

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства
та природокористування
Навчально-науковий механічний інститут
Кафедра розробки родовищ та видобування корисних копалин

02-06-59М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання курсового проєкту з навчальної дисципліни
«Технології переробки та збагачення корисних копалин»
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
за освітньо-професійними програмами спеціальності
184 «Гірництво» денної форми навчання

Рекомендовано науково-
методичною радою з якості ННМІ
Протокол № 8 від 16.03.2021 р.

Рівне – 2021

Методичні вказівки до виконання курсового проєкту з навчальної дисципліни «Технології переробки та збагачення корисних копалин» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійними програмами спеціальності 184 «Гірництво» денної форми навчання / Заєць В. В., Семенюк В. В., Оксенюк Р. Р. – Рівне : НУВГП, 2021. – 31 с.

Укладачі:

Заєць В. В., к.т.н., доцент кафедри розробки родовищ та видобування корисних копалин;

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

Оксенюк Р. Р., асистент кафедри розробки родовищ та видобування корисних копалин.

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

Керівник групи забезпечення спеціальності

Маланчук З. Р.

© Заєць В. В., Семенюк В. В.,
Оксенюк Р. Р., 2021
© НУВГП, 2021

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Вихідні дані до курсового проекту.....	5
1. Методичні рекомендації до виконання розрахункової частини курсового проекту	
1.1. Фізико-механічні властивості гірських порід.....	6
1.2. Розрахунок шокової дробарки зі складним рухом щоки.....	6
1.3. Розрахунок продуктивності вібраційних грохотів з круговими вібраціями короба.....	8
1.4. Охорона праці під час дроблення, подрібнення, сортування та збагачення корисних копалин	
1.5. Область застосування переробленого матеріалу в народному господарстві	9
2. Методичні вказівки до виконання графічної частини курсового проекту	39
ДОДАТКИ.....	41
Список рекомендованої літератури	55

Вступ

До процесів переробки корисних копалин відносять процеси дроблення і подрібнення, за рахунок яких відбувається розкриття мінералів шляхом руйнування їх зростків з порожньою породою (або зростків одних корисних мінералів з іншими), з утворенням механічної суміші частинок і уламків різного мінерального складу, а також процеси грохочення і класифікації, що застосовуються для розділення за крупністю отриманих механічних сумішей при дробленні і подрібненні. Основним завданням вказаних процесів є забезпечення крупності мінеральної сировини, необхідної для подальшого збагачення, а в деяких випадках, отримання кінцевого продукту заданого гранулометричного складу для безпосереднього використання в народному господарстві (сортування руд і вугілля).

Тому, метою курсового проєкту є застосування теоретичних та практичних знань з дисципліни «Технології переробки та збагачення корисних копалин» для прийняття технічних рішень з вибору раціонального обладнання та побудови економічно доцільних технологічних ліній.

Основними завданнями курсового проєкту є:

- закріплення теоретичних знань, отриманих під час вивчення дисципліни «Технології переробки та збагачення корисних копалин», практичними прикладними розрахунками;
- покращення навичок пошуку та користування довідковою і нормативною літературами;
- покращення навичок використання комп'ютерних програм для розрахунків та графічного зображення обладнання та устаткування.

ВИХІДНІ ДАНІ ДО РОЗДІЛУ 2

№ п/п	Максимальна крупність вихідної гірської породи D_{max} , мм	Максимальна крупність продукту дроблення d_{max} , мм	Гірська порода	Тимчасовий опір стиснення матеріалу, що дробиться σ , МПа	Модуль пружності матеріалу E , МПа	Кут захвату, град.
1	1000	300	доломіт	170	$7 \cdot 10^4$	15
2	1400	280	базальт	320	$10,6 \cdot 10^4$	16
3	1200	250	граніт	340	$0,49 \cdot 10^5$	17
4	1050	380	габро-діабаз	241	$12,7 \cdot 10^4$	18
5	900	200	лабрадорит	78	0,807	19
6	1800	320	мрамор	120	$0,56 \cdot 10^5$	20
7	1650	240	туф	96	$7,1 \cdot 10^4$	21
8	1420	200	сланець	86	$6,5 \cdot 10^4$	22
9	860	180	пісковик	80	$6,5 \cdot 10^4$	23
10	980	210	порфірит	96	$7,0 \cdot 10^4$	24
11	900	200	гранодіорит	110	$5,3 \cdot 10^4$	23
12	1250	260	базальт	140	$6,2 \cdot 10^4$	22
13	1500	360	туф	92	$6,8 \cdot 10^4$	21
14	1750	250	габро-діабаз	262	$12,7 \cdot 10^4$	20
15	1600	340	гранодіорит	100	$5,2 \cdot 10^4$	19
16	2000	400	Доломіт	180	$6,8 \cdot 10^4$	18
17	1400	320	мрамор	220	$0,59 \cdot 10^5$	17
18	1200	280	граніт	240	$0,49 \cdot 10^5$	16
19	1100	240	сланець	82	$6,3 \cdot 10^4$	15
20	1800	350	пісковик	80	$6,5 \cdot 10^4$	16
21	1150	220	порфірит	100	$6,9 \cdot 10^4$	17
22	1380	380	базальт	200	$8,2 \cdot 10^4$	18
23	1550	300	базальт	320	$9,9 \cdot 10^4$	19
24	1600	240	габро-діабаз	256	$12,7 \cdot 10^4$	20
25	1200	320	базальт	250	$9,5 \cdot 10^4$	21

ВИХІДНІ ДАНІ ДО РОЗДІЛУ 3

№ п/п	Продуктивність за вихідним матеріалом $Q, \text{ т/год}$	Насипна густина $\delta, \text{ т/м}^3$	Тип руди	Вид грохочення	Ефективність грохочення $\epsilon, \%$	Класи грохочення, мм	ВИХІД «ПО МІНУСУ» за класами грохочення, %	Початкова крупність $a, \text{ мм}$
1	145	1,7	Суша	Суше	90	+25; -25+16; -16	60;40	35
2	155	1,6			89	+30; -30+13; -13	65;40	42
3	160	1,65			92	+20; -20+13; -13	50;35	38
4	100	1,8			88	+40; -40+20; -20	65;32	55
5	110	1,4			86	+16; -16+6; -6	55;25	24
6	120	1,45			87	+20; -20+3; -3	65;30	29
7	135	1,87			91	+10; -10+6; -6	70;40	18
8	130	1,8			90	+50; -50+25; -25	73;41	60
9	105	1,6			85	+60; -60+20; -20	66;36	74
10	108	1,54			86	+25; -25+13; -13	65;40	36
11	96	1,55			88	+13; -13+6; -6	58;32	22
12	112	1,48			89	+40; -40+10; -10	68;40	45
13	132	1,95			91	+6; -6+2; -2	65;35	14
14	125	2,0			84	+60; -60+30; -30	55;35	86
15	152	1,42			85	+25; -25+10; -10	65;25	42
16	148	1,9			90	+50; -50+10; -10	55;35	28
17	154	1,75			87	+40; -40+13; -13	70;30	55
18	115	1,78			88	+10; -10+6; -6	70;50	24
19	118	1,83			86	+50; -50+25; -25	73;41	70
20	128	1,85			90	+60; -60+20; -20	72;36	70
21	141	2,1			91	+25; -25+13; -13	65;40	34
22	133	2,25			89	+25; -25+16; -16	62;32	39
23	136	2,2			92	+30; -30+13; -13	60;40	44
24	116	2,4			87	+20; -20+13; -13	65;35	32
25	102	2,35			84	+40; -40+20; -20	50;25	53

1. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКОВОЇ ЧАСТИНИ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ

Структура пояснювальної записки

Курсовий проєкт у закінченому вигляді складається із пояснювальної записки та графічної частини (аркуш формату А3 див. п. 2).

Пояснювальна записка включає:

- титульний аркуш – 1 с.,
- завдання на проектування – 1 с.,
- зміст – 1 с.,
- вступ – 1...2 с.,
- основна частина – 15...17 с.,
- висновки – 1...2 с.

Основна частина складається з наступних розділів:

1. Фізико-механічні властивості гірської порід.
2. Розрахунок шоккової дробарки зі складним рухом щоки.
3. Розрахунок продуктивності вібраційних грохотів з круговими вібраціями короба.
4. Охорона праці під час дроблення, подрібнення, сортування та збагачення корисних копалин
5. Область застосування переробленого матеріалу в народному господарстві.

У вступі необхідно показати основні напрямки розвитку і удосконалення процесів дроблення та грохочення; мету і завдання курсового проєкту.

В основній частині наводяться необхідні обґрунтування прийнятих рішень, розрахунки та схеми.

У висновках необхідно сформулювати основні рекомендації з виконання курсового проєкту.

Запозичений з літератури матеріал необхідно супроводжувати посиланням на джерело.

Рисунки і схеми, які містяться у записці, повинні виконуватись відповідно до існуючого стандарту і не дублюватися в графічній частині.

Вимоги до оформлення пояснювальної записки курсового проекту

Темою курсового проекту є розрахунок параметрів обладнання для виконання процесів дроблення та грохочення.

Текст пояснювальної записки курсового проекту оформляється у текстовому редакторі Microsoft Word 2003-2020, на листах формату А4 (210x297 мм) з міжрядковим інтервалом 1,5 пт.

Встановлюються наступні поля сторінок: зліва – 20 мм, справа, зверху та знизу – 5 мм.

Для набору тексту використовується шрифт Times New Roman, розмір – 14 пт. Шрифт повинен бути чітким, колір – чорний, щільність тексту – однаковою.

У тексті пояснювальної записки повинні бути чітко виділені абзаци – 10 мм.

Текст пояснювальної записки курсового проекту поділяють на розділи та підрозділи. Кожний розділ починають з нової сторінки.

Першою сторінкою роботи є титульний аркуш, який входить до загальної нумерації сторінок. Наскрізна нумерація сторінок проставляється, починаючи зі сторінки «ЗМІСТ» та закінчується останньою сторінкою роботи.

Кожний аркуш пояснювальної записки повинен мати рамку чорного кольору, виконану друкарським способом. Рамку наносять суцільною основною лінією на відстані 20 мм від лівого поля і 5мм від інших полів аркуша

Починаючи із змісту на кожному аркуші паперу має бути основний напис. Основні написи бувають двох видів: для першого аркуша розділу (рис. 1) і для наступних аркушів (рис. 2) згідно з ГОСТ 2.104-2006.

					(Поле для шифрування документа)			
Зм.	Арк..	№докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Студент				(Назва розділу)	Ліг	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Керівник							
Рецензент						(Скорочена назва інституту, номер та шифр академічної групи)		
Н. Контр.	Керівник							
Затв.								

Рис. 1. Основний напис для першого аркушу розділу

					(Поле для шифрування документа)		Арк.
Зм.	Арк...	№ докум.	Підпис	Дата			

Рис. 2. Основний напис для наступних аркушів розділу.

При оформленні математичних формул необхідно дотримуватися наступного стилю: гарнітура шрифту – Times New Roman (Суг) 14 пт, шрифт – звичайний, відступ – 0,5 см, рівняння – по центру, табуляція – по правому краю.

Для набору формул використовувати редактор формул Microsoft Equation 3.0, задавши наступні параметри: великі, малі грецькі літери та символи – шрифт Symbol, інші – Times New Roman Суг. Розміри: звичайний – 14 pt, крупний індекс – 8 pt, дрібний індекс -7 pt, крупний символ -18 pt, дрібний символ – 14 pt.

При використанні формул необхідно дотримуватися певних техніко-орфографічних правил. В середині тексту допускається писати нескладні або допоміжні формули. Основні формули розміщують окремим рядком.

Для економії місця кілька коротких однотипних формул, відокремлених від тексту, можна подати в одному рядку, а не одну під одною.

Якщо рівняння не вміщується в один рядок, його слід перенести після знаку рівності (=) або після знаків плюс (+), мінус (-), множення (x) і ділення (:). Нумерувати слід лише ті формули, на які є посилання у наступному тексті, інші нумерувати не рекомендується.

Формули нумерують у межах розділу. Номер формули задається арабськими цифрами і складається з номера розділу та порядкового номера формули в розділі, відокремлених крапкою.

Номер формули зазначають на рівні формули у круглих дужках, у крайньому правовому положенні, наприклад, (2.1) (перша формула другого розділу). Номер, який не вміщується у рядку з формулою, переносять у наступний рядок – нижче формули. Номер формули при її перенесенні вміщують на рівні останнього рядка. Якщо формула знаходиться у рамці, то номер такої формули записують із зовнішньої сторони рамки з правого боку навпроти основного рядка формули.

1.1. Фізико-механічні властивості гірських порід

В даному розділі необхідно зазначити повну інформацію про властивості гірських порід, які мають важливе значення при виборі обладнання для її переробки (міцність, твердість, густина, модуль Юнга та ін.).

Твердість гірських порід – властивість чинити опір зовнішньому механічному впливу іншого твердішого тіла, тобто деформуванню при місцевій силовій дії твердих тіл на їх поверхню. Ця властивість зумовлена в основному міцністю кристалічної ґратки (тобто типом структури, природою і силою хімічного зв'язку, розміром і зарядом частинок, міжатомними відстанями і ін.) і її механічними параметрами (пружністю, пластичністю, крихкістю, наявністю і кількістю дислокацій). Залежно від методу випробування розрізняють твердість: дряпання, втиснення, шліфування. Визначається переважно методами Брінелля, Віккерса, Роквелла, Шора або Мооса.

Міцність гірських порід – їх властивість в певних умовах, не руйнуючись, сприймати впливи механічних навантажень, температурних, магнітних, електричних і ін. полів, нерівномірне протікання фізико-хімічних процесів в різних частинах гірських порід. Розрізняють такі різновиди міцності мінералів:

- теоретичну – обчислену на основі обліку сил міжатомного зчеплення (вона відповідає приблизно 1/6 модуля поздовжньої пружності);

- статичну – властивість гірських порід сприймати короточасні навантаження, прикладені з постійною швидкістю;

- динамічну – властивість гірських порід сприймати, не руйнуючись, динамічне навантаження;

- тривалу – міцність гірських порід, що знаходяться тривалий час під навантаженням; зменшення міцності породи в результаті збільшення тривалості дії навантаження характеризується коефіцієнтом розслаблення, що дорівнює відношенню миттєвої межі міцності на стиснення до певного значення тривалої міцності гірської породи (для глини цей коефіцієнт дорівнює 1,5, для пісковика - 1,8, бетону - 1,7);

- залишкову – рівень несучої здатності зруйнованої гірської породи, що дорівнює мінімальним напруженням при даній величині деформації, які порода витримує без подальшого деформування і руйнування;

- електричну – визначається значеннями напруги пробою.

Крім того, розрізняють контактну міцність гірських порід – властивість приповерхневого шару породи протистояти руйнуванню при місцевих контактних впливах. Остання використовується як критерій руйнівної здатності порід різцями та шарошковим інструментом. Показниками, що характеризують міцність гірських порід, для різних випадків, є: межі міцності порід на стиснення $\sigma_{ст}$, розтягнення σ_p , на зсув $\sigma_{зс}$, вигин $\sigma_{виг}$, а також текучості σ_m , повзучості σ_n та ін.

Тривкість гірських порід – загальноприйняте умовне поняття, яке символізує сукупність механічних властивостей мінералів, що виявляється в різних технологічних процесах при видобутку і переробці корисних копалин. Тривкість – здатність гірських порід чинити опір руйнуванню під дією зовнішніх сил. Тривкість залежить від твердості, в'язкості, крихкості, пружних властивостей, мінералогічного складу і структури, щільності. Тривкість зростає зі збільшенням сил зв'язку між частинками і

окремими частинами гірських порід та вмісту міцних мінералів в породи і знижується, як правило, при зволоженні.

Крихкість гірських порід – їх властивість порівняно легко рватися, ламатися або руйнуватися при статичному навантаженні без помітної залишкової деформації (не більше за 5% від величини деформацій руйнування). Абсолютна більшість гірських порід належить до крихких матеріалів.

Абразивність гірських порід – здатність гірських порід зношувати тверді тіла, які контактують з ними (деталі машин, бурових доліт, інструменти та ін.). Зумовлена в основному міцністю, розмірами і формою мінеральних зерен, що складають породу. Абразивність оцінюють за ступенем зносу штифтів, стержнів, металевих кілець, які труться по поверхні порід при бурінні або різанні, а також за ступенем стирання порід абразивними матеріалами.

Водопроникність гірських порід – здатність порід пропускати через себе воду (через порожнечу – пори, тріщини) під дією гравітаційної сил, напору або капілярного підняття.

Кількісно водопроникність (водотривкість) оцінюється об'ємом води, що проходить через одиницю поверхні за одиницю часу при градієнті тиску (коефіцієнт проникності), що дорівнює одиниці, або швидкістю переміщення води в породах (коефіцієнт фільтрації)

Реологічні властивості гірських порід – сукупність властивостей, які визначають здатність гірських порід змінювати у часі напружено-деформований стан в полі дії механічних сил. До основних реологічних властивостей належать: пружність, пластичність, міцність, в'язкість, повзучість, релаксація напружень. Дані властивості характеризують зміну (зростання) в часі деформацій в гірській породі при постійному напруженні (явище повзучості) або зміну (зменшення) напружень при постійній деформації (явище релаксації). Повзучість і релаксація напружень пов'язані з переходом пружних деформацій в пластичні, незворотні. Прояви реологічних властивостей значною мірою залежать від типу породи, вологості, тріщинуватості, температури, але вирішальним є рівень напруженого стану.

Пластичність гірських порід – властивість гірських порід змінювати свою форму (деформуватися) без мікроскопічних порушень зв'язності (суцільності) під дією механічного навантаження.

Повзучість гірських порід – повільна безперервна пластична деформація під впливом постійного навантаження або механічного напруження. Повзучість в тому чи іншому ступені властива всім твердим тілам, як кристалічним, так і аморфним. Повзучість має місце при температурах від криогенної до температури плавлення.

Пружність гірських порід – властивість відновлювати початкову форму і розміри після зняття механічного навантаження. Повне відновлення можливе тільки у випадку, якщо не перевищена межа пружної деформації. Пружність оцінюється параметрами пружності: коефіцієнтом пропорційності між напруженнями і відповідними їм пружними деформаціями.

1.2. Розрахунок шокОВОЇ дробарки зі складним рухом шоки

У даному розділі необхідно дати коротку характеристику шокОВИХ дробарок (будова, принцип дії та ін.), а також виконати наступні розрахунки.

Вибір типорозміру дробарки

Головними параметрами шокОВІ дробарки, які визначають її типорозмір, є розмір приймального отвору і розмір вихідної щілини $B \times L \times b$.

Ширина приймального отвору (B) повинна забезпечити вільний прийом кусків максимальної круппності

$$B = \frac{D_{\max}}{0,85}, \quad (1)$$

де D_{\max} – максимальний розмір вихідного матеріалу, м.

Довжина камери дроблення L знаходиться в залежності від B за формулою:

$$L = (1,2...2,3)B \quad (2)$$

Ширина b вихідної щілини при використанні стандартних дробильних плит пов'язана з максимальною крупністю кусків в готовому продукті залежністю

$$b = \frac{d_{\max}}{K_{\text{ек}}}, \quad (3)$$

де $K_{\text{ек}}$ – коефіцієнт відносної крупності продукту дроблення в щоківих дробарках ($K_{\text{ек}} = 1,2...1,9$).

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

Визначення розмірів механізму дробарки

Розміри основних елементів механізму щоківної дробарки визначаються конструктивно.

Висота камери дроблення:

$$H = \frac{B - b}{\text{tg } \alpha}, \quad (4)$$

де α – кут захвату, град.;

Решта розмірів щоківі дробарки (рис. 3) необхідно обчислити за співвідношеннями, наведеними у табл. 1.

Таблиця 1.

Розміри основних елементів щоківної дробарки

Параметр	Залежність	Параметр	Залежність
B_1	$(1,7...2,1) B$	l_3	$(0,8... 1,4) B$
B_3	$(0,6...0,9) B$	l_4	$(0,6...1,0) B$
B_5	$(2,5...5,0) B$	d_1	$(0,4...0,7) B$
B_6	$(2,0...3,0) B$	d_2	$(0,35...0,65) B$
H_1	$(2,2...3,5) B$	β град	20...25
l	$(0,16,0,32) B$	γ , град	5...12
r	$(0,03...0,05) B$		

Таблиця 2

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

Назва деталі	Залежність
Станина в зборі	$(0,32...0,4)m_{\text{заг}}$
Дробильна плита:	
- рухома	$(0,035...0,05)m_{\text{заг}}$
- нерухома	$(0,03...0,05)m_{\text{заг}}$
Бокова броня	$(0,01...0,02)m_{\text{заг}}$
Вал привідний (ексцентриковий)	$(0,035...0,06)m_{\text{заг}}$
Вал привідний в зборі (зі шківом, маховиком, шатуном і муфтами)	$(0,49...0,6)m_{\text{заг}}$
Щока рухома без дробильної плити	$(0,13...0,2)m_{\text{заг}}$
Плита розпірна:	
- передня	$(0,01...0,016)m_{\text{заг}}$
- задня	$(0,01...0,016)m_{\text{заг}}$
Шків	$(0,06...0,07)m_{\text{заг}}$
Маховик	$(0,06...0,08)m_{\text{заг}}$
Муфта фрикційна	$(0,005...0,007)m_{\text{заг}}$

Визначення конструктивних та технологічних параметрів дробарки

Хід рухомої щоки. Оптимальні значення ходу стиснення для щоккових дробарок з різною кінематикою визначаються експериментально.

Для дробарок із складним рухом:

- хід рухомої щоки вгору:

$$S_e = (0,06...0,03)B, \text{ мм} \quad (5)$$

- хід рухомої щоки вниз:

$$S_n = 7 + 0,10 \cdot b, \text{ мм} \quad (6)$$

Величина середнього ходу рухомої щоки дробарки:

$$S_{cp} = \frac{S_e + S_n}{2}, \text{ мм} \quad (7)$$

Число обертів ексцентрикового валу дробарки

Число обертів ексцентрикового валу дробарки визначається за формулою:

$$n = 0,5 K_D K_{CT} \sqrt{\frac{g \cdot \operatorname{tg} \alpha}{2 S_n}}, \text{ об/с} \quad (8)$$

де K_D – коефіцієнт динамічності, для проектованої дробарки $K_D = 0,8$; K_{CT} – коефіцієнт, що враховує стиснене падіння матеріалу, що дробиться з камери дробарки, $K_{CT} = 0,9 \dots 0,95$; α – кут захвату, град; S_n – хід рухомої шоки вниз у камери дроблення, м.

Оптимальне число обертів валу дробарки повинне відповідати максимальній продуктивності дробарки.

Продуктивність шокової дробарки

Продуктивність щоків дробарок визначається за формулою:

$$\Pi = \frac{K_\kappa \cdot S_{cp} \cdot L \cdot B \cdot n \cdot (B + b)}{2 \cdot D_{ce} \cdot \operatorname{tg} \alpha} \quad (9)$$

де K_κ – коефіцієнт кінематики, для дробарок із складним рухом $K_\kappa = 1$; S_{cp} – середній хід рухомої шоки, м; L – довжина приймального отвору, м; b – ширина вихідної щілини, м; n – частота обертів ексцентрикового валу дробарки, об/с; B – ширина приймального отвору, м; D_{ce} – середньозважений розмір шматків у вихідному матеріалі, м; α – кут захвату, град.

Для дробарок, що працюють на рядовий гірничій масі, переважно з шириною приймального отвору 900 мм і більше середньозважений розмір шматків D_{ce} можна визначити з виразу:

$$D_{св} = 0,31 \cdot B, \text{ мм} \quad (10)$$

Середньозважений розмір дробленого продукту дорівнює

$$d_{св} = 0,31 \cdot b, \text{ мм} \quad (11)$$

Розрахунок потужності основного приводу

Потужність основного приводу щокової дробарки розраховується за формулою:

$$N = \frac{K_{np} \cdot \sigma^2 \cdot \pi \cdot L \cdot n}{0,01224 \cdot E \cdot \eta} \cdot (D_{св}^2 - d_{св}^2), \text{ кВт} \quad (12)$$

де K_{np} – коефіцієнт пропорційності, що враховує зміни міцності матеріалу зі зміною його розмірів, $K_{np} = 0,92$; σ – тимчасовий опір стисненню матеріалу, що дробиться, МПа; L – довжина приймального отвору дробарки, м; n – частота обертання ексцентрикового валу, с^{-1} ; E – модуль пружності матеріалу, МПа; $D_{св}$ і $d_{св}$ – середньозважений розмір відповідно вихідного матеріалу і продукту дроблення, м; η – механічний ККД приводу, $\eta = 0,8 \dots 0,9$.

Потужність електродвигунів для щокових дробарок досить близька до фактичної.

Визначення навантаження на елементи дробарки

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

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

$$P = p \cdot F_{дроб}, \text{ Н} \quad (13)$$

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

$$F_{дроб} = H \cdot L, \text{ м}^2 \quad (14)$$

p – питоме зусилля дроблення, $\text{Н}/\text{м}^2$.

Значення p рекомендується визначати з виразу

$$p = \frac{\sigma}{300} \cdot \left(1,85 + \frac{0,25}{B} \right) \cdot K_{\alpha} \quad (15)$$

де σ – межа міцності (тимчасовий опір стисненню) вихідної гірської породи на стиск, Н/м²; K_{α} – коефіцієнт, що враховує зміну p залежно від зміни кута захвату дробарки, $K_{\alpha} = 1,14$.

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

$$P_{\max} = K_{zan} \cdot P \quad (16)$$

де K_{zan} – коефіцієнт запасу, $K_{zan} = 1,4 \dots 1,5$

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

1.3. Розрахунок продуктивності вібраційних грохотів з круговими вібраціями короба

При проектуванні установок з використанням грохотів, їх параметри вибирають за орієнтовними усередненими показниками продуктивності.

В основу розрахунку приймають продуктивність грохота за вихідним матеріалом або підрешітним продуктом в м³/год на 1 м² площі сита при заданому розмірі отворів. Конкретні умови грохочення враховуються введенням ряду коефіцієнтів, які залежать від характеристики крупності вихідного матеріалу, ефективності грохочення, форми зерен, способу грохочення (сухого чи мокрого) та інших умов.

Відомі три методи розрахунку вібраційних грохотів: для руд, для вугілля та для будівельних матеріалів. В курсовому проекті розрахунок грохотів виконується для руд.

Нижче наведено **приклад розрахунку** вібраційних грохотів для наступних умов: грохочення на три класи +25; -25+10; -10мм; продуктивність за вихідним матеріалом 150 т/год; насипна густина руди 1,7 т/м³; руда суха, грохочення сухе; необхідна ефективність грохочення за класами -25 і -10мм –

90%. Початкова крупність 0,04 м, крупність готового продукту 0,005 м. (рис. 4).

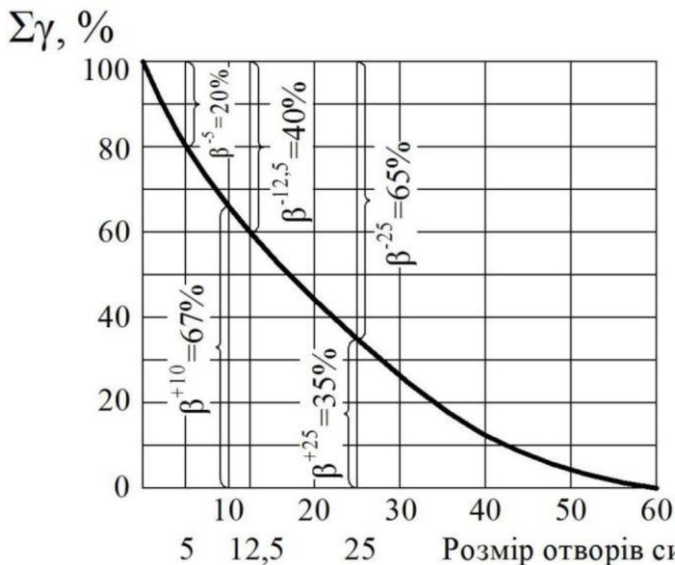


Рис. 4. Характеристика крупності вихідної дробленої руди (для прикладу розрахунку грохотів)

Масова продуктивність грохота за вихідним матеріалом визначається за емпіричною формулою:

$$Q = F \cdot q \cdot \delta \cdot k \cdot l \cdot m \cdot n \cdot o \cdot p \quad (16)$$

де F – робоча площа сита, m^2 ; q – середня продуктивність на $1 m^2$ поверхні сита, $m^3/год$ (додаток А); δ – насипна густина матеріалу, що піддається грохоченню, t/m^3 ; k, l, m, n, o, p – поправочні коефіцієнти (додаток Б).

Робоча площа сита визначається за формулою:

$$F = 0,85 \cdot B \cdot L, m^2 \quad (17)$$

де B і L – відповідно ширина і довжина короба, м.

Якщо вказуються розміри сита, то коефіцієнт 0,85 не враховується.

Продуктивність двоситних грохотів розраховується за верхнім і нижнім ситами. Ефективна робоча площа нижнього сита приймається рівною $F/0,7$, що пов'язано з неповним його

використанням.

Визначення площі верхнього сита

З додатку А вибираємо значення q відповідно до вихідних даних розміру отворів сита та з додатку Б значення коефіцієнтів k, l, m, n, o, p .

$$q = 31 \text{ м}^3/(\text{м}^2\text{год})$$

При вмісті класу -12,5 мм $\beta^{12,5}=40\%$, тоді $k=1$; при вмісті класу +25 мм $\beta^{25}=35\%$, тоді $l=1,06$; при ефективності грохочення 90% $m=1$; коефіцієнти n, o і p рівні 1.

Значення підставляємо у формулу (18) та виконуємо розрахунок площі верхнього сита:

$$F = \frac{Q}{q \delta k l m n o p} = \frac{150}{31 \cdot 1,7 \cdot 1 \cdot 1,06 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1} = 2,69 \text{ м}^2 \quad (18)$$

Визначення площі нижнього сита

Для вибору коефіцієнтів k і l необхідно знати вміст класів -5 і +10 мм в матеріалі, що подається на нижнє сито, у відсотках по відношенню до його маси.

Вихід матеріалу, що подається на нижнє сито, при ефективності грохочення за класом -25 мм $\varepsilon=90\%$ складає:

$$\gamma^{-25} = \frac{\beta^{-25} \varepsilon}{100\%} = \frac{65 \cdot 90}{100} = 58,5, \% \text{ вихідного} \quad (19)$$

Ефективність грохочення за класами -10 і +5 мм на верхньому ситі можна прийняти рівною 100%, тоді, відповідно значення виходу матеріалу, що подається на нижнє сито, вміст класів +10 і -5 мм буде рівним:

$$\beta^{+10} = \frac{\gamma^{-25} - \beta^{-10}}{\gamma^{-25}} \cdot 100\% = \frac{58,5 - 33}{58,5} \cdot 100 = 43,6\% \quad (20)$$

$$\beta^{-5} = \frac{\beta^{-5}}{\gamma^{-25}} \cdot 100\% = \frac{20}{58,5} \cdot 100 = 34,2\% \quad (21)$$

Відповідно для нижнього сита:

$$q = 19 \text{ м}^3/(\text{м}^2\text{год})$$

При $\beta^{-5}=34,2 \approx 34\%$ $k=0,88$; при $\beta^{+10}=43,6 \approx 44\%$ $l=1,13$; значення коефіцієнтів m, n, o і p рівні 1.

Тоді ефективна робоча площа рівна:

$$F = \frac{\gamma^{-25} Q}{q \delta k l m n p} = \frac{0,585 \cdot 150}{19 \cdot 1,7 \cdot 0,88 \cdot 1,13 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1} = 2,73 \text{ м}^2 \quad (21)$$

Для визначення розрахункової площі нижнього сита ефективною робочою площею слід збільшити з урахуванням коефіцієнту 0,7 (див. ст. 20). Таким чином, розрахункова площа нижнього сита рівна:

$$F_{розр} = \frac{F}{0,7} = \frac{2,73}{0,7} = 4 \text{ м}^2 \quad (22)$$

Грохот підбирається за найбільшою площею сита, яка рівна 4 м², з додатків В, Г, І. Такий грохот – ГИТ 32М.

Визначення швидкості коливання сит

Важливу практичну роль відіграє здатність грохотів до самоочищення отворів сит. Здатність до самоочищення визначається інерційними силами, які прикладаються до зерен в отворах, що застрягли.

Тому швидкість коливання сит визначаємо за формулою:

$$V_o = 7,72\sqrt{h} \quad (23)$$

де h – висота підкидання зерен над поверхнею сита, м. Експериментально встановлено, що самоочищення відбувається, якщо виконується умова:

$$h \geq 0,4a \quad (24)$$

де a – максимальний розмір фракції, м

$$h \geq 0,4 \cdot 0,04 = 0,016 \text{ м}$$

Приймаємо $h = 0,02$ м. Тоді:

$$V_o = 7,72\sqrt{0,02} = 1,1 \text{ м/с.}$$

Швидкість переміщення матеріалу визначається за формулою:

$$V = X_a \cdot \omega, \text{ м/с} \quad (25)$$

де X_a - амплітуда коливань, м; ω - кутова частота коливань, с⁻¹. Кутова частота коливань визначається за формулою:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}, \text{ с}^{-1} \quad (26)$$

де n - число обертів валу віброзбудника, об/хв ($n=975$).

$$\omega = \frac{3,14 \cdot 975}{30} = 102,05 \text{ с}^{-1}$$

Амплітуда коливань визначається за формулою:

$$X_a = \frac{K_d \cdot g \cdot \cos \alpha}{\omega^2 \cdot \sin \beta} \quad (27)$$

де K_d - динамічний коефіцієнт, що являє собою відношення сили тяжіння до площини, яка перпендикулярна ситам. Даний коефіцієнт враховує режим роботи грохота та навантаженість його конструкції. Для забезпечення прийнятної довговічності грохота приймається $K_d < 0,8$; α - кут нахилу сит до горизонту, град ($\alpha=15^\circ$); β - кут між площиною сит і направленою дією інерційних сил, ($\beta=35\dots 40^\circ$).

$$X_a = \frac{0,8 \cdot 9,81 \cdot \cos 15^\circ}{105,02^2 \cdot \sin 35^\circ} = 0,0012 \text{ м}$$

При призначенні амплітуди коливань потрібно враховувати, що прискорення W , яке перевищує 80 м/с^2 приводить до швидкого виходу з ладу вузлів грохота та виникнення тріщин в коробі. Тому повинна виконуватись умова:

$$W = \omega^2 \cdot X_a \leq 80 \text{ м/с}^2 \quad (28)$$

$$W = 105,02^2 \cdot 0,0012 = 13,24 \leq 80 \text{ м/с}^2$$

Тоді швидкість переміщення матеріалу становитиме:

$$V = 0,0012 \cdot 105,02 = 0,13 \text{ м/с}$$

1.4. Охорона праці під час дроблення, подрібнення, сортування та збагачення корисних копалин

В даному розділі, ґрунтуючись на нормативно-правових документах, необхідно описати особливості згаданого у курсовому проекті устаткування та зазначити правила охорони праці при їх експлуатації.

1.5. Область застосування переробленого матеріалу в народному господарстві

В даному розділі необхідно подати інформацію про заводи, цехи, технологічні лінії переробки гірської породи, яка

вказана у завданні, а також можливі напрямки використання готової продукції у народному господарстві.

2. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ГРАФІЧНОЇ ЧАСТИНИ ПРОЄКТУ

Графічна частина курсового проекту виконується на аркуші паперу формату А3 (297x420 мм) у масштабі, задовільному для читання. Аркуш паперу формату А3 оформлюється рамкою та основним написом відповідно до ГОСТ 2.104-2006. На графічному листі представляється схема механізму шокової дробарки зі складним рухом щоки з розмірами, розрахованими відповідно до вихідних даних (рис. 3).

ДОДАТКИ

Додаток А

Середня продуктивність вібраційних грохотів на 1 м² поверхні
сита

Отвори сита, мм	Середня продуктивність, м ³ /год	Отвори сита, мм	Середня продуктивність, м ³ /год
0,5	3,0	25	31
0,8	3,5	30	33,5
1	4,0	40	37
2	5,5	50	42
3	7,5	60	46
6	13	70	50
10	19	80	55
13	22	100	63
16	24,5	150	90
20	28	200	110

Поправочні коефіцієнти для розрахунку продуктивності
вібраційних грохотів

Вміст у вих. матеріалі зерен розміром менше половини розміру отворів сита, %	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
Вміст у вих. матеріалі зерен розміром більше половини розміру отворів сита, %	10	20	25	30	40	50	60	70	80	90
Коефіцієнт l	0,94	0,97	1,00	1,03	1,09	1,18	1,32	1,55	2,00	3,36
Ефективність грохочення, %	40	50	60	70	80	90	92	94	-	-
Коефіцієнт m	2,3	2,1	1,9	1,65	1,35	1,0	0,9	0,8	-	-
Форма зерен	Дроблений матеріал рівний (крім вугілля)					-	Округлений (морська галька)			Вуг.
Коефіцієнт n	1,0						1,25	1,5		
Вологість матеріалу	Для отворів сита менше 25 мм						Для отворів сита більше 25 мм			
	Сухий		Мокрий		Комкуючий		В залежності від вологості			
Коефіцієнт o	1,0		0,75-0,85		0,2-0,6		0,9-1,0			
Грохочення сухе чи мокре	Для отворів сита менше 25 мм						Для отворів сита більше 25 мм			
	Сухе		Мокре зі зрошенням				Будь яке			
Коефіцієнт p	1,0		1,25-1,40		-	-	1,0			

Додаток В

Основні параметри похилих інерційних грохотів з круговими
вібраціями

Параметри	Легкого типу ($\rho < 1,4 \text{ т/м}^3$)				Середнього типу ($\rho < 1,8 \text{ т/м}^3$)		
	ГИЛ32	ГИЛ42	ГИЛ43	ГИЛ 52	ГИС 42	ГИС 52	ГИС 62
Розміри поверхні просіювання, мм							
ширина	1250	1500	1500	1750	1500	1750	2000
довжина	2500	3750	3750	4500	3750	4500	5000
Площа одного сита, м^2	3,125	5,625	5,625	7,825	5,625	7,875	10,0
Розміри отворів сит (решіток), мм							
верхнього	50	50	8-60	55,60	20-70	20-40	-
нижнього	6, 8, 10, 13, 20, 25	6, 8, 10, 13, 20, 25	16-25	30, 35, 50	5-20	10-20	-
Допустима крупність вихідного матеріалу, мм	100	300	200	300	150	150	150
Кут нахилу коробка, град	10-25	10-25	10-25	10-25	10-25	10-25	10-25
Амплітуда коливань, мм	2,5	3,0	2,5; 3,0	2,5; 3,0	4,2	3,8	4,2+0,2
Частота обертання валу віброзбудника, хв.^{-1}	900	940	970	900	970	970	900
Орієнтовна продуктивність, т/год	до 100	180	170	150	-	-	-
Потужність електродвигуна, кВт	4	10	10	10	10	10	17
Маса грохота, кг	1455- 1740	3055	3270- 3939	3440- 3700	3250	3700	5100

Продовження додатку В

Параметри	Важкого типу ($\rho < 2,8 \text{ т/м}^3$)								
	ГИТ 31	ГИТ 32М	ГИТ 41	ГИТ 42	ГИТ 42М	ГИТ 51	ГИТ 51М	ГИТ 52М	ГИТ 71
Розміри поверхні просіювання, мм									
ширина	1250	1250	1500	1500	1500	1750	1750	1750	2500
довжина	3000	3500	3000	3000	3000	3600	3860	3860	5300
Площа одного сита, м^2	3,7	4,375	4,5	4,5	4,5	6,125	6,765	6,765	13,2
Розміри отворів сит (решіток), мм									
верхнього	16- 20	20- 40	50- 250	20- 80	80	50- 300	8- 100	8-100	25- 150
нижнього	-	12- 25		12- 30	12	-	-	-	-
Допустима крупність вихідного матеріалу, мм	150	300	1000	200	200	400	400	400	800
Кут нахилу короба, град	15- 25	15- 30	10- 30	25	10- 30	10-30	10- 30	15-30	10-30
Амплітуда коливань, мм	4-6	3-5	4	4	3-5	3-5	3-7	3-8	4-8
Частота обертання валу вібробудника. хв. ⁻¹	970	730; 975	800	750	730; 975	735	730; 970	730; 970	730
Орієнтовна продуктивність, т/год	350	300	450	400	850	300- 700	1000	860- 1000	700- 1200
Потужність електродвигуна, кВт	5,5	11	4,5	7	13	22	17	22	30
Маса грохота, кг	1400	3300	5486	4712	6000	6000- 8000	800	1700	1750

Основні параметри самотранспортованих грохотів

Параметри	Легкого типу			Середнього типу		Важкого типу
	Стандартні позначення					
	ГСЛ42	ГСЛ62	ГСЛ72	ГСС 22	ГСС 32	ГСТ81
	Заводська марка					
	ГСЛ42	ГСЛ62	ГСЛ72	С 861	СМ 742	ГСТ81
Розміри поверхні просіювання, мм						
ширина	1500	2000	2500	1000	1250	3000
довжина	5000	5000	6000	2500	3000	6000
Площа одного сита, м ²	7,5	10,0	15,0	2,5	3,75	18,0
Число сит	2	2	2	2	2	1
Розміри отворів сит (решіток), мм						
верхнього	круглі - 7; 12; 26; 30 квадратні - 6; 10; 13; 25; 32 щілиновидні - 0,5; 1; 1,6; 2; 10			5x20	11; 26	-
нижнього	круглі - 7; 15; 26 квадратні - 6; 13; 25			5x20	5x20	-
Допустима крупність кусків, мм	<300	<300	<300	<100	150	120
Кут нахилу короба, град	0-8	0-8	0-8	35	-	-
Амплітуда коливань, мм	4,85	4,35	4,25	9,5	9	60
Частота коливань, хв. ⁻¹	840	840	820	740	760	700
Орієнтовна продуктивність, т/год	-	-	-	40	50	-
Потужність електродвигуна, кВт	17	17	13	5,5	5,5	-

Додаток Г

Основні параметри горизонтальних грохотів важкого типу з самосинхронізуючими віброзбудниками

Параметри	Стандартні позначення							
	ГСТ41	ГСТ 42	ГСТ 51	ГСТ 61	ГСТ 61	ГСТ 62	ГСТ 71	
	Заводська марка							
	243Гр	ГСТ 42	ГСТ 51	ГСТ 61	259Гр	253Гр	ГСТ 62	ГСТ 72М
Розміри поверхні просіювання, мм								
ширина	1500	1500	1750	2000	2000	2000	2000	2500
довжина	4000	3000	4500	5000	4000	5000	5000	6200
Площа одного сита, м ²	4,5	4,5	7,876	10,0	8,0	10,0	10,0	15,5
Число сит	1	2	1	1	1	1	2	1
Розміри отворів сит (решіток), мм								
верхнього	2-25	10x10	Перфорований лист 30, сітка 10x10	16; 20; 8; 12	2-25	2-25	Щілини - 8; 10; 15; 20; 30; 40; 50. Штампований лист 25; 40; 60	
нижнього	-	4x4	-	-	-	-	Щілини - 2; 5; 10; 15; 20 Штампований лист 10; 25; 40	
Допустима крупність кусків, мм	<100	40	<120	200	<100	<100	<120	<120
Кут нахилу короба, град	-				0	0	5	5

Список рекомендованої літератури

1. Технологія збагачення корисних копалин : навч. посібник / В. С. Білецький, В. О. Смирнов ; Дон. нац. техн. ун-т, Донецьке відділення НТШ ; 2-ге вид. Донецьк : Східний видавничий дім, 2009. 271 с.

2. Техніка та технологія збагачення корисних копалин : навч. посібник / у 3 ч. Ч. 1 : Підготовчі процеси / В. С. Білецький та ін. Кривий Ріг : Чернявський Д. О., 2019. 199 с.

3. Техніка і технологія збагачення корисних копалин. [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 184 «Гірництво» / В. Г. Кравець, В. С. Білецький, В. О. Смирнов ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 286 с.

4. Про затвердження Правил охорони праці під час дроблення і сортування, збагачення корисних копалин і огрудкування руд та концентратів : наказ Міністерства соціальної політики України від 15.05.2018 № 704. *Офіційний вісник України*. 2018. № 84. С. 119.