \delta_H k_K k_M k_\delta k_w = 120 \cdot 2 \cdot 1,29 \cdot 0,75 \cdot 1,25 \cdot 1,0 = 290,3 \text{ (т/год)}.$$

$n_3 = 4,1$ од. Приймаємо $n_3 = 6$ од. Коефіцієнт завантаження $k_3 = 0,68$.

з) Для КМД–3000Т маємо наступні коефіцієнти: $k_w = 1,0$; $k_M = 0,75$; $k_K = 1,2$; $k_\delta = 1,25$. Продуктивність $Q_M = 315 \text{ м}^3/\text{год}$ (визначено інтерполяцією).

$$Q_{M2} = Q_M \delta_H k_K k_M k_\delta k_w = 315 \cdot 2 \cdot 1,2 \cdot 0,75 \cdot 1,25 \cdot 1,0 = 708,8 \text{ (т/год)}.$$

$n_4 = 1,68$ од. Приймаємо $n_4 = 2$ од., $k_3 = 0,84$.

Визначимо необхідну площу сита для попереднього грохочення, якщо приймемо схему дрібного дроблення, яка зображена на рис. 14.

$$F = \frac{\gamma Q}{q \cdot \delta_H \cdot k \cdot l \cdot m \cdot n \cdot o \cdot p}.$$

Для наших умов при використанні сита з розміром 16 мм маємо наступні коефіцієнти: $q = 24,5 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$; $\delta_H = 2,0 \text{ т/м}^3$, $k = 0,76$; $l = 1,12$; $n = 1,0$; $o = 1,0$; $m = 1,18$; $p = 1,0$.

$$F = \frac{\gamma Q}{q \cdot \delta_H \cdot k \cdot l \cdot m \cdot n \cdot o \cdot p} = \frac{2,078 \cdot 1103}{24,5 \cdot 2,0 \cdot 0,76 \cdot 1,12 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,18 \cdot 1,0} = 46,57 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Визначимо кількість та тип грохоту за кожним із варіантів, відповідно вибраним дробаркам:

б) При установці дробарки КМД–2200Т1 площа сита грохоту становить:

$$F_2 = \frac{F}{n_2} = \frac{46,57}{4} = 11,64 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Згідно обчисленої площі сита вибираємо грохот ГВ-71Н ($F = 12,5 \text{ м}^2$).

в) При установці дробарки КМД–2500Т: $F_3 = \frac{F}{n_3} = \frac{46,57}{6} = 7,76 \text{ (м}^2\text{)}.$

Згідно обчисленої площі сита вибираємо грохот ГВ-61Н ($F = 8,0 \text{ м}^2$).

з) При установці двох дробарок КМД–3000Т від схеми із сумісним грохоченням, яка зображена на рис. А6 потрібно відмовитися (не має грохоту з площиною сита $46,57/2 = 23,24 \text{ м}^2$). В цьому випадку необхідно прийняти схему з попереднім та контрольним грохоченням (рис. А7) і загальна площа сита попереднього грохочення становить:

$$F_n = \frac{\gamma \cdot Q}{q \cdot \delta_H \cdot k \cdot l \cdot m \cdot n \cdot o \cdot p} = \frac{1103}{24,5 \cdot 2,0 \cdot 0,76 \cdot 1,12 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,18 \cdot 1,0} = 22,4 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Площа сита грохоту становить: $F_{4n} = \frac{F}{n_4} = \frac{22,4}{2} = 11,2 \text{ (м}^2\text{)},$

згідно якої вибираємо грохот ГІВ-71Н ($F=12,5 \text{ м}^2$).

Загальна площа сита контрольного грохочення становить:

$$F_{\kappa} = \frac{\gamma_{\text{од}} \cdot Q}{q \cdot \delta_{\text{н}} \cdot k \cdot l \cdot m \cdot n \cdot o \cdot p} = \frac{1,078 \cdot 1103}{24,5 \cdot 2,0 \cdot 0,76 \cdot 1,12 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,18 \cdot 1,0} = 24,15 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Площа сита грохоту становить: $F_{4\kappa} = \frac{F}{n_4} = \frac{24,15}{2} = 12,1 \text{ (м}^2\text{)}$, і згідно

неї вибираємо грохот ГІВ-71Н ($F=12,5 \text{ м}^2$).

Виконаємо економічне порівняння цих варіантів за допоміжними показниками, такими як металоємність та споживання електроенергії. Для цього зведемо необхідні дані в табл. А7.

Таблиця А7 – Порівняння схем установки дробарок дрібного грохочення

№ варіанту	Тип дробарки / грохоту	Кількість	Вага, т	Потужність ел. двигуна, кВт	Коефіцієнт завантаження	Сумарна вага, т	Сумарна ел. потужність, кВт
б	КМД-2200Т1	4	87,4	250	0,82	412	1120
	ГІВ-71Н	4	15,6	30			
в	КМД-2500Т	6	145,9	320	0,68	935	2052
	ГІВ-61Н	6	10	22			
г	КМД-3000Т	2	212,0	400	0,84	486,4	920
	ГІВ-71Н	4	15,6	30			

Як бачимо із порівняльної таблиці варіанти б та г більш економічні в порівнянні з варіантом в.

Який із двох варіантів б та г більш економічний важко сказати, так як в першому випадку менша сумарна вага устаткування, але більші витрати електроенергії, а в другому навпаки. Тому не буде помилкою вибір будь якого. Це залежить від індивідуального характеру студента. Я більш схильюся до варіанту б.

Технологічна схема стадії мілкового дроблення буде мати вигляд (рис. 17):

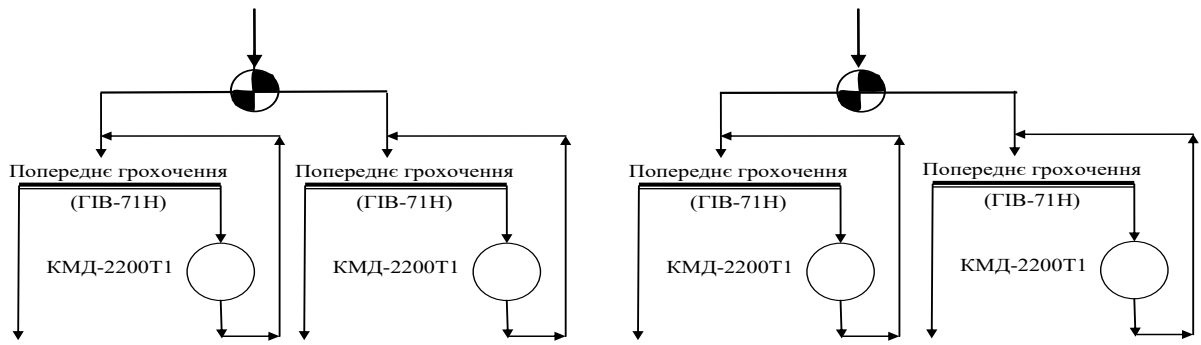


Рисунок А9 – Схема третьої стадії дроблення.

11. Зображення схеми ланцюгу апаратів

Схемою ланцюгу апаратів (установки) називається графічне зображення шляху проходження корисної копалини і продуктів її переробки через всі апарати із зазначенням їхнього типу, розміру і числа. Схема ланцюгу апаратів схеми дроблення зображена на рис. А10.

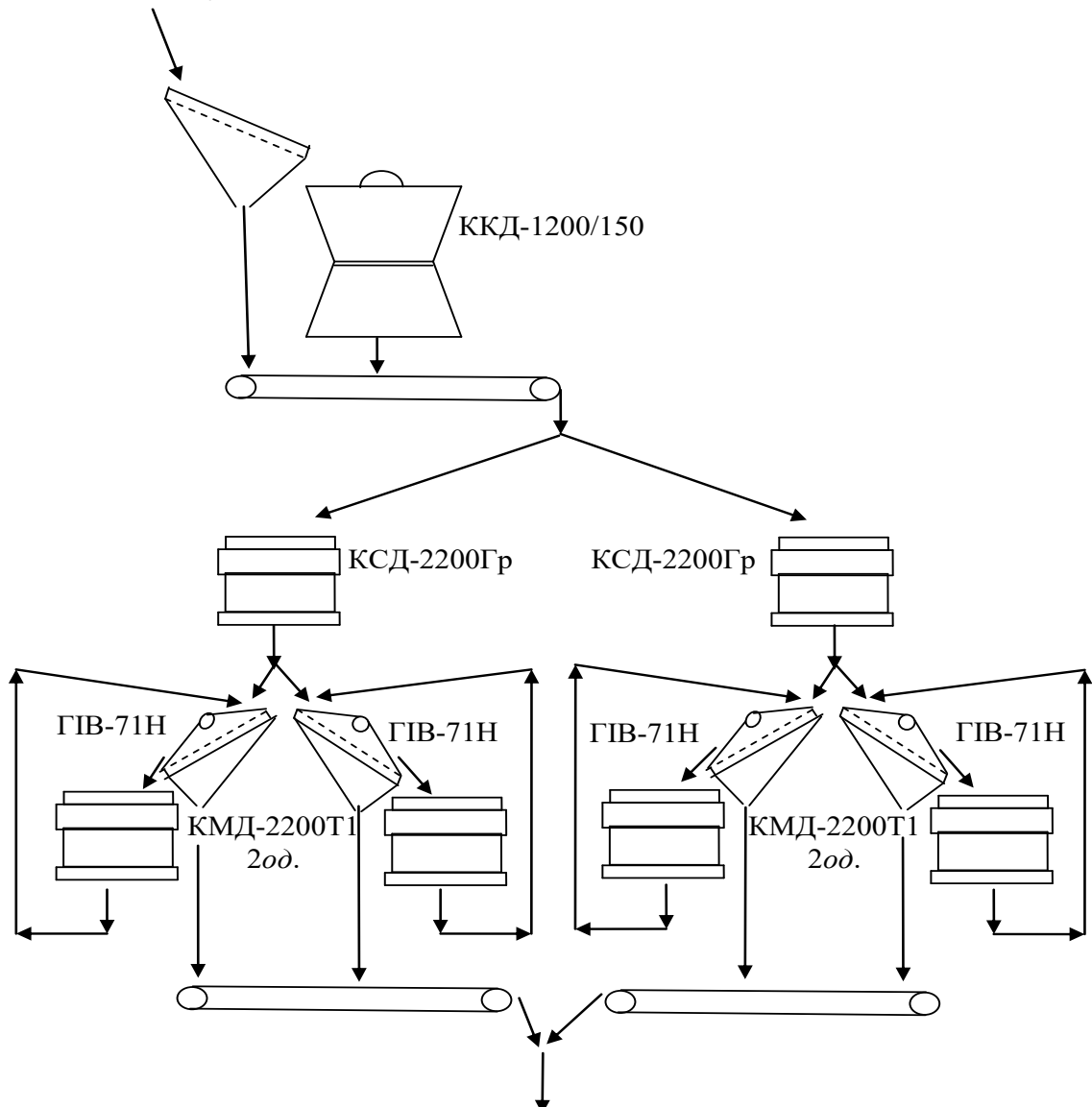


Рисунок А10 – Схема ланцюгу апаратів схеми дроблення.

Додаток Б

ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ КУРСОВОЇ РОБОТИ "ВИБІР УСТАТКУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК СХЕМИ ДРОБЛЕННЯ КОРИСНИХ КОПАЛИН"

Таблиця Б1 – Вихідні дані для розрахунку схеми дроблення

№ п/п	Продуктивність фабрики дроблення, млн. т/рік	Розмір максимального куска в початковій руді, мм	Номер характеристики крупності початкової руди	Коефіцієнт міцності породи за Протод'яконовим	Крупність живлення млинів, мм
1	10	1000	7	13	12
2	12	1100	4	15	15
3	14	900	10	17	12
4	16	1000	8	19	18
5	8	1100	5	14	20
6	7	900	12	16	13
7	14	1200	1	18	22
8	9	1100	6	20	18
9	10	1200	2	13	16
10	6	900	11	15	14
11	8	1000	9	17	18
12	11	1200	1	19	18
13	12	900	11	12	16
14	13	1000	7	14	22
15	14	1100	4	16	20
16	15	1200	3	18	24
17	16	1000	8	20	13
18	18	1200	2	19	18
19	5	900	12	17	10
20	24	1200	2	15	22
21	30	1200	3	18	25
22	20	1200	1	15	20
23	25	1200	3	20	18
24	6	1000	7	16	16
25	5	900	10	12	15

Таблиця Б2 – Гранулометричний склад руди, яка поступає з рудника на фабрику дроблення

Клас крупності, мм	Номер характеристики крупності руди											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	вихід класів, %											
–1200	100	100	100	100	100	100	100	100	100	–	–	–
–900	90	95	96	97	96	95	95	96	98	100	100	100
–700	60	85	92	90	85	80	80	85	92	92	96	95
–500	35	65	80	77	68	55	52	65	78	65	85	80
–300	15	35	60	55	45	20	20	40	55	32	60	45
–150	5	15	35	30	18	10	8	20	30	8	30	20

Додаток В

Технічна характеристика щоківих дробарок

Показники	Дробарки з складним ходом щоки				Дробарки з простим ходом щоки				
	ЩДС I- 2,5×4	ЩДС I- 2,5×9	ЩДС I- 4×9	ЩДС II- 6×9	ЩДП - 6×9	ЩДП - 9×12	ЩДП - 12×15	ЩДП - 15×21	ЩДП - 21×25
Розмір завантажувального отвору, мм:									
ширина В	250	250	400	600	600	900	1200	1500	2100
довжина L	400	900	900	900	900	1200	1500	2100	2500
Ширина розвантажувального зазору, номінальна, мм	40	40	65	100	120	130	155	180	250
Діапазон регулювання розвантажувального зазору, мм	±20	±20	±25	±25	±40	±35	±40	±45	±60
Частота обертання головного валу, об ⁻¹	275	280	290	250	–	200	150 (170)	125 (140)	–
Продуктивність, м ³ /год	10	18	30	60	70	180	280 (310)	550 (600)	750
Потужність електродвигуна, кВт	17	37	45	75	75	90	160	250	500
Вага без електроустаткування, т	2,5	8,0	12,0	20,0	24,3	69,5	140,7	250,0	500,0

Додаток Д

Технічна характеристика конусних дробарок для крупного дроблення

Показники	Дробарки з гідравлічним регулюванням зазору					Дробарки редуційні з гідравлічним регулюванням зазору	
	ККД– 500/75	ККД– 900/140	ККД– 1200/150	ККД– 1500/160– 250	ККД– 1500/180	КРД– 500/75	КРД– 900/100
Діаметр основи конуса дроблення, мм	1200	1700	1900	2900	2520	2040	2340
Ширина завантажувального отвору, мм:	500	900	1200	1500	1500	700	900
Ширина розвантажувального зазору, номінальна, мм	75	140	150	200	180	75	100
Діапазон регулювання розвантажувального зазору, мм	±15	110...160	±30	160...250	160...200	±15	±20
Продуктивність, м ³ /год	200	420	680	1850	1450	400	680
Потужність електродвигуна, кВт	110	250	320	2×320	400	250	400
Вага без електроустаткування, т	412,0	148,34	240,0	520,7	403,2	137,5	254,1

Додаток Е

Технічна характеристика конусних дробарок для середнього дроблення

Показники	КСД-600Гр	КСД-900Гр	КСД-1200Гр	КСД-1200Т	КСД-1750Гр	КСД-1750Т	КСД-2200Гр	КСД-2200Т	КСД-3000Т
Діаметр основи конуса дроблення, мм	600	900	1200	1200	1750	1750	2200	2200	3000
Ширина завантажувального отвору, мм:	75	130	185	125	250	200	350	275	475
Ширина розвантажувального зазору, мм	12...25	15...40	20...50	10...25	25...60	15...30	30...60	15...30	25...50
Довжина паралельної зони, мм	50	70	110	–	130	180	150	250	–
Найбільший розмір кусків в живленні, мм	65	110	160	110	220	180	310	250	425
Продуктивність, м ³ /год	19...40	30...70	77...115	42...95	170...320	100...190	360...610	180...360	425...850
Потужність електродвигуна, кВт	30	55	75	75	160	160	250	250	400
Вага без електроустаткування, т	4,3	11,22	23,2	23,33	48,05	40,1	86,8	87,7	208,1

Додаток 3

Технічна характеристика конусних дробарок для дрібного дроблення

Показники	КМД-1200Гр	КМД-1200Т	КМД-1750Гр	КМД-1750Т	КМД-2200Гр	КМД-2200Т1	КМД-2200Т2	КМД-2500Т	КМД-3000Т
Діаметр основи конуса дроблення, мм	1200	1200	1750	1750	2200	2200	2200	2500	3000
Ширина завантажувального отвору, мм:	100	50	130	80	140	100	85	140	120
Ширина розвантажувального зазору, мм	5...15	3...12	9...20	5...15	10...20	5...15	7...15	7...20	6...20
Найбільший розмір кусків в живленні, мм	80	40	100	70	110	85	75	110	100
Продуктивність, м ³ /год	45...60	27...50	95...130	85...110	220...260	160...220	120...150	95...250	300...400
Потужність електродвигуна, кВт	75	75	160	160	250	250	320	320	400
Вага без електроустаткування, т	23,5	23,5	47,5	47,6	90,5	87,4	87,6	145,9	212,0

Додаток К

Технічна характеристика нахилених інерційних грохотів важкого типу

Показники	ГІВ-31Н	ГІВ-32Н	ГІВ-41Н	ГІВ-42Н	ГІВ-51Н	ГІВ-52Н	ГІВ-61Н	ГІВ-71Н
Розмір поверхні сита, мм ширина довжина	1250 2500	1250 2500	1500 3000	1500 3000	1750 3500	1750 3500	2000 4000	2500 5000
Кількість сит	1	2	1	2	1	2	1	1
Розмір отворів сит, мм верхнього нижнього	12...200	12...200 12...25	12...200	12...200 12...30	12...200	12...200 12...30	12...200	12...200 12...30
Максимальна крупність продукту живлення, мм	300	300	800	300	400	400	300	800
Кут нахилу короба, градус	15...25	15...30	10...30	15...30	10...30	15...30	10...30	10...30
Амплітуда вібрацій, мм	4...6	3...5	3...5	3...5	3...7	3...8	5...8	4...8
Частота вібрацій короба, хв ⁻¹	700... 1000	700... 1000	700... 1000	700... 1000	600... 750	600... 750	520... 650	520... 750
Потужність електродвигуна, кВт	5,5	11	7	13	17	22	22	30
Вага грохота, т	3,8	5,1	5,5	6,0	6,0	7,3	10,0	15,6

Додаток Л

Поправочні коефіцієнти для визначення продуктивності інерційних та вібраційних грохотів

Показники	Умови грохочення та числові значення коефіцієнтів									
Вміст в початковому матеріалі зерен: розміром менше половини розміру отворів сита (для визначення коефіцієнта k); розміром більше розміру сита (для визначення коефіцієнта l)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Коефіцієнт k	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
Коефіцієнт l	–	0,94	0,97	1,03	1,09	1,18	1,32	1,55	2,0	3,36
Ефективність грохочення, %	40	50	60	70	80	90	92	94	96	98
Коефіцієнт m	2,3	2,1	1,9	1,65	1,35	1,0	0,9	0,8	0,7	0,45
Форма зерен	дроблений матеріал (крім вугілля)			округлена (напр. морська галя)			вугілля			
Коефіцієнт n	1,0			1,25			1,5			
Вологість матеріалу	для отворів сита менше 25 мм						для отворів сита більше 25 мм			
	сухий	вологий		комкуючий		в залежності від вологості матеріалу				
Коефіцієнт o	1,0		0,75...0,85		0,2...0,6		0,9 – 1,0			
Вид грохочення	для отворів сита менше 25 мм						для отворів сита більше 25 мм			
	сухе			мокре			не має значення			
Коефіцієнт p	1,0			1,25 – 1,4			1,0			

Додаток М

Параметри поверхонь для просіювання

Параметри сит із рифленого дроту

Тип сита	Номінальний розмір отвору на світло, мм	Діаметр дроту, мм		Тип сита	Номінальний розмір отвору на світло, мм	Діаметр дроту, мм	
		основи	вутка			основи	вутка
Частково рифлені	10	3,0	3,0	рифлені	20	5,0	5,6
	12	3,0	3,0		25	5,0	6,0
	13	3,0	3,0	Складно рифлені	32	5,0	5,0
	16	3,6	3,6		35	5,0	5,0
	18	3,6	4,0		37	5,0	6,0
	20	3,6	4,0		40	5,6	6,0
	22	3,6	4,0		45	5,6	6,0
	25	3,6	4,5		50	6,0	8,0
рифлені	8	3,0	3,0	55	6,0	10,0	
	10	3,0	3,6	60	6,0; 8,0	8,0; 10,0	
	13	3,0	4,0	65	8,0	10,0	
	14	3,6	4,0	70	8,0	10,0	
	15	3,6	4,0	75	10,0	10,0	
	16	4,0	5,0	80	10,0	10,0	
	18	5,0	5,6	100	10,0	10,0	

Листові решета з квадратними та круглими отворами мають стандартний ряд.

Розмір квадратних отворів листових сит: 5; 6; 10; 13; 14; 16; 20; 25; 32; 35; 37; 40; 42; 50; 60; 65; 70; 75; 80; 100; 150.

Діаметр круглих отворів сит: 7; 12; 15; 18; 20; 24; 26; 30; 32; 47; 50; 60; 75; 82; 90; 95.

Додаток Н

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

Кафедра гірничої справи

**Курсова робота
із "Підготовчих процесів
при збагаченні корисних копалин"
за освітньо-професійною програмою
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
«збагачення корисних копалин»
(спеціальність 184 «Гірництво»)**

Виконав (ла) студент(ка) групи _____
(шифр групи)

(ПІБ)

Робота містить результати власних досліджень та напрацювань. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело. Електронний та паперовий варіанти роботи є ідентичними/

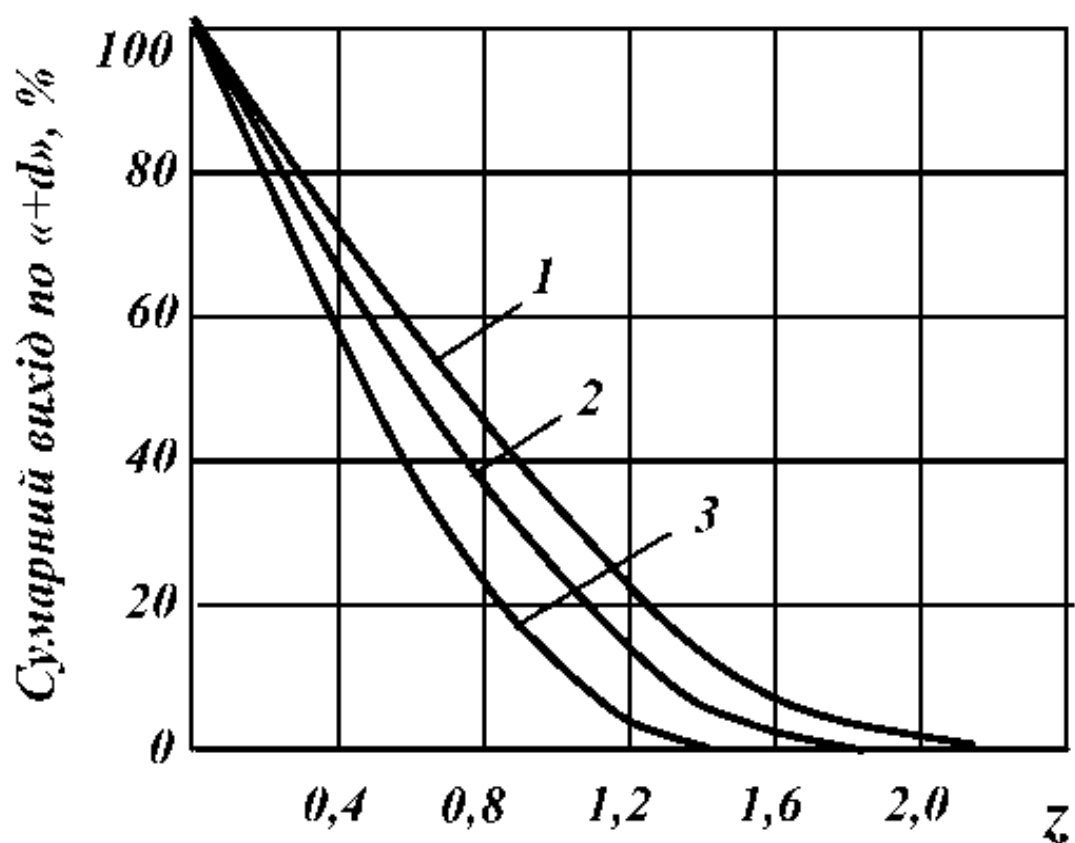
Керівник:

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

Запоріжжя 202_

Додаток П

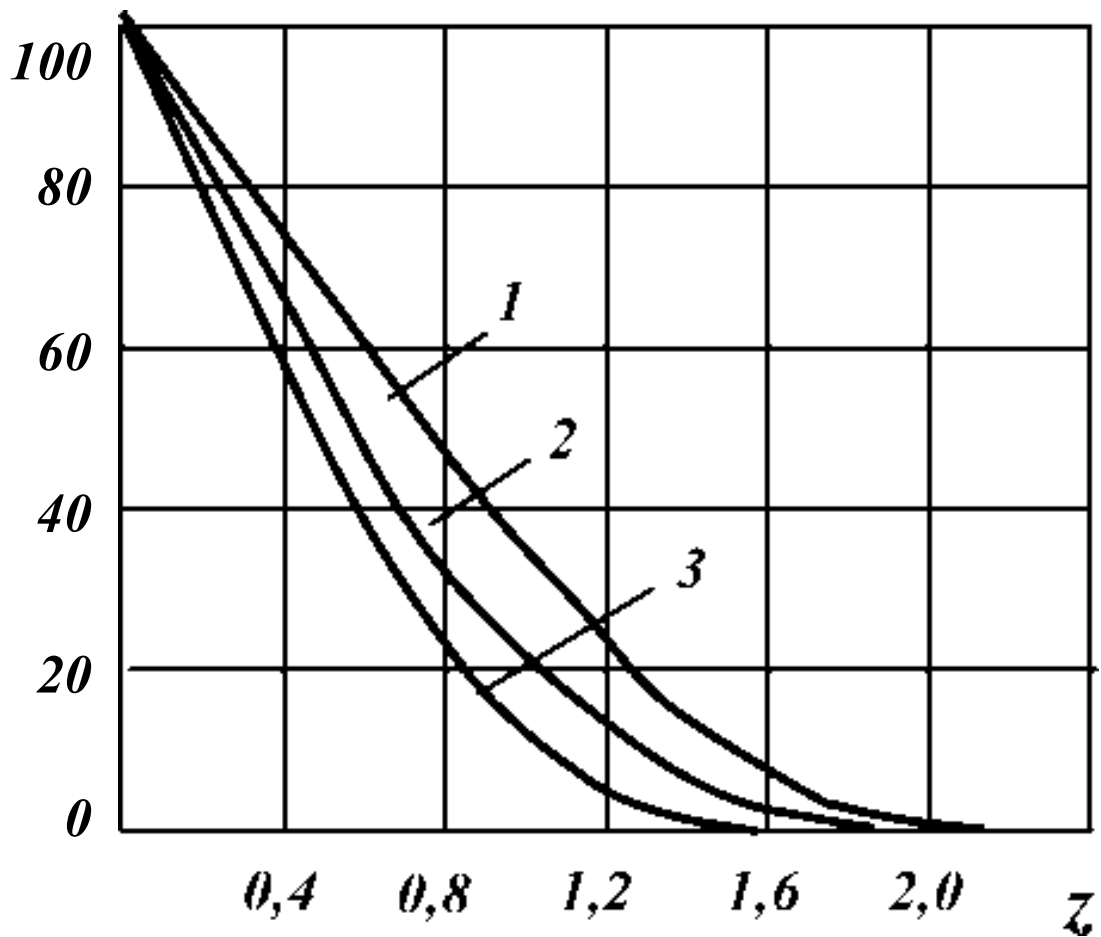
Типові характеристики крупності продуктів дроблення
щоківих дробарок



- 1 – руди великої міцності;
- 2 – руди середньої міцності;
- 3 – руди малої міцності

Додаток Р

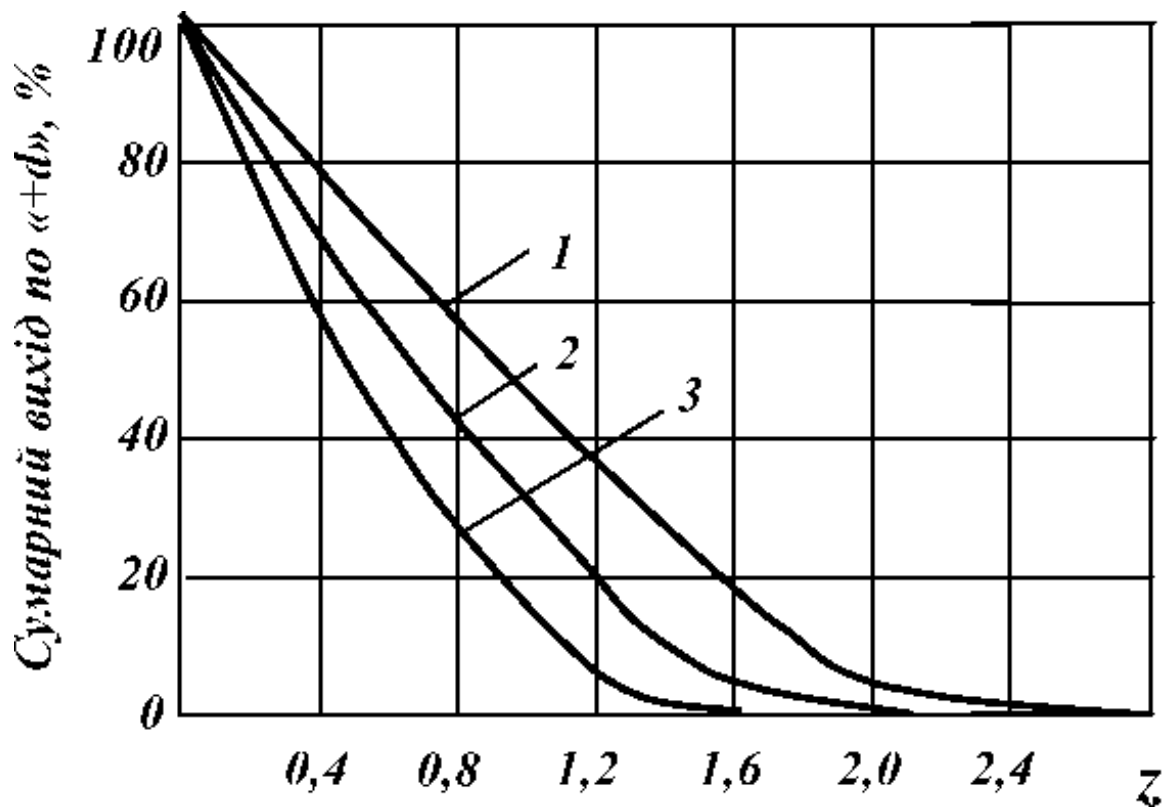
Типові характеристики крупності продуктів дроблення конусних дробарок крупного дроблення



- 1 – руди великої міцності;
- 2 – руди середньої міцності;
- 3 – руди малої міцності

Додаток С

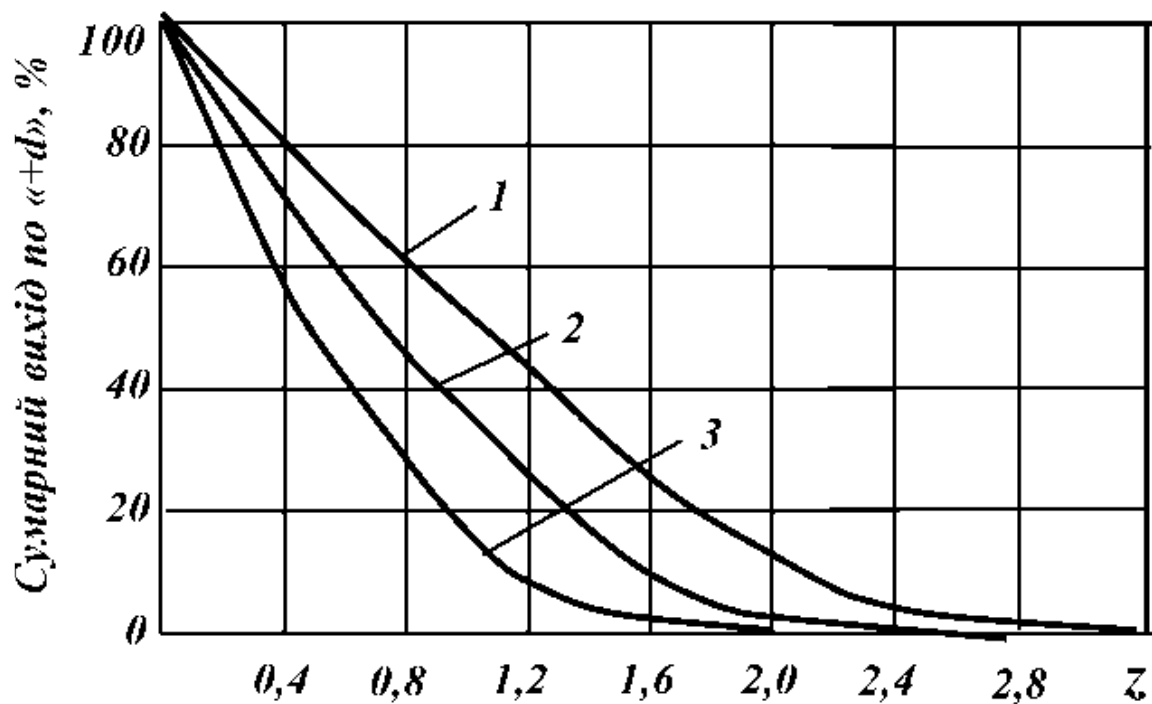
Типові характеристики крупності продуктів дроблення конусних дробарок середнього дроблення



- 1 – руди великої міцності;
- 2 – руди середньої міцності;
- 3 -- руди малої міцності

Додаток Т

Типові характеристики крупності продуктів дроблення конусних дробарок дрібного дроблення



- 1 – руди великої міцності;
- 2 – руди середньої міцності;
- 3 – руди малої міцності

Список джерел інформації

1. Смирнов В. О., Білецький В. С. Підготовчі процеси збагачення корисних копалин : навч. посіб. Донецьк : Східний видавничий дім, Донецьке відділення НТШ, 2012. 286 с.
2. Пілов П. І Проектування збагачувальних фабрик залізних руд : навч. посіб. Дніпро : Пороги, 2021. 220 с.
3. Білецький В. С., Олійник Т. А., Смирнов В. О., Скляр Л. В. Техніка та технологія збагачення корисних копалин. Частина І. Підготовчі процеси. Кривий Ріг : Видавець ФОП Чернявський Д. О., 2019. 200 с.
4. Підготовка корисних копалин до збагачення : монографія / Сокур М. І. та ін. Кременчук : ПП Щербатих О. В., 2017. 392 с.
5. Білецький В. С., Олійник Т. А., Смирнов В. О., Скляр Л. В. Основи техніки та технології збагачення корисних копалин : навч. посібн. Київ : Видавництво Ліра-К, 2020. 634 с.
6. Про освіту : Закон України від 05.09.2017 р. № 2145-VIII. Дата оновлення: 24.03.2024. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19#Text> (дата звернення: 20.06.2025).
7. Положення про академічну доброчесність здобувачів вищої освіти та працівників ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА» : МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА : веб-сайт. URL: <https://metinvest.university/data/file/c1/c9/c1c998364cec4bdbb42478109c72e17c.pdf> (дата звернення: 20.06.2025).
8. РЕКОМЕНДАЦІЇ щодо запобігання академічному плагиату та його виявлення в наукових роботах (авторефератах, дисертаціях, монографіях, наукових доповідях, статтях тощо) : лист МОН України від 15.08.2018 р. №1/11-8681. URL: <https://metinvest.university/data/file/6e/e6/6ee695d4571a43359e7c5db85d0df837.pdf> (дата звернення: 20.06.2025).
9. Правила цитування та посилання на використані літературні джерела. *Studopedia.org*. URL: <https://studopedia.org/2-31712.html> (дата звернення: 11.01.2024).
10. ДСТУ 3008-2015. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання. [На заміну ДСТУ 3008-95 ; чинний від 2017-07-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 31 с. URL: http://www.knmu.kharkov.ua/attachments/3659_3008-2015.PDF
11. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. [Чинний від 2016-07-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016.

12. Положення про організацію освітнього процесу у ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА». URL: <http://surl.li/jqhwek> (дата звернення: 31.05.2024).

Навчально-методичне видання

Костянтин Анатолійович Левченко
Наталія Володимирівна Кушнірук
В'ячеслав Ігорович Каменець
Іван Михайлович Чеберячко

Методичні вказівки
до виконання курсової роботи з дисципліни
"Підготовчі процеси
при збагаченні корисних копалин"
для студентів спеціальності
184 «Гірництво»
освітньо-професійної програми
“Збагачення корисних копалин”

самостійне електронне мережеве видання
Публікується в авторській редакції