

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ

ННІ/факультет	Навчально-науковий технологічний інститут
Кафедра	Інжинірингу з галузевого машинобудування
Спеціальність	133 Галузеве машинобудування
Форма навчання	Заочна

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

Дубровін Володимир Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

на тему

Механічне обладнання дробильно-збагачувального підрозділу Гірничо-збагачувального департаменту ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Модернізація конусної дробарки КСД-2200

(повна назва теми)

за матеріалами

Дробильно-збагачувальний підрозділ Гірничо-збагачувального департаменту ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

(повна назва бази дослідження)

науковий керівник д.т.н., професор

(наук. ступінь, вчене звання)



(підпис)

Учитель О. Д.

(прізвище, ініціали)

Робота допущена до захисту в ЕК

Протокол засідання кафедри

від 23 січня 2026 р № 9

Завідувач кафедри



(підпис)

д.т.н., професор

(наук. ступінь, вчене звання)

В. Й. Засельський

(ініціали, прізвище)

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ
Кафедра Інжинірингу з галузевого машинобудування

Рівень вищої освіти Другий (магістерський)

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІГМ


(підпис) ✓ проф., д.т.н., Засельський В. Й.
(посада, вчене звання, прізвище ініціали)

« 20 » жовтня 2025 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА ЗДОБУВАЧА

Дубровін Володимир Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи магістра

Механічне обладнання дробильно-збагачувального підрозділу Гірничозбагачувального департаменту ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Модернізація конусної дробарки КСД-2200

керівник кваліфікаційної роботи магістра Учитель О. Д., д.т.н., професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «20» жовтня 2025 р. № 723-ст

2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи до кафедри 15.01.2026

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи магістра

Умови виробництва дробильно-збагачувального підрозділу Гірничозбагачувального департаменту ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Конструкція та технічна характеристика конусної дробарки КСД-2200, інформація про недоліки конструкції.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

4.1 Аналітична частина;


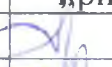




4.2 Основна частина;

4.3 Організація безпечного виробництва.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1 аркуш формату А1 кресленник загального виду: Дробарка конусна КСД-2200; 2 аркуші формату А1 складальний кресленник: підп'ятник сферичний, станина в зборі; 2 аркуші формату А1 кресленник деталей: пружина, втулка ексцентрикова, станина.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

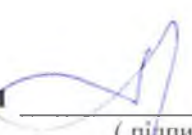
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Аналітична частина	Учитель О. Д., професор	 20.10.25	 20.10.25
Основна частина	Учитель О. Д., професор	 20.10.25	 20.10.25
Організація безпечного виробництва	Учитель О. Д., професор	 20.10.25	 20.10.25

7. Дата видачі завдання 20 жовтня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1.	Аналітична частина	21.11.2025	вик.
2.	Основна частина	15.12.2025	вик.
3.	Організація безпечного виробництва	22.12.2025	вик.
4.	Оформлення пояснювальної записки	26.12.2025	вик.
5.	Виконання графічної частини	12.01.2026	вик.
6.	Подання роботи до кафедри	15.01.2026	вик.
7.	Захист роботи в ЕК	26-31.01.2026	


Здобувач


(підпис)

Дубровін В. В.

(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи


(підпис)

Учитель О. Д.

(прізвище та ініціали)

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кільк. арк.	№ екз.	Примітка
1						
2			Документація загальна			
3						
4			Знову розроблена			
5						
6	A1	KPM.133.26.01.00.00.000.VO	Кресленик загального виду	1	-	
7	A4	ДП.133.26.01.ПЗ	Пояснювальна записка	64	-	
8						
9			Документація по			
10			складальним одиницям			
11						
12			Знову розроблена			
13						
14	A1	KPM.133.26.01.04.00.000.CB	Підп'ятник сферичний			
15			Складальний кресленик	1	-	
16	A1	KPM.133.26.01.05.00.000.CB	Станина в зборі			
17			Складальний кресленик	1	-	
18						
19			Документація по деталям			
20						
21			Знову розроблена			
22						
23	A2	KPM.133.26.01.04.00.002	Пружина	1	-	
24						

133.26.01.KPM				
Зм.	Арк.	№ документа	Пізн.	Дата
Розробив		Дубровін		15.01.26
Перевірив		Учитель		19.01.26
Н.контр.		Учитель		21.01.26
Затвердив		Засельський		23.01.26
Дробарка конусна КСД-2200				
Відомість кваліфікаційної роботи				
Літ	Аркуш	Аркушів		
М	1	2		
ННТІ ДУЕТ кафедра ІГМ гр. ЗГМ-24м				

Коплював

Формат А4

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кільк. аркушів	№ екз.	Примітка
1						
2	A2	KPM.133.26.01.05.00.003	Втулка ексцентрикова	1	-	
3	A1	KPM.133.26.01.05.00.016	Станина	1	-	
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата
-----	------	-------------	--------	------

133.26.01.KPM

Аркуш
2

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи магістра: 64 стор., 15 рис., 12 табл., 1 додаток, 15 джерел.

Об'єкт розробки — конусна дробарка КСД-2200.

Мета роботи — підвищення надійності дробарки, зменшення експлуатаційних витрат на обслуговування і ремонт за рахунок застосування валу рухомого конуса з бочкоподібною шийкою, яка встановлюється в середину додаткового стакану ексцентрикового вузла, а також використання складеного сферичного підп'ятника з проміжними пружинами.

Метод досліджень — аналітичний, аналіз виявлених технічних рішень з метою можливості їх застосування для удосконалення конструкції конусної дробарки КСД-2200, визначення навантажень на деталі рухомого конуса і ексцентрикового вузла, перевірка міцності основних деталей.

Розглянута організація ремонтних робіт на підприємстві, методи монтажу і контролю при монтажі деталей і вузлів конусної дробарки. Запропоновано заходи щодо організації безпечних умов при експлуатації, обслуговуванні та ремонті конусних дробарок КСД-2200.

Запропонована конструкція дробарки дасть можливість підвищити надійність її роботи, зменшити витрати на обслуговування і ремонт за рахунок застосування валу рухомого конуса, що спирається на додаткові ексцентрикові втулки двома цапфами, а також використанням складеного сферичного підп'ятника, який через пружини спирається на станину.

Результати роботи можуть бути використані при модернізації конусних дробарок КСД-2200. Очікуваний економічний ефект від зменшення витрат на обслуговування і ремонт за рахунок уникнення перевантажень деталей привода рухомого конуса і їх руйнування при потраплянні в камеру дроблення не подрібнюваного тіла складає 536 тис. грн.

Ключові слова: конусна дробарка, рухомий конус, ексцентрикова втулка, сферичний підп'ятник.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА.....	8
1.1 Характеристика цеху	8
1.2 Призначення і область застосування обраної машини, в якості об'єкту дослідження	12
1.3 Технічна характеристика машини	12
1.4 Опис конструкції машини	13
1.5 Аналіз недоліків в роботі машини. Можливі причини недоліків.....	16
1.6 Формування мети та задач для її досягнення	16
РОЗДІЛ 2 ОСНОВНА ЧАСТИНА.....	18
2.1 Аналіз стану існуючих інноваційних рішень	18
2.2 Пропозиції по досягненню поставленої мети	23
2.3 Аналітичні розрахунки	25
2.3.1 Розрахунок продуктивності.....	25
2.3.2 Силовий та кінематичний аналіз механізму	26
2.3.3 Розрахунок та вибір елементів кінематичної схеми	29
2.3.4 Розрахунки на міцність.....	32
2.4 Монтаж, ремонт, змащення	35
2.4.1 Прив'язка машини до технологічного тракту	35
2.4.2 Технологічна карта монтажу.....	35
2.4.3 Зношення відповідальних деталей та методи їх відновлення	40
2.4.4 Розробка графіка планово-попереджувальних ремонтів	42
2.4.5 Змащення.....	43
2.5 Економічна доцільність запропонованих рішень	43
РОЗДІЛ 3 ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕЧНОГО ВИРОБНИЦТВА.....	51
3.1 Аналіз основних шкідливостей і небезпечностей	51
3.2 Заходи щодо зниження шкідливостей і небезпечностей.....	53
3.2.1 Засоби індивідуального захисту	55
3.2.2 Санітарно-побутові приміщення і пристрої	56
3.3 Пожежна профілактика.....	57
ВИСНОВКИ	60

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	62
ДОДАТКИ	64

ВСТУП

На сучасному етапі розвитку металургійної галузі однією з ключових проблем залишається висока собівартість готової продукції. Вона зумовлена значними витратами енергоресурсів, великим споживанням сировини й палива, а також високими витратами на технічне обслуговування та ремонт обладнання, задіяного у виробничих процесах. Особливо це стосується дробильного обладнання, яке працює в умовах інтенсивних навантажень і зношування.

Практика експлуатації показує, що конусні дробарки середнього дроблення належать до найбільш затратних агрегатів дробильних відділень гірничо-збагачувальних комбінатів. Часті відмови, зношування основних вузлів і необхідність регулярних ремонтів призводять до зростання експлуатаційних витрат та простоїв обладнання, що негативно впливає на економічні показники підприємства.

Метою даної роботи є підвищення довговічності конусної дробарки типу КСД-2200, що дозволить зменшити витрати на її технічне обслуговування та ремонт, а також сприятиме зниженню собівартості кінцевої продукції. Актуальність теми зумовлена потребою в удосконаленні конструкцій існуючих дробарок з метою підвищення їх надійності та ефективності.

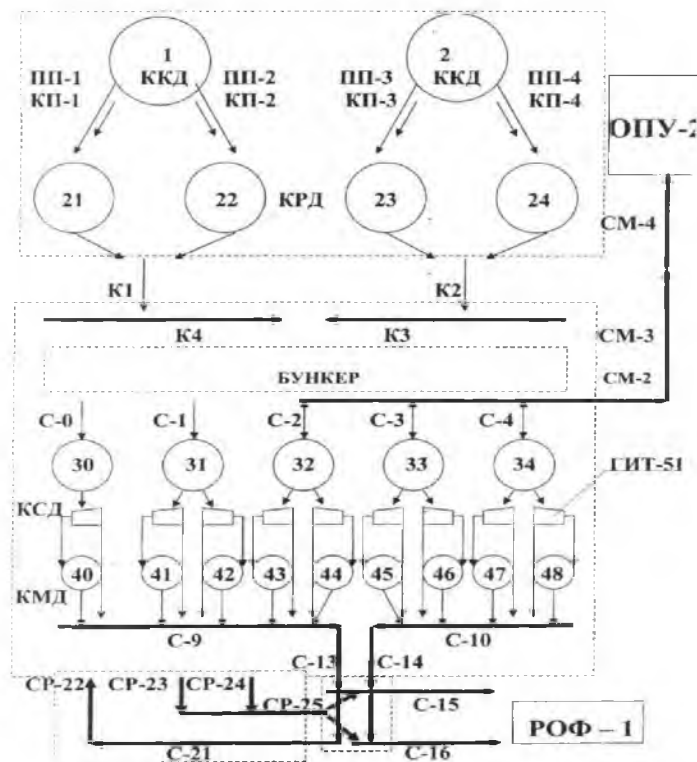
У роботі запропоновано більш надійну конструкцію конусної дробарки, яка передбачає використання валу рухомого конуса з опорою на додаткові ексцентрикові втулки за допомогою двох цапф, а також застосування складеного сферичного підп'ятника, що спирається на станину дробарки. Отримані результати можуть бути використані під час реконструкції конусних дробарок середнього дроблення на збагачувальних фабриках гірничо-збагачувальних комбінатів.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Характеристика цеху

Дробильна фабрика №1 гірничого департаменту ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» (ДФ-1 ГД ПАТ АМКР), технологічна схема якої наведена на рис. 1.1, була введена в експлуатацію у 1959 році з пуском першої виробничої ділянки. Остаточне формування фабрики завершилось у 1975 році після введення в дію другої виробничої ділянки.



- (ККД) - дробарки крупного дроблення; (КРД 900/125) - дробарки редуційного типу; (КСД) - дробарки середнього дроблення;
 (КМД) - дробарки дрібного дроблення; (ПП) - пластинчастий живильник;
 (К)- стрічкові конвеєри різної довжини і конфігурації; (ГИТ)- грохоти

Рис. 1.1. Технологічна схема дробильної фабрики

Джерело: дані ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

На сьогодні ДФ-1 ГД є сучасний дробильний комплекс із достатнім рівнем механізації та технологічного оснащення, що забезпечує ефективну підготовку рудної сировини до подальшого збагачення. Основні показники продуктивності фабрики наведені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Продуктивність дробильної фабрики

Показники	Факт	Використання виробничої потужності, %	+/- до використання виробничої потужності в 2024 р., %
Видобуток руди, млн. т	15,43	68,6	+6,3
Виробництво концентрату, млн.т	6,59	77,5	+6,9

Примітка. Джерело: дані ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

До складу ДФ-1 входять дві виробничі ділянки: №1 та №2.

Виробнича ділянка №1 здійснює переробку руди, що надходить з рудоуправлінь гірничого департаменту, за чотиристадійною схемою дроблення. Схема включає корпус крупного дроблення з редукційними дробарками, а також корпус середнього і дрібного дроблення. Виробнича ділянка №2 працює за трьохстадійною схемою дроблення і відрізняється від першої відсутністю редукційних дробарок.

У корпусі середнього та дрібного дроблення виробничої ділянки №1, поздовжній і поперечній перетини якого показані відповідно на рис. 1.2 та 1.3, біля розподільчого бункера встановлено чотири каскади конусних дробарок. Конструкцією передбачена можливість добудови другого бункера з аналогічними каскадами для збільшення продуктивності фабрики вдвічі. Кожен каскад включає одну конусну дробарку середнього дроблення типу КСД-2200 та дві короткоконусні дробарки дрібного дроблення КДД-2200.

Для монтажу та демонтажу обладнання у корпусі встановлений мостовий кран, за допомогою якого дробарки можуть зніматися з фундаментів у зібраному вигляді та транспортуватися залізничною колією до ремонтного пункту, роз-

ташованого в окремій будівлі поруч із корпусом дроблення. Загальна висота будівлі корпусу з урахуванням заглиблення перевищує 50 м.

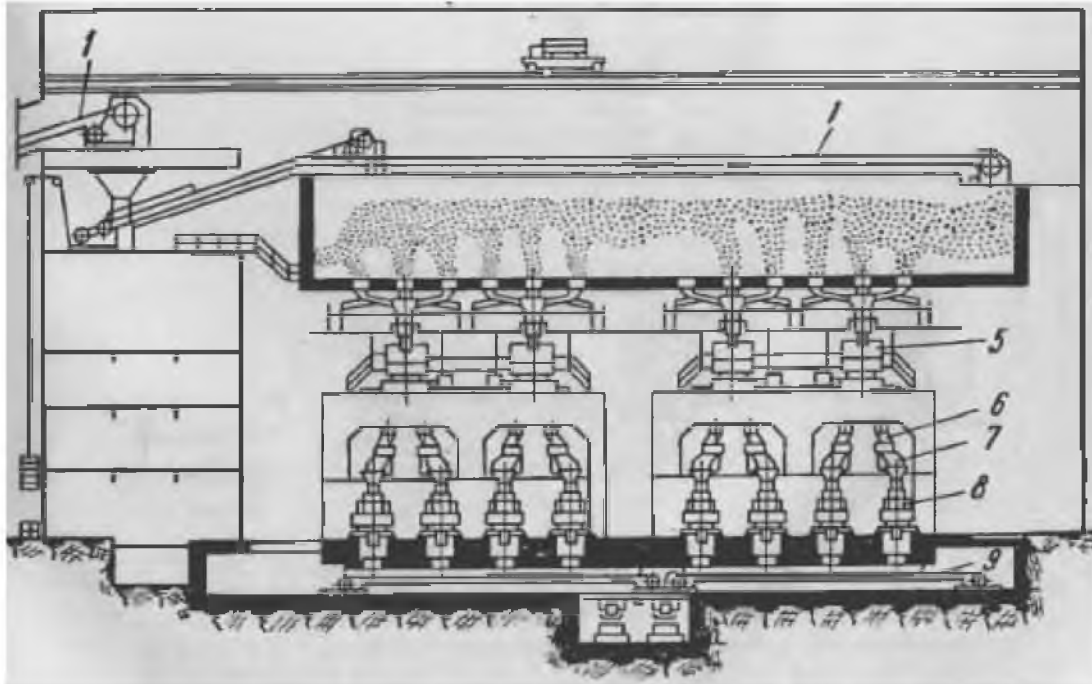


Рис. 1.2. Повздовжній перетин корпусу середнього і дрібного дроблення виробничої ділянки №1 ДФ-1 ГД ПАТ АМКР

Джерело: дані ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

Технологічний процес у корпусі середнього та дрібного дроблення здійснюється наступним чином. Руда, подрібнена в корпусі крупного дроблення, стрічковими конвеєрами подається до бункерів, звідки за допомогою електровібраційних живильників надходить у камери дроблення конусних дробарок середнього дроблення КСД-2200. Після подрібнення матеріал потрапляє на вібраційні живильники, з яких рівномірно подається на вібраційні грохоти для класифікації. Дрібна фракція відсівається, а крупніші шматки спрямовуються в конусні дробарки дрібного дроблення КДД-2200. Подрібнена порода зі збірних конвеєрів транспортується до корпусу збагачення.

Для технічного обслуговування та ремонту стрічкових конвеєрів, живильників, грохотів, конусних дробарок і їх приводів у корпусі передбачені вантажопідіймальні механізми відповідної вантажності.

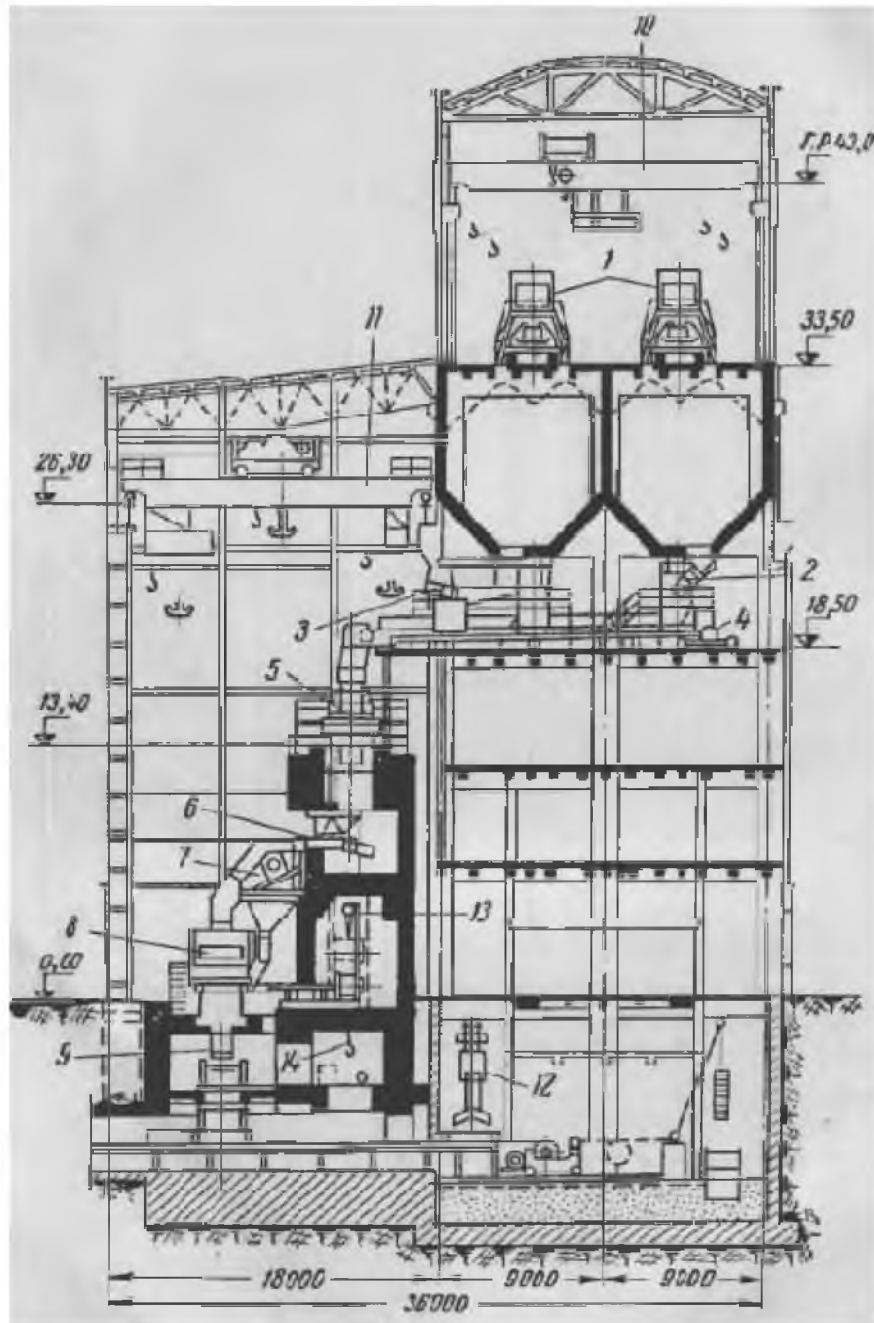


Рис. 1.3. Поперечний перетин корпусу середнього і дрібного дроблення виробничої ділянки №1 ДФ-1 ГД ПАТ АМКР
Джерело: дані ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

Основним завданням ДФ-1 ГД є підготовка рудної сировини до процесу збагачення шляхом доведення крупності вихідної фракції до вимог стандарту СТД 228.03.01-2002. До складу фабрики входить ремонтна база, яка включає ремонтні вузли №1 та №2, розташовані відповідно на виробничих ділянках. Ремонтні підрозділи оснащені кранами та спеціалізованими стендами, що дозво-

ляє виконувати заміну футеровок, складання і ремонт основних вузлів дробарок, наплавлення та відновлення станин, ремонт конусів дроблення, опорних чаш і пилових ущільнень, а також зберігати резервні вузли та запасні частини.

Ремонтні роботи виконуються як власними силами цеху, так і з залученням спеціалізованих підрядних організацій: ЦРМО-4 здійснює ремонт кранів, ЦРО-2 виконує планово-попереджувальні ремонти, а ЦРЕО-3 відповідає за обслуговування електроустаткування та вулканізацію конвеєрних стрічок. [1]

1.2 Призначення і область застосування обраної машини, в якості об'єкту дослідження

Конусна дробарка типу КСД-2200 призначена для подрібнення рудних і нерудних матеріалів до крупності готового продукту в межах 30...60 мм. Дане обладнання ефективно працює з міцними та середньоміцними породами, за винятком матеріалів із плитняковою структурою, а також сировини, що містить значну кількість глинистих домішок при підвищеній вологості, оскільки такі умови негативно впливають на стабільність процесу дроблення.

Основною сферою застосування конусної дробарки КСД-2200 є гірничорудна та будівельна галузі. У гірничорудній промисловості вона використовується для дроблення шихтових матеріалів на збагачувальних фабриках гірничозбагачувальних комбінатів з метою підготовки руди до подальших технологічних операцій. У будівельній індустрії даний тип дробарок широко застосовується для виробництва щебеню різних фракцій, а також для подрібнення інших видів кам'янистої сировини, що використовуються у дорожньому та цивільному будівництві. [2]

1.3 Технічна характеристика машини

Діаметр основи конуса, що дробить, мм	2200
Ширина приймальної щілини на відкритій стороні, мм	275

Розмір найбільшого куска, мм	250
Діапазон регулювання розвантажувальної щілини, мм	30...60
Різниця ширини розвантажувальної щілини в чотирьох точках, мм	6
Частота гойдань конуса, що дробить, хв ⁻¹	250
Частота обертання приводного вала, об/хв	500
Загальне зусилля пакетів пружин, МН	2,92
Потужність головного приводу, кВт	260
Продуктивність на матеріалі у відкритому циклі на руді $\gamma = 1,6 \text{ т/м}^3$, т/год	470...750
Вага без комплектуючих виробів і запасних частин, т	66

1.4 Опис конструкції машини

На рис 1.4 наведено загальний вигляд конусної дробарки середнього дроблення типу КСД-2200. Основним робочим органом дробарки є рухомий конус, корпус якого жорстко закріплений на консольній частині вала 1. Робоча поверхня рухомого конуса облицьована зносостійкими плитами 3 із високомарганцевистої сталі. Простір між корпусом конуса та облицювальними плитами заповнюється цинковим сплавом або високоміцним цементним розчином, що запобігає виникненню згинальних напружень у плитах та їх зміщенню під дією сил тертя, які виникають у процесі дроблення матеріалу.

Фіксація плит рухомого конуса забезпечується притискним пристроєм 4, розташованим у його верхній частині, що виключає послаблення посадки під час експлуатації. До цього пристрою кріпиться розподільна тарілка 5, яка разом із рухомим конусом здійснює коливальний рух і забезпечує рівномірний розподіл матеріалу по периметру камери дроблення.

Корпус рухомого конуса через бронзове кільце 6 спирається на сферичний підп'ятник 7, який сприймає як власну вагу вузла, так і переважну частину вертикальних складових зусиль дроблення. Нижня частина вала рухомого конуса входить у центральний отвір ексцентрика 8, вісь якого зміщена відносно осі

дробарки, утворюючи точку гірації. Кут між осями дробарки та рухомого конуса для дробарок середнього дроблення залежно від типорозміру становить $1,5...3,5^\circ$.

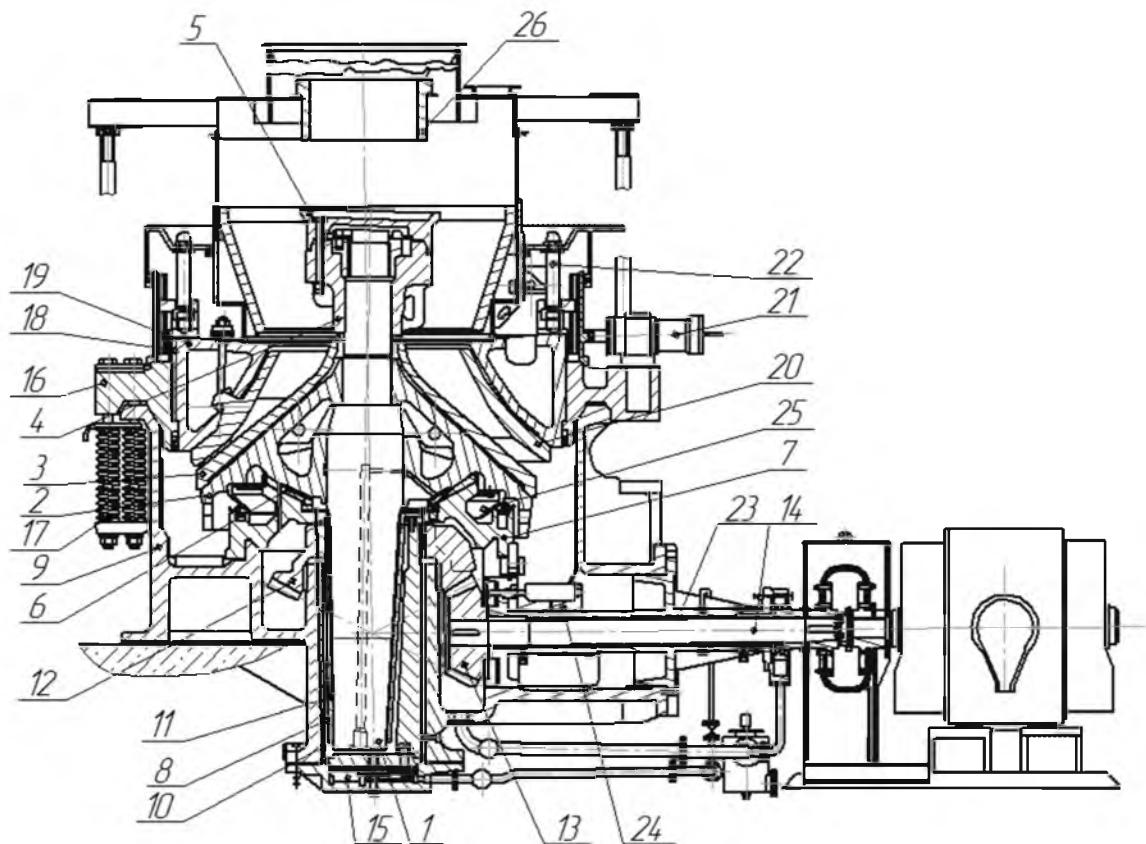


Рис. 1.4. Загальний вид конусної дробарки середнього дроблення КСД-2200

Джерело: розроблено із використанням [3]

У центральний патрубок станини 9 запресована циліндрична втулка 10, яка виконує функцію радіальної опори ковзання ексцентрика. У центральному отворі ексцентрика встановлена конічна втулка 11, що є радіальною опорою валу рухомого конуса і сприймає горизонтальні складові зусиль дроблення. На ексцентрику закріплене конічне зубчасте колесо 12, яке знаходиться в зачепленні з шестернею 13 приводного валу 14. Вага ексцентрикового вузла передається на систему плоских сталевих і бронзових шайб підп'ятника 15.

Зазори в підшипниках ковзання ексцентрикового вузла виконані збільшеними порівняно зі звичайними підшипниками, що забезпечує формування стабільної масляної плівки між поверхнями тертя. Така конструкція дозволяє ефек-

тивно сприймати динамічні навантаження та забезпечує інтенсивну циркуляцію мастила, яке одночасно виконує функції змащування й охолодження.

У верхній частині станини розташований фланець, на якому встановлене опорне кільце 16. Воно притискається до станини блоками пружин 17, рівномірно розміщених по колу. Пружини виконують амортизуючу та запобіжну функцію: у разі потрапляння в камеру дроблення недробимого предмета опорне кільце локально піднімається, а пружини деформуються, обмежуючи максимальне зусилля дроблення.

На внутрішній поверхні опорного кільця нарізана різьба 18, у яку вкручується регулююче кільце 19 з нерухою дробильною плитою 20. Плита закріплена за допомогою литих приливів і скоб, а зазор між нею та корпусом кільця також заповнюється цинковим сплавом або цементним розчином. Поворотом регулюючого кільця за допомогою храпового механізму 21 змінюється ширина розвантажувальної щілини дробарки, що дозволяє компенсувати зношування плит. Після регулювання кільце фіксується стопорним пристроєм і клиновим з'єднанням 22, яке усуває зазори в різьбовому з'єднанні та запобігає його розробці.

Дробарка оснащена централізованою циркуляційною системою рідкого змащування. Мастило під тиском подається насосом у нижню частину ексцентрикового вузла, змащує підп'ятник, втулки та сферичну опору рухомого конуса, після чого відводиться в бак-відстійник. Система обладнана приладами контролю тиску, температури та витрати мастила, а при відхиленні параметрів від допустимих значень відбувається автоматичне відключення привода дробарки.

Матеріал, що підлягає дробленню, подається зверху через приймальну воронку 26 на розподільну тарілку, звідки рівномірно надходить у камеру дроблення. Подрібнений продукт вивантажується по кільцевому простору в нижній частині дробарки. [3]

1.5 Аналіз недоліків в роботі машини. Можливі причини недоліків

Досвід експлуатації конусної дробарки КСД-2200 свідчить, що її основним недоліком є підвищені експлуатаційні витрати, пов'язані з технічним обслуговуванням і ремонтом. Значна частка цих витрат зумовлена інтенсивним зношуванням окремих вузлів дробарки, що працюють в умовах високих змінних навантажень.

Аналіз конструктивних особливостей дробарки, умов її роботи та структури виробничих витрат дозволяє зробити висновок, що зазначений недолік значною мірою пов'язаний із застосуванням ексцентрикової конічної втулки як радіальної опори валу рухомого конуса. За наявності навіть незначної неспіввідповідності цієї втулки відносно валу виникають підвищені контактні напруження, що призводить до прискореного зношування бабітової наплавки, а в окремих випадках — до руйнування втулки в цілому. Це, у свою чергу, зумовлює необхідність частих замін даного елемента та збільшення витрат на ремонтні роботи.

Крім того, у разі потрапляння в камеру дроблення недробимого стороннього тіла навантаження на приводний ексцентриковий вузол різко зростає, незважаючи на наявність запобіжних пристроїв. У таких умовах відбувається інтенсивне руйнування поверхонь тертя ексцентрикового вузла, що призводить до передчасного виходу його елементів з ладу та додаткових фінансових витрат на відновлення або заміну деталей.

1.6 Формування мети та задач для її досягнення

Метою кваліфікаційної роботи є підвищення надійності дробарки, зменшення експлуатаційних витрат на обслуговування і ремонт за рахунок застосування вала рухомого конуса з бочкоподібною шийкою, яка встановлюється в середину додаткового стакана ексцентрикового вузла, а також використання складеного сферичного підп'ятника з проміжними пружинами.

Для досягнення поставленої мети необхідно:

- здійснити аналіз існуючих інноваційних технічних рішень з метою виявлення технічних рішень, що застосовуються у сфері конусних дробарок і можуть бути використані для усунення існуючих недоліків у конструкції КСД-2200.
- проаналізувати знайдені технічні рішення з точки зору їх технічної ефективності, доцільності застосування у конкретних умовах експлуатації та можливості інтеграції в удосконалену конструкцію.
- розробити нову конструкцію конусної дробарки або її вузла, що не має виявлених недоліків, забезпечує зниження зносу та підвищення ресурсу роботи, а також полегшує технічне обслуговування.
- виконати розрахунки для визначення оптимальних параметрів запропонованої конструкції, включаючи оцінку міцності, довговічності елементів, режимів навантаження та умов роботи.
- підготувати конструкторську документацію, що включає креслення основних деталей і складальних одиниць удосконаленої дробарки або її вузлів відповідно до вимог ЕСКД.
- розробити рекомендації щодо монтажу, технічного обслуговування та ремонту запропонованої конструкції, що забезпечують її ефективну та безпечну експлуатацію.
- визначити заходи з організації безпечного виробництва, що гарантують безпечні умови роботи персоналу під час експлуатації, обслуговування та ремонту дробарного обладнання.
- виконати техніко-економічні розрахунки, спрямовані на оцінку ефективності впровадження запропонованої конструкції, включаючи аналіз витрат, економічного ефекту та строків окупності модернізації.

РОЗДІЛ 2

ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз стану існуючих інноваційних рішень

Відомий ексцентриковий вузол конусної дробарки [4], конструктивна схема якого наведена на рис. 2.1. Даний вузол складається з корпусу 1, у похилій розточці якого розміщено самовстановлюваний стакан 2 з антифрикційним покриттям зовнішньої поверхні. Верхньою частиною стакан через бурт спирається на підп'ятник 3, встановлений на торці ексцентрика.

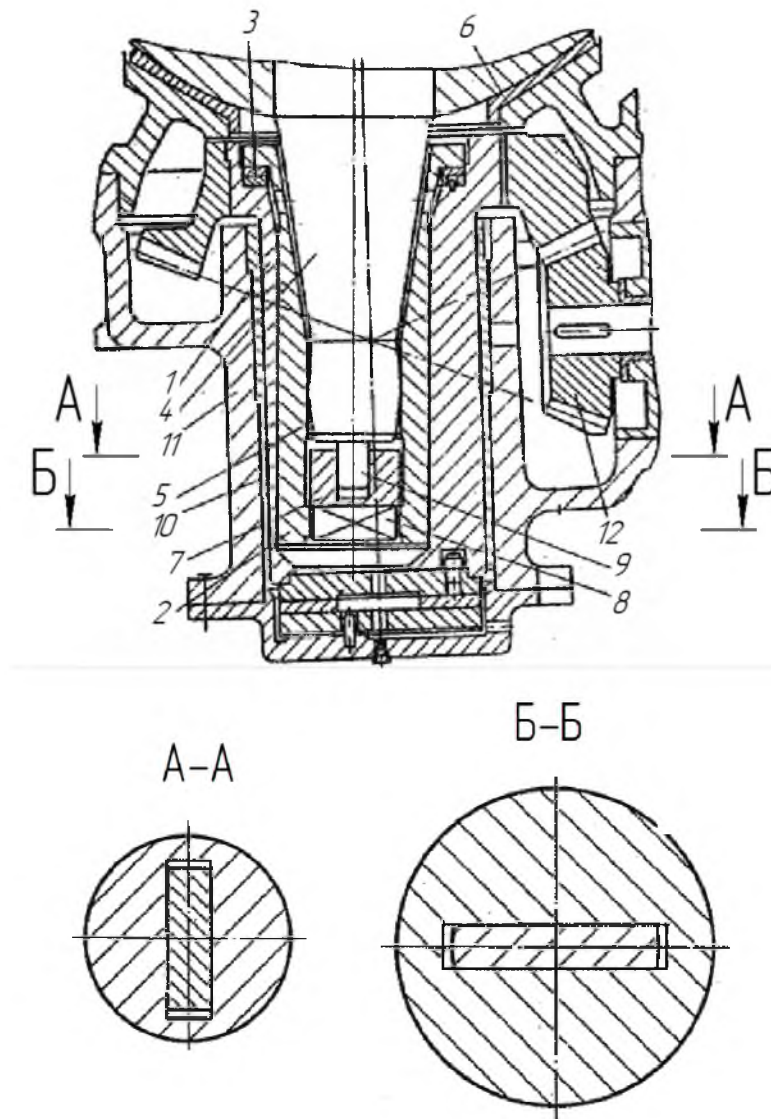


Рис. 2.1. Конструкція ексцентрикового вузла конусної дробарки

Джерело: розроблено із використанням [4]

У циліндричній розточці стакана розміщена бочкоподібна шийка вала 4 рухомого конуса, внаслідок чого утворюється шарнірне з'єднання 5. Рухомий конус додатково спирається на сферичний підп'ятник 6. У нижній частині стакана встановлена шайба 7, плоский хвостовик 8 якої з зазором входить у прямокутний паз стакана, а хвостовик 9 вала рухомого конуса — у відповідний паз шайби. Корпус ексцентрика встановлений у циліндричній втулці 10 центрального стакана станини 11. Обертання ексцентрика здійснюється за допомогою конічної зубчастої передачі 12.

Під час роботи дробарки ексцентрик, обертаючись у втулці, передає рух вала рухомого конуса. При цьому самовстановлюваний стакан ковзає відносно корпуса ексцентрика, а момент тертя прагне повернути його разом із валом. Запобігання цьому здійснюється шайбою 7, яка фіксує положення стакана та зменшує зношування елементів шарніра. Завдяки можливості переміщення шайби у горизонтальній площині зберігається ефект самовстановлювання стакана.

Застосування самовстановлюваного стакана дозволяє знизити негативний вплив неспіввісності осей вала рухомого конуса та ексцентрика, що сприяє підвищенню довговічності вузла. Водночас збільшення кількості елементів у кінематичному ланцюзі ускладнює конструкцію та підвищує ймовірність відмов.

Іншим відомим технічним рішенням є ексцентриковий вузол конусної дробарки [5], схема якого наведена на рис. 2.2. У даній конструкції корпус 1 також має похилу розточку з розміщеним у ній самовстановлюваним стаканом 2 з антифрикційним покриттям. Стакан спирається на підп'ятник 3, встановлений на верхньому торці корпусу. У внутрішній розточці стакана розташована бочкоподібна шийка вала 5 рухомого конуса 4, що утворює шарнір 6. Рухомий конус спирається на сферичний підп'ятник 7.

На валу рухомого конуса закріплена втулка 8 з двома виступами 9, які входять у пази 10 та 11, виконані на верхньому торці стакана. Один із пазів має мінімальний монтажний зазор, інший — значно більший, що не перешкоджає самовстановлюванню стакана. Корпус вузла встановлений у підшипникову втулку 12

центрального стакана станини 13, а привод здійснюється через конічну зубчасту передачу 14.

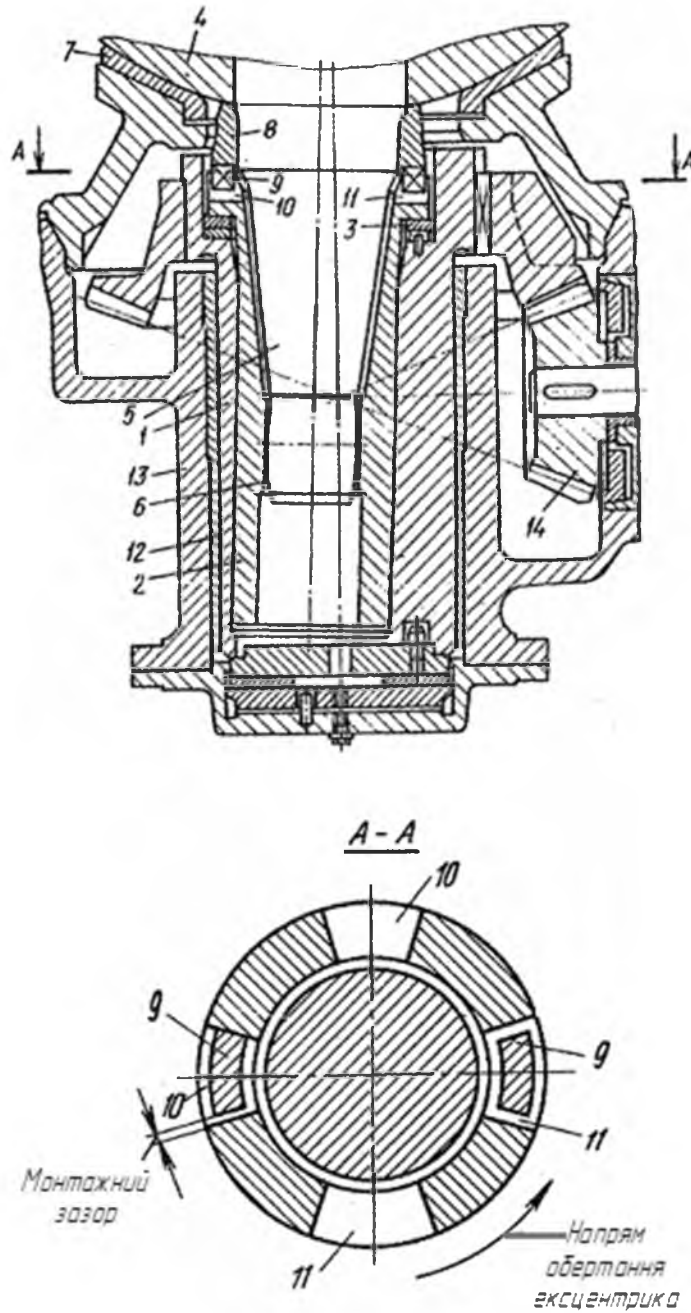


Рис. 2.2. Конструкція ексцентрикового вузла конусної дробарки

Джерело: розроблено із використанням [5]

У процесі роботи ексцентрик передає гіраційний рух валу рухомого конуса, тоді як самовстановлюваний стакан ковзає відносно корпусу. Обертання стакана відносно валу обмежується виступом, розміщеним у вузькому пазу, при цьому забезпечується самовстановлювання вузла. У разі заїдання виступу стійкість рухо-

мого конуса не порушується завдяки зміні положення лінії дії реакції опори. Додатковою перевагою конструкції є можливість перестановки виступів шляхом повороту вала на 180° , що дозволяє збільшити ресурс роботи вузла.

Наявність декількох пар пазів різної ширини спрощує складання та повторні монтажні операції, а також сприяє рівномірнішому зношуванню елементів. Разом із тим використання лише однієї опори валу у вигляді бочкоподібної шийки призводить до концентрованого передавання навантажень на самовстановлюваний стакан, що знижує його довговічність і може спричинити прискорене зношування.

Відома конструкція конусної дробарки [6], загальний вигляд якої наведено на рис. 2.3. Дробарка складається з корпусу 1 з нерухомим зовнішнім конусом 2, усередині якого розташований рухомий конус 3, жорстко з'єднаний з валом 4. Вал рухомого конуса спирається на корпус дробарки за допомогою сферичної опори 5 та ексцентрикового вузла 6.

Для приведення ексцентрика в обертання на його зовнішній поверхні встановлено зубчасте колесо 7, яке перебуває в зачепленні з приводною шестернею 8. Ексцентрик 6 спирається на корпус 1 через нижню опору 9 та додаткову верхню опору 10, що підвищує стійкість його роботи. Усередині ексцентрика для спирання валу 4 передбачені дві ексцентричні втулки 11 і 12, розміщені відповідно у верхній та нижній частинах вузла. Для забезпечення рівномірного контакту з цими втулками на нижній частині валу встановлена проміжна втулка 13, яка взаємодіє з бочкоподібною поверхнею валу, при цьому втулка 11 також має бочкоподібну зовнішню поверхню. Втулка 13 розміщена всередині втулки 12.

Ексцентричні втулки 11 і 12 встановлені з можливістю повороту навколо власної осі та фіксації у заданому положенні відносно ексцентрика 6, наприклад за допомогою шпонок 14, що дозволяє коригувати умови контакту та зменшувати зношування.

Сферична опора 5 встановлена на столі 15, під яким розміщені амортизуючі елементи 16. Стіл змонтований у корпусі дробарки з можливістю вертикального переміщення, що дозволяє компенсувати динамічні навантаження.

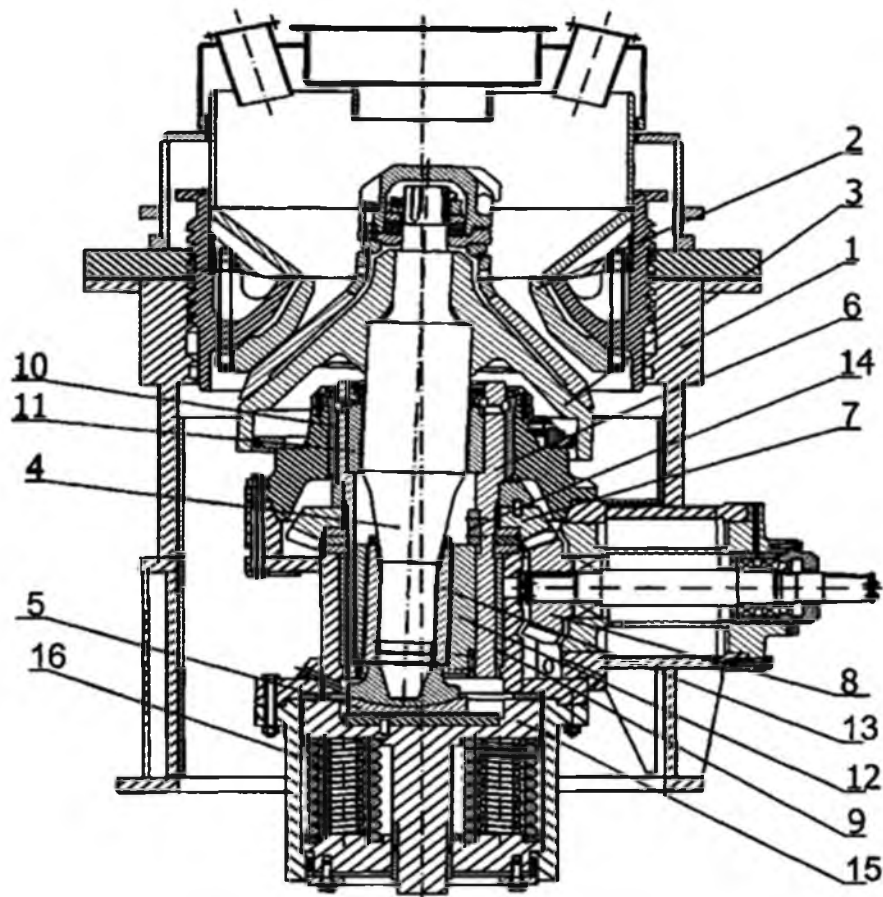


Рис. 2.3. Конструкція конусної дробарки

Джерело: розроблено із використанням [6]

Принцип роботи дробарки полягає в наступному. Крутний момент від електродвигуна через конічну зубчасту передачу 7–8 передається ексцентрику 6, який за допомогою системи втулок 11, 12 і 13 надає валу 4 гіраційний рух. Вал, жорстко з'єднаний з рухомим конусом 3, здійснює коливальний рух відносно нерухомого конуса 2, при цьому спираючись на сферичну опору 5.

Завдяки конструктивній схемі з консольним валом та нижнім обпиранням, застосуванню двох проміжних ексцентрикових втулок, наявності додаткової опори ексцентрика та розміщенню сферичної опори разом з амортизуючими елементами під валом рухомого конуса забезпечується підвищена надійність ексцентрикового вузла і деталей привода.

Разом з тим основним недоліком даної конструкції є розташування сферичної опори та амортизуючих елементів безпосередньо під валом рухомого конуса.

За умов дії значних контактних напружень, зумовлених власною вагою конуса та вертикальною складовою зусилля дроблення, ці елементи зазнають інтенсивного зношування або навіть руйнування. Це призводить до частих замін зазначених вузлів і, як наслідок, до збільшення експлуатаційних витрат на технічне обслуговування та ремонт дробарки в цілому.

2.2 Пропозиції по досягненню поставленої мети

Враховуючи виявлені недоліки при експлуатації конусних дробарок та проведений аналіз стану існуючих інноваційних рішень пропонується конструкція конусної дробарки КСД-2200 наведена на рис. 2.4.

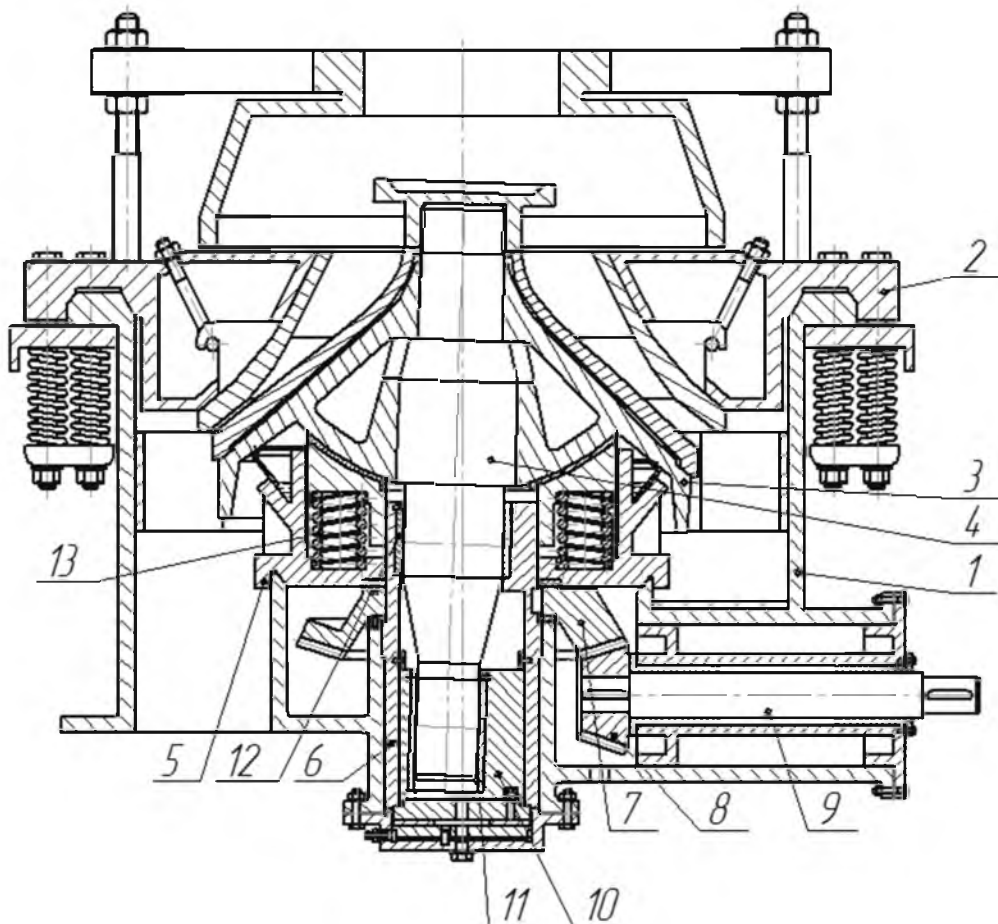


Рис. 2.4. Пропонується конструкція конусної дробарки КСД-2200

(розроблено автором)

Дробарка складається зі станини 1, нерухомого конуса 2 та рухомого конуса 3, жорстко з'єднаного з валом 4. Вал рухомого конуса спирається на складений сферичний підп'ятник 5 і взаємодіє з приводним ексцентриковим вузлом 6. Приведення ексцентрикового вузла в обертання здійснюється через зубчасте колесо 7, встановлене на його зовнішній поверхні, та шестерню 8 приводного валу 9.

Для забезпечення надійного радіального обпирання валу 4 всередині ексцентрика встановлена додаткова ексцентрична втулка 10. З метою покращення умов контакту і зменшення концентрації напружень у нижній частині ексцентрикового вузла передбачена втулка 11, яка взаємодіє з бочкоподібною поверхнею валу 4. У верхній частині вузла встановлена сферична втулка 12, що контактує з циліндричною поверхнею валу. Таке поєднання форм поверхонь тертя дозволяє компенсувати можливі перекоси та неспіввісності елементів ексцентрикового вузла.

Сферичний підп'ятник 5 виконаний складеним і встановлений з можливістю вертикального переміщення разом з рухомим конусом. Пружини 13, на яких він спирається, забезпечують сприйняття динамічних і ударних навантажень, що виникають під час роботи дробарки.

Принцип роботи дробарки полягає в наступному. Обертання від електродвигуна передається приводному валу 9, а далі через зубчасту передачу 8-7 ексцентриковому вузлу 6. В результаті цього вал 4 разом з рухомим конусом 3 здійснює гіраційний рух, що забезпечує дроблення матеріалу між рухомим і нерухомим конусами. У випадку потрапляння в камеру дроблення не подрібнюваного тіла навантаження на рухомий конус різко зростає, пружини 13 стискаються, і рухомий конус разом із сферичним підп'ятником опускається вниз, пропускаючи стороннє тіло через камеру дроблення без пошкодження основних вузлів.

Застосування додаткових втулок зі сферичними та бочкоподібними поверхнями тертя дозволяє істотно зменшити зношування деталей ексцентрикового вузла та запобігти їх передчасному руйнуванню внаслідок неспіввісності. Використання складеного сферичного підп'ятника з пружними елементами забезпечує ефективний захист кінематичного ланцюга привода від перевантажень. У сукуп-

ності запропоновані конструктивні рішення сприяють підвищенню надійності дробарки, зменшенню простоїв і скороченню експлуатаційних витрат на технічне обслуговування та ремонт.

2.3 Аналітичні розрахунки

Для збереження існуючої пропускної здатності ланки конусна дробарка КСД-2200 повинна відповідати наступним параметрам [7]:

- діаметр нижньої основи рухомого конуса $D_k = 2200$ мм;
- довжина твірної рухомого конуса $L_k = 1420$ мм;
- кут між осями рухомого конуса і дробарки $\varepsilon = 2^\circ$;
- висота рухомого конуса $H_k = 1000$ мм;
- кут нахилу твірної рухомого конуса $\alpha = 52^\circ$;
- вага рухомого конуса в зборі $G_k = 130$ кН;
- частота обертання рухомого конуса $n_k = 200$ об/хв.

2.3.1 Розрахунок продуктивності

Визначимо питому годинну продуктивність дробарки, віднесenu до 1 мм щілини [7]

$$q = K \cdot \delta \cdot D_k^{2,5} = 1,37 \cdot 1,6 \cdot 2,2^{2,5} = 15,74 \text{ т/мм} \cdot \text{год}, \quad (2.1)$$

де $K = 1,37$ – дослідний коефіцієнт, що залежить від типу дробарки для дробарок нормального типу середнього дроблення; $\delta = 1,6 \text{ т/м}^3$ – насипна маса дробленого матеріалу (залізної руди).

Визначимо річну продуктивність однієї дробарки [7]

$$Q = 22 \cdot 365 \cdot q \cdot e = 22 \cdot 365 \cdot 15,74 \cdot 30 = 3791766 \text{ т}, \quad (2.2)$$

де 22 – кількість робочих годин на добу; 365 – кількість робочих днів в рік;
 $e = 30$ мм – розмір вихідної щілини.

2.3.2 Силовий та кінематичний аналіз механізму

Розрахунок зусиль ведемо за [7, 8]. На рис. 2.5 наведена розрахункова схема дробарки.

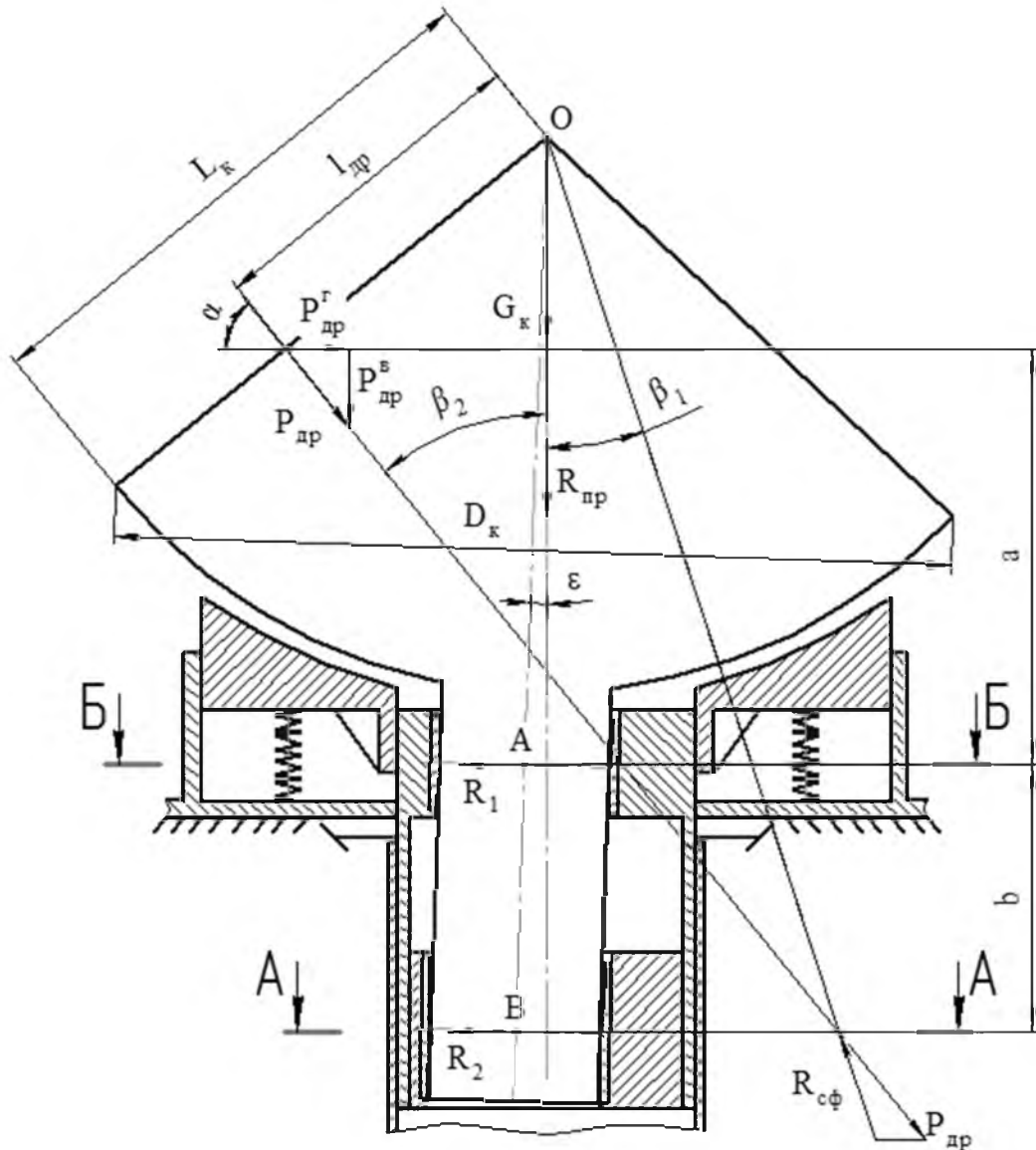


Рис. 2.5. Розрахункова схема дробарки
 (розроблено автором)

Визначимо площу поверхні рухомого конуса

$$F = \pi \cdot \frac{D_K}{2} \cdot L_K = 3,14 \cdot \frac{2,2}{2} \cdot 1,42 = 4,9 \text{ м}^2. \quad (2.3)$$

Визначимо зусилля дроблення

$$P_{др} = 46 \cdot F = 46 \cdot 4,9 = 225,4 \text{ т} = 2254 \text{ кН}. \quad (2.4)$$

Реакцію сферичної опори визначимо аналітично з умови

$$P_{др} \cdot \cos \beta_2 = R_{сф} \cdot \cos \beta_1, \quad (2.5)$$

де β_1 і β_2 – кути на схемі (рис. 2.5.), визначаємо графічно $\beta_1 = 15^\circ$; $\beta_2 = 40^\circ$.

$$R_{сф} = \frac{P_{др} \cdot \cos \beta_2}{\cos \beta_1} = \frac{2254 \cdot \cos 40^\circ}{\cos 15^\circ} = 1786 \text{ кН}. \quad (2.6)$$

Визначимо навантаження на пружини сферичного підп'ятника

$$R_{пр} = R_{сф} \cdot \cos \beta_1 + G_K = 1786 \cdot \cos 15^\circ + 130 = 1855 \text{ кН}. \quad (2.7)$$

Визначимо вертикальну складову зусилля дроблення

$$P_{др}^B = P_{др} \cdot \sin \alpha = 2254 \cdot \sin 52^\circ = 1776 \text{ кН}. \quad (2.8)$$

Визначимо горизонтальну складову зусилля дроблення

$$P_{др}^G = P_{др} \cdot \cos \alpha = 2254 \cdot \cos 52^\circ = 1388 \text{ кН}. \quad (2.9)$$

З умови рівноваги

$$\sum M_A = 0;$$

$$P_{др}^r \cdot a + R_2 \cdot b = 0, \quad (2.10)$$

де a і b – плечі моментів зусиль, конструктивно з креслення приймаємо $a = 1,2$ м, $b = 1,1$ м.

Визначимо реакцію в підшипнику в точці B

$$R_2 = -\frac{P_{др}^r \cdot a}{b} = -\frac{1388 \cdot 1,2}{1,1} = -1514 \text{ кН}. \quad (2.11)$$

Знак «мінус» вказує на те, що реакція насправді направлена у протилежну сторону.

З умови рівноваги

$$\sum M_B = 0;$$

$$P_{др}^r \cdot (a + b) - R_1 \cdot b = 0. \quad (2.12)$$

Визначимо реакцію в підшипнику (в точці A)

$$R_1 = \frac{P_{др}^r \cdot (a + b)}{b} = \frac{1388 \cdot (1,2 + 1,1)}{1,1} = 2902 \text{ кН}. \quad (2.13)$$

2.3.3 Розрахунок та вибір елементів кінематичної схеми

Розрахунок параметрів пружин сферичного підп'ятника ведемо за [9].
Попередньо приймаємо $K=12$ пружин.

Визначимо навантаження на одну пружину від:

– ваги рухомого конуса

$$P_1 = \frac{G_k}{K} = \frac{130000}{12} = 10833 \text{ Н}; \quad (2.14)$$

– робочого зусилля дроблення

$$P_2 = \frac{R_{\text{пр}}}{K} = \frac{1835000}{12} = 154583 \text{ Н}; \quad (2.15)$$

– зусилля дроблення при потраплянні в камеру не подрібнюваного тіла

$$P_3 = \frac{2 \cdot R_{\text{пр}}}{K} = \frac{2 \cdot 1835000}{12} = 298333 \text{ Н}, \quad (2.16)$$

де 2 – коефіцієнт перевантаження при потраплянні в камеру дроблення не подрібнюваного тіла.

Пружини виготовлятимемо зі сталі 60С2Н2А для якої при загартуванні з відпуском $[\tau]_{\text{мах}} = 1100$ МПа.

Приймаємо індекс пружини $m = 5$.

Визначимо діаметр дроту

$$d = \sqrt{\frac{8 \cdot (m + 1,5) \cdot P_3}{\pi \cdot [\tau]_{\text{мах}}}} = \sqrt{\frac{8 \cdot (5 + 1,5) \cdot 298333}{3,14 \cdot 1100}} = 67 \text{ мм}. \quad (2.17)$$

Приймаємо $d = 70$ мм.

Середній діаметр пружини складе

$$D_{\text{сер}} = d \cdot m = 70 \cdot 5 = 350 \text{ мм.} \quad (2.18)$$

Обираємо пружину №266 ГОСТ 13769-86, для якої $d = 70$ мм; зовнішній діаметр $D_1 = 360$ мм ; $m = 4,2$; жорсткість одного витка $C_1 = 16500$ Н/мм; найбільший прогин $S'_3 = 18,64$ мм [9].

Жорсткість пружини визначаємо з умови, що при $P_3 = 298333$ Н прогин її складе $f_3 = 90$ мм.

$$C = \frac{P_3}{f_3} = \frac{298333}{90} = 3314,8 \text{ Н/мм.} \quad (2.19)$$

Визначимо прогин пружини під дією робочого зусилля дроблення і ваги рухомого конуса відповідно

$$f_2 = \frac{P_2}{C} = \frac{154583}{3314,8} = 46,63 \text{ мм;} \quad (2.20)$$

$$f_1 = \frac{P_1}{C} = \frac{10833}{3314,8} = 3,27 \text{ мм.} \quad (2.21)$$

Визначимо кількість робочих витків однієї пружини

$$n_p = \frac{C_1}{C} = \frac{16500}{3314,8} = 4,97. \quad (2.22)$$

Приймаємо $n_p = 5$.

У такому випадку жорсткість пружини складе

$$C = \frac{C_1}{n_p} = \frac{16500}{5} = 3300 \text{ Н/мм.} \quad (2.23)$$

Найбільша допустима деформація пружини становить

$$S_{\max} = S'_3 \cdot n_p = 18,64 \cdot 5 = 93,2 \text{ мм} > f_3 = 90 \text{ мм.} \quad (2.24)$$

Умова не зіткнення витків виконана.

Визначимо повне число витків

$$n = n_p + 1,5 = 5 + 1,5 = 6,5. \quad (2.25)$$

Визначимо висоту пружини стиснутої до зіткнення витків

$$H_d = (6,5 - 0,5) \cdot d = (11 - 0,5) \cdot 70 = 420 \text{ мм.} \quad (2.26)$$

Прогин одного витка приймаємо $h_1 = 18,5 \text{ мм} < S'_3 = 18,64 \text{ мм}$.

Визначимо хід пружини до зіткнення витків

$$f_{\text{зіткн}} = h_1 \cdot n_p = 18,64 \cdot 5 = 92,5 \text{ мм;} \quad (2.27)$$

$$f_{\text{зіткн}} = 92,5 \text{ мм} > f_3 = 90 \text{ мм.}$$

Зіткнення витків не можливе.

Крок пружини

$$t = d + h_1 = 70 + 18,5 = 88,5 \text{ мм.} \quad (2.28)$$

Визначимо висоту ненавантаженої пружини

$$H_0 = H_d + F_3 = 420 + 92,5 = 512,5 \text{ мм.} \quad (2.29)$$

Результати розрахунку параметрів пружин схематично наведені на рис. 2.6.

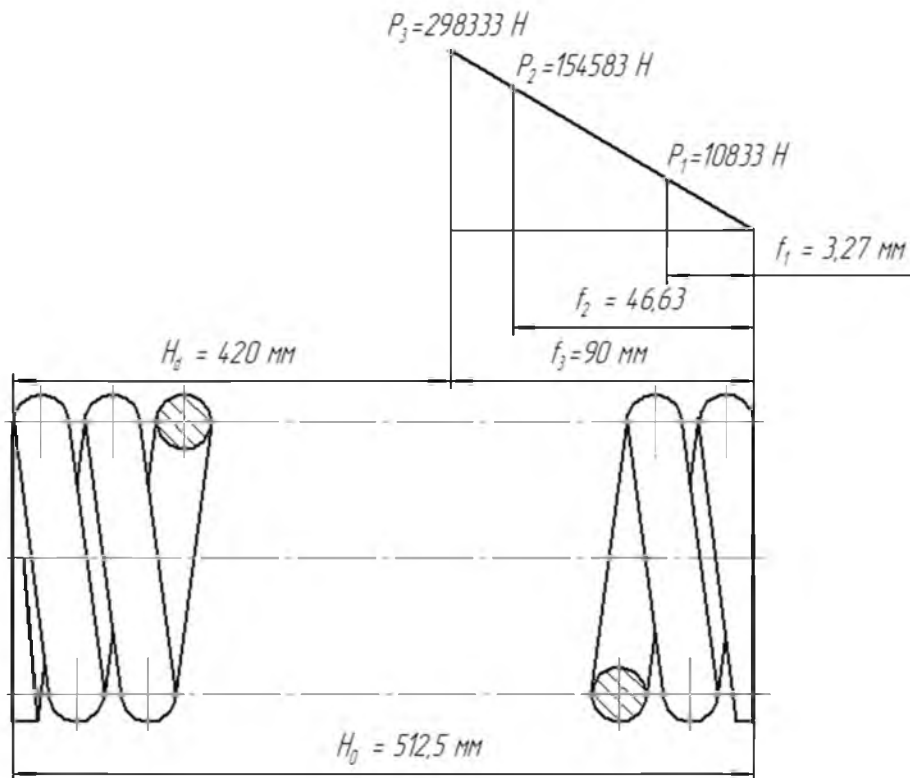


Рис. 2.6. Схема пружини
(розроблено автором)

2.3.4 Розрахунки на міцність

Перевірку міцності пружин здійснюємо за [9].

Визначимо дотичні напруги при робочій деформації

$$\begin{aligned} \tau_2 &= \frac{8 \cdot (m + 1,5) \cdot f_2 \cdot C}{\pi \cdot d^2} = \frac{8 \cdot (4,2 + 1,5) \cdot 46,63 \cdot 3300}{3,14 \cdot 70^2} = \\ &= 455,8 \text{ МПа.} \end{aligned} \quad (2.30)$$

Визначимо дотичні напруги при максимальній деформації

$$\tau_{\max} = \frac{8 \cdot (m + 1,5) \cdot f_3 \cdot C}{\pi \cdot d^2} = \frac{8 \cdot (4,2 + 1,5) \cdot 90 \cdot 3300}{3,14 \cdot 70^2} = 880 \text{ МПа}; \quad (2.31)$$

$$\tau_{\max} = 880 \text{ МПа} < [\tau]_{\max} = 1100 \text{ МПа}.$$

Міцність пружин забезпечена.

Перевірка працездатності підшипників

Умови працездатності підшипників ексцентрикового вузла

$$p \leq [p]; \quad (2.32)$$

$$(p \cdot v) \leq [p \cdot v], \quad (2.33)$$

де p і $(p \cdot v)$ – розрахунковий питомий тиск на контактній поверхні та температурний критерій підшипника відповідно; $[p]$ і $[p \cdot v]$ – допустимий питомий тиск на контактній поверхні та температурний критерій працездатності підшипника відповідно, для бабітових підшипників

$$[p] = 15 \text{ МПа}, [p \cdot v] = 75 \text{ МПа} \cdot \text{м/с} [9].$$

Для розрахунку працездатності підшипників ексцентрикового вузла користуємось розрахунковою схемою рухомого конуса, показаною на рис. 2.5.

Визначимо кутову швидкість вала рухомого конуса

$$\omega_k = \frac{\pi \cdot n_k}{30} = \frac{3,14 \cdot 200}{30} = 21 \text{ с}^{-1}. \quad (2.34)$$

Швидкість ковзання підшипників визначається за формулою

$$v_i = \omega_k \cdot \frac{d_i}{2}, \quad (2.35)$$

де v_i – швидкість ковзання i – того підшипника, мається на увазі підшипник, показаний на схемі (рис. 2.5.) в конкретно позначеній точці, м/с; d_i – діаметр i – того підшипника, приймаються конструктивно з креслення, м.

Розрахунковий питомий контактний тиск на поверхні та температурний критерій працездатності підшипника визначається наступним чином

$$p_i = \frac{R_i}{d_i \cdot B_i} < [p]; \quad (2.36)$$

$$(p \cdot v)_i = p_i \cdot v_i, \quad (2.37)$$

де R_i – навантаження на i -тий підшипник ексцентрикового вузла валу рухомого конуса, Н; B_i – ширина i – того підшипника ковзання, мм.

Результати розрахунків зводимо в табл. 2.1.

Таблиця 2.1.

Розрахунок параметрів для визначення придатності до роботи підшипників рухомого конуса

Позначення підшипника	Діаметр, d_i , мм	Ширина, B_i , мм	Швидкість ковзання, v_i , м/с	Навантаження на підшипник, R_i , Н	Питомий тиск на контактній поверхні, $p_{розр.i}$, МПа	Температурний показник працездатності підшипника, $(p \cdot v)_{розр.i}$, МПа·м/с
А	660	435	6,93	2902000	10,1	69,99
В	420	630	4,41	1514000	5,72	25,23

Примітка. Джерело: розроблено автором

З таблиці видно, що обрані підшипники придатні до роботи.

2.4 Монтаж, ремонт, змащення

2.4.1 Прив'язка машини до технологічного тракту

Конусна дробарка монтується на спеціально підготовлений залізобетонний фундамент. Відхилення фактичних геометричних параметрів фундаменту від проєктних значень допускаються лише в межах нормативних допусків [10]. Зокрема, похибки у взаємному розташуванні осей не повинні перевищувати ± 20 мм, відхилення висотних відміток допускаються до -30 мм, відхилення розмірів у плані — не більше ± 30 мм. Для анкерних болтів встановлюються підвищені вимоги до точності: допустиме зміщення їх осей становить ± 5 мм, а відхилення відміток верхніх торців не повинне перевищувати -20 мм.

Приймання фундаменту перед початком монтажних робіт виконується шляхом інструментального контролю його фактичних розмірів, висотних позначок та правильності встановлення закладних елементів під анкерні з'єднання з порівнянням отриманих даних із проєктною документацією.

Схема геодезичного обґрунтування монтажу дробарки наведена на рис. 2.8. За базову нульову відмітку приймається рівень чистої підлоги першого поверху виробничої будівлі. Просторова прив'язка дробарки здійснюється відносно осей суміжного механічного обладнання відповідно до вимог технологічної схеми підприємства.

2.4.2 Технологічна карта монтажу

Доставка дробарного обладнання до місця встановлення здійснюється залізничним транспортом у вигляді укрупнених монтажних вузлів. Маса основних елементів становить: станина – 20 320 кг; рухомий конус у зібраному вигляді – 12 170 кг; нерухомий конус у зборі – 7 340 кг; приводний вал у зборі – 2 280 кг; сферична опора – 1 980 кг; приймальна воронка – 1 300 кг.

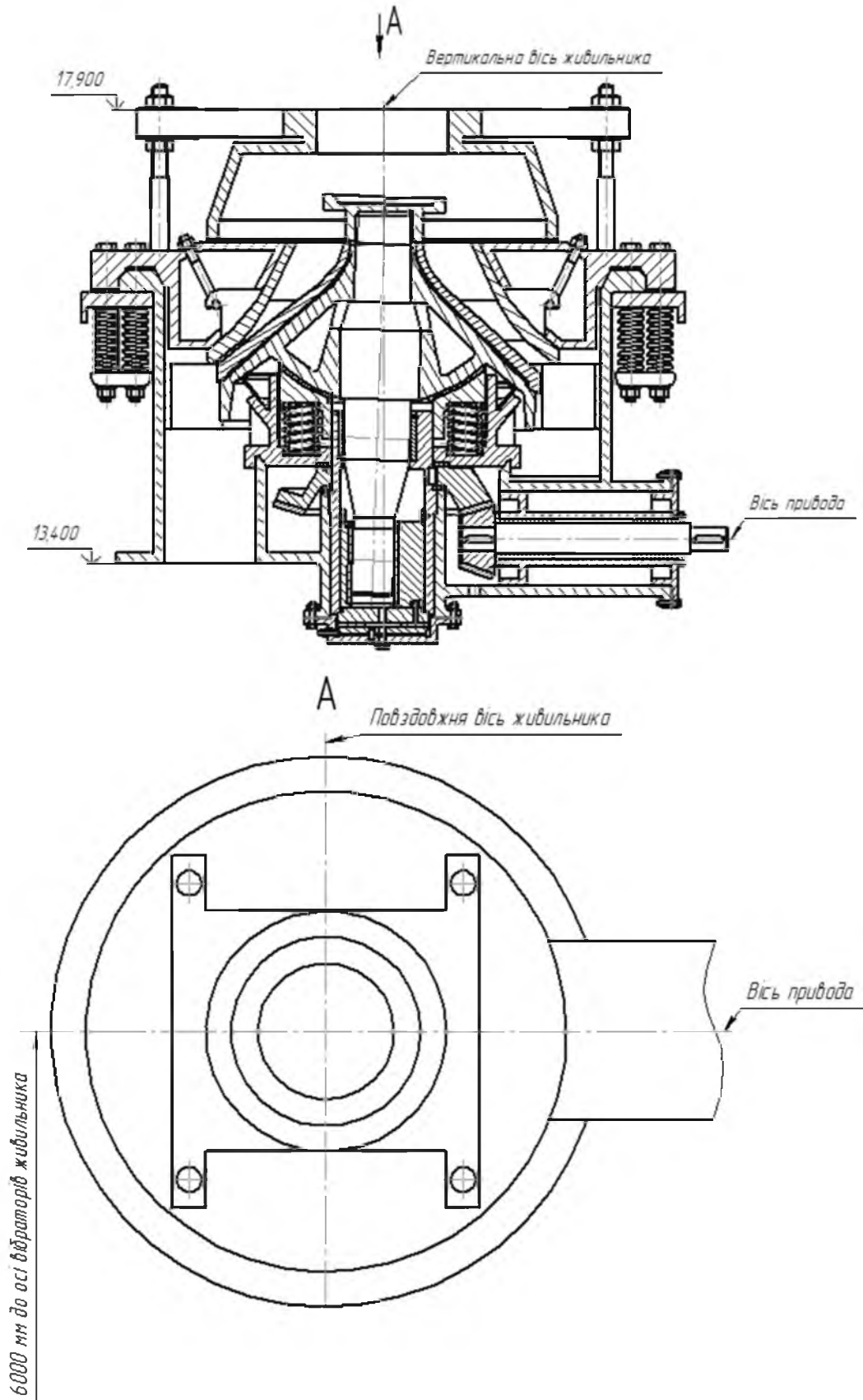


Рис. 2.8. Геодезичне обґрунтування монтажу дробарки
(розроблено автором)

Стропування елементів дробарки виконується відповідно до схем стропування (рис. 2.9), із застосуванням сертифікованих вантажозахоплювальних пристроїв. Забороняється стропування за необладнані для цього деталі або за поверхні, що можуть бути деформовані. Під час підймання вантажу необхідно забезпечити його стійке положення та виключити перекоси, ривки і розгойдування.

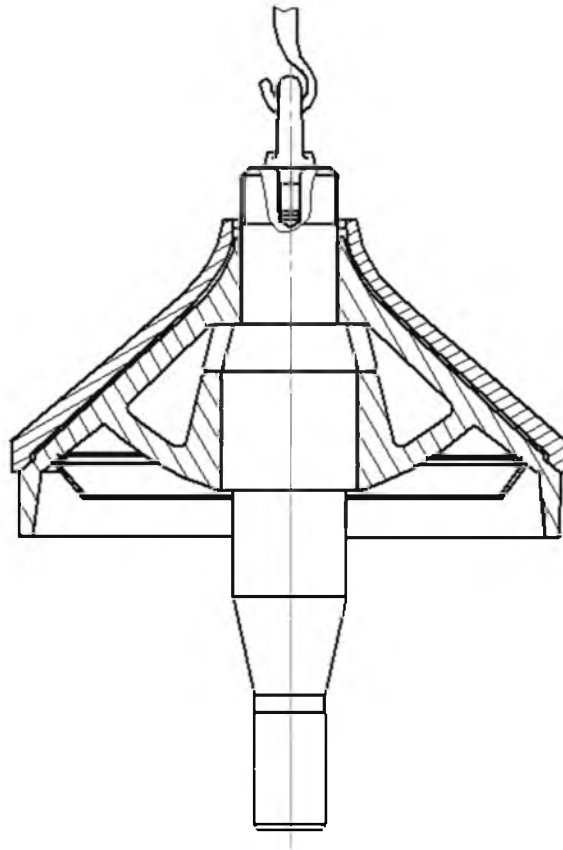
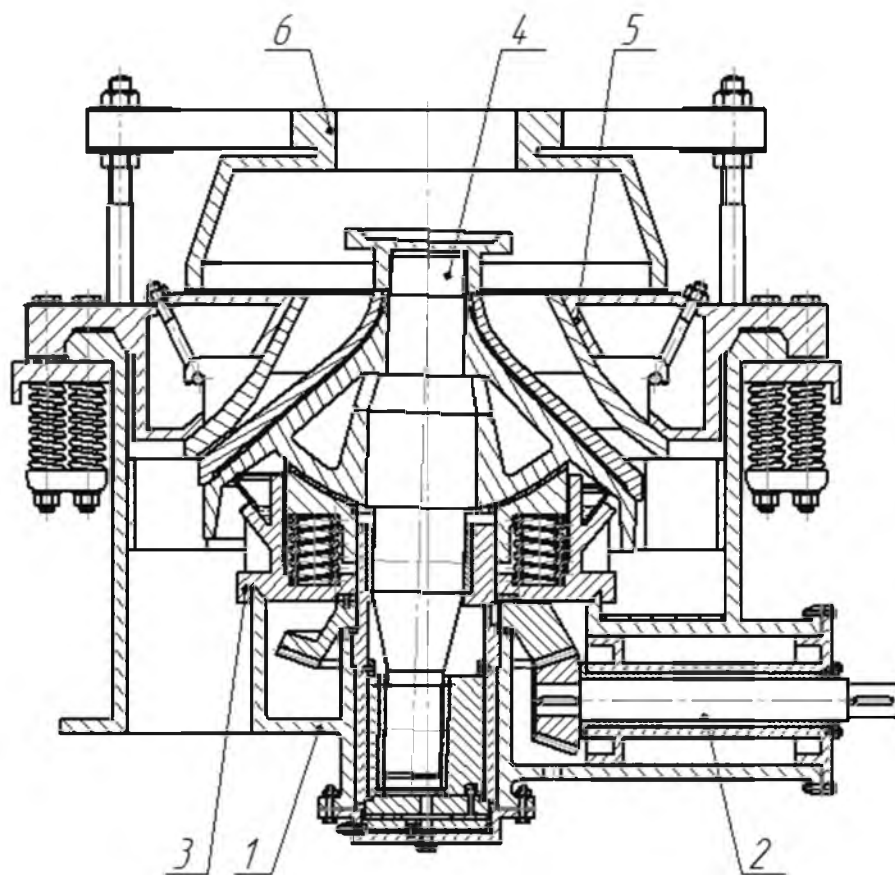


Рис. 2.9. Схема стропування рухомого конуса
(розроблено автором)

Складання конусної дробарки виконують відповідно до монтажного креслення (рис. 2.10) за графіком монтажу, наведеного в табл. 2.2.

Відомість монтажного обладнання, інструмента й пристосувань необхідних для монтажу наведена в табл. 2.3, відомість необхідних матеріалів та напівфабрикатів у табл. 2.4.



№ поз.	Найменування	Кількість	Маса, кг	
			одиниці	загальна
1	Станина	1	20320	20320
2	Вал приводний	1	2280	2280
3	Опора сферична	1	1980	1980
4	Конус рухомий	1	12170	12170
5	Конус нерухомий	1	7340	7340
6	Воронка приймальна	1	1300	1300

Рис. 2.10. Монтажне креслення

(розроблено автором)

Таблиця 2.2

Графік робіт по монтажу конусної дробарки

№ з/п	Обсяг робіт із складання в технологічній послідовності	Калькуляція						Склад ланки	Продовження операції, годин	Графік виконання робіт, годин							
		Один. виміру	Обсяг робіт	На одиниці		На весь обсяг				1	2	3	4	5	6	7	8
				Норма часу, годин	Розцінки	Витрати часу, годин	Сума зарпл.										
1	Змонтувати станину	шт	1	3	20-00	3	60	6/5/5	1								
2	Встановити приводний вал	шт	1	2	20-00	2	40	5/5	1								
3	Встановити сферичну опору	шт	1	3	18-00	3	54	6/5/5	1								
4	Змонтувати рухомий конус	шт	1	2	18-00	2	36	5/5	1								
5	Встановити і закріпити нерухомий конус	шт	1	1	20-00	1	20	5/5	0,5								
6	Закріпити приймальну воронку	шт	1	1	20-00	1	20	6/5	0,5								
7	Встановити привод	шт	1	2	18-00	2	36	6/5	1								
8	Провести монтаж і налаштування системи змащення	шт	1	3	20	3	60	6/5/5	1								

Примітка. Джерело: розроблено автором

Таблиця 2.3

Відомість монтажного обладнання, інструмента й пристосувань

Інструмент	Одиниця вимірювання	Кількість
Ключі від S12 до S85	шт	12
Кувалда	шт	1
Молоток слюсарний	шт	1
Ломики монтажні	шт	2
Стропи	шт	2

Примітка. Джерело: розроблено автором

Таблиця 2.4

Відомість необхідних для монтажу матеріалів

Найменування матеріалу	Застосування
Матеріал для оптирання	Протирання поверхонь
Солярка	Миття, деталей що сполучаються
Масило I-50	Змащення зубчастого зачеплення і муфти

Примітка. Джерело: розроблено автором

2.4.3 Зношення відповідальних деталей та методи їх відновлення

Найбільш навантаженими та відповідальними елементами машини є підшипникові вузли, зубчасті передачі, пружні елементи та різьбові з'єднання. Надійність і довговічність роботи дробарки значною мірою визначається технічним станом саме цих деталей.

Відмови підшипникових вузлів у більшості випадків зумовлені такими факторами: окислювальним і абразивним зношуванням робочих поверхонь; порушенням посадок у корпусах або на валах, що призводить до появи додаткових динамічних навантажень; а також помилками, допущеними під час монтажу, зокрема перекосами або недостатнім попереднім натягом.

Пошкодження зубчастих зачеплень, пружин і різьбових з'єднань, як правило, виникають унаслідок наявності дефектів поверхні у вигляді задирів,

забоїн і тріщин; інтенсивного зношування та змінання матеріалу; зрізу або пластичної деформації робочих поверхонь; а також утворення зломів і розвитку внутрішніх дефектів, що знижують міцність і працездатність елементів.

Зубчасті колеса та шестерні підлягають вибраковуванню і заміні у разі зменшення товщини зубців, виміряної по дільному колу, більш ніж на 20 % від номінального значення. Крім того, заміна є обов'язковою при виявленні тріщин на ободі, диску або маточині колеса, у зоні основи зубців, а також у випадку їх повного зламу.

За умови пошкодження одного зубця допускається його відновлення методом зварювання. Для цього зламаний зуб видаляють до основи, після чого вздовж його довжини свердлять кілька отворів, у яких нарізають різьбу та встановлюють шпильки. Наплавлення металу виконують із використанням мідних шаблонів, до яких наплавлений матеріал не прилипає завдяки високій теплопровідності міді. Після відновлення зубчасте колесо піддають відпалу, механічній обробці на металорізальному верстаті та остаточному припасуванню шляхом обкатування. У разі поломки двох суміжних зубців ремонт здійснюють шляхом установлення ремонтної вставки.

При наявності раковин або відколів антифрикційного шару підшипників ковзання валів дефекти усувають газополуменевим наплавленням з використанням ацетилено-кисневих пальників. Як присадковий матеріал застосовують латунний дріт, а флюсом слугує суміш, що складається з 70 % бури, 20 % кухонної солі та 10 % борної кислоти.

У випадку капітального ремонту підшипників зношений антифрикційний шар повністю видаляють і виконують повторну заливку. Перед цим корпус підшипника очищують від забруднень, мастильних матеріалів та оксидів розчином каустичної соди, промивають гарячою водою та ретельно висушують.

Ремонт корпусних деталей із тріщинами здійснюють зварюванням з обов'язковим попереднім підігрівом до температури 750...800 °С. Після визначення меж тріщини її кінці засвердлюють, виконують фаски або скоси ві-

дповідної форми залежно від товщини металу, після чого накладають зварний шов. Завершальним етапом є заварювання технологічних отворів і зачистка шва. [11]

2.4.4 Розробка графіка планово-попереджувальних ремонтів

Структуру ремонтного циклу конусної дробарки КСД-2200 наведено в табл. 2.5. На основі прийнятої періодичності та складу ремонтних робіт формується графік планово-попереджувальних ремонтів, який представлений у табл. 2.6. Дотримання вказаного графіка забезпечує підтримання дробарки у працездатному стані та зниження ймовірності аварійних відмов.

Таблиця 2.5

Структура ремонтного циклу дробарки КСД-2200

Обладнання	Тривалість ремонту, годин			Періодичність ремонту, міс.			Структура ремонту
	П1	П2	К	П1	П2	К	
Конусна дробарка середнього дроблення КСД-2200	8	16	72	3	6	36	6П1+5П2+К

Примітка. Джерело: дані ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

Таблиця 2.6

Графік планово-попереджувальних ремонтів дробарки

Найменування устаткування	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
Конусна дробарка середнього дроблення КСД-2200			П1			П2			П1			П2

Примітка. Джерело: дані ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

Під час виконання поточного ремонту першого рівня (П1) необхідно здійснити такі операції: перевірити технічний стан усіх болтових з'єднань із подальшим підтягуванням або заміною пошкоджених елементів; оглянути пружини та у разі виявлення тріщин або залишкових деформацій негайно їх замінити; виконати ревізію муфти та, за потреби, замінити зношені деталі; проконтролювати кріплення дробарки і електродвигуна до фундаменту з підтягуванням або заміною анкерних болтів; перевірити стан броньових плит і при значному зношуванні або появі дефектів здійснити їх заміну.

Поточний ремонт другого рівня (П2), окрім операцій, передбачених ремонтом П1, включає додаткові роботи: контроль стану зубчастого зачеплення та підшипників валів; детальний огляд муфти з обов'язковою заміною при виявленні тріщин; повну заміну зношених броньових плит.

Капітальний ремонт передбачає повне розбирання дробарки з дефектацією всіх вузлів і деталей, заміною або відновленням зношених елементів та подальшим складанням і регулюванням обладнання відповідно до технічних вимог. [13]

2.4.5 Змащення

Оскільки система змащування, марка і витрата мастила залишаються незмінними, то розрахунок параметрів мастила не виконується.

Карта змащування конусної дробарки приведена в табл. 2.7, при її розробці враховувались рекомендації наведені в роботі [13] та дані підприємства. Схема точок змащування конусної дробарки приведені на рис. 2.11.

2.5 Економічна доцільність запропонованих рішень

Розрахунок капітальних вкладень проводимо за рекомендаціями [14].

Карта змащення дробарки

Точка змащення	Назва вузла тертя	Кількість точок змащення	Тип мастила		Спосіб змащення	Витрата і періодичність заміни
			Влітку	Взимку		
1	Сферичний під'ятник	1	автол 10 ОСТ 7869	машинне Л ОСТ 7954	Централізований	Згідно з діючими технічними інструкціями
2	Вузол ексцентрик	1				
3	Зубчасте зачеплення	1				
4	Підшипник приводного вала	2				

Примітка. Джерело: дані ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

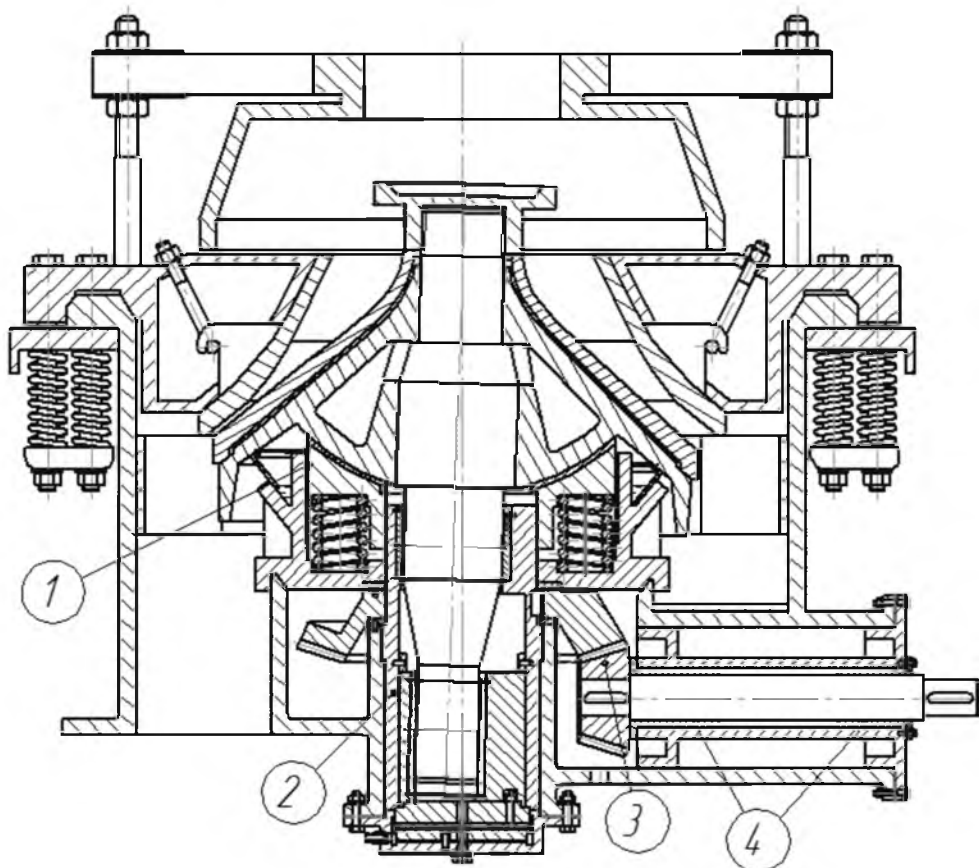


Рис. 2.11. Схема розташування точок змащення дробарки
(розроблено автором)

Визначимо ціну ексцентрикового вузла зі сферичним підп'ятником

$$\text{Ц}_д = (M_1 + M_2) \cdot \Phi_n = (2,35 + 1,98) \cdot 60000 = 259800 \text{ грн}, \quad (2.38)$$

де M_1 і M_2 – маса ексцентрикового вузла та сферичного підп'ятника відповідно, $M_1 = 2,35$ т, $M_2 = 1,98$ т; Φ_n – ваговий норматив вартості, $\Phi_n = 60000$ грн/т.

Визначимо первісну вартість встановлюваного обладнання

$$\begin{aligned} \Phi_n &= 4 \cdot \text{Ц}_д \cdot (1 + L_t + L_M) = 4 \cdot 259800 \cdot (1 + 0,05 + 0,07) = \\ &= 1163904 \text{ грн}, \end{aligned} \quad (2.39)$$

де 4 – кількість дробарок на фабриці; L_t – коефіцієнт, що враховує витрати на транспорт, для всіх видів обладнання $L_t = 0,05$; L_M – коефіцієнт, що враховує витрати на монтаж, для всіх видів дробарок $L_M = 0,07$.

Визначимо вартість демонтованого обладнання

$$\text{К}_д = 4 \cdot M_d \cdot \text{Ц}_{м.б.} = 4 \cdot 4,5 \cdot 3500 = 63000 \text{ грн}, \quad (2.40)$$

де 4 – кількість демонтованих ексцентрикових вузлів та сферичних підп'ятників на фабриці; M_d – вага одного ексцентрикового вузла зі сферичним підп'ятником, $M_d = 4,5$ т; $\text{Ц}_{м.б.}$ – ринкова вартість металобрухту, $\text{Ц}_{м.б.} = 3500$ грн/т.

Визначимо загальні капітальні витрати на впровадження розроблених заходів

$$\text{К}_{заг} = \Phi_n + \text{В}_д - \text{К}_д = 1163904 + 54000 - 63000 = 1154904 \text{ грн}, \quad (2.41)$$

де $\text{В}_д$ – витрати на демонтаж існуючого обладнання, $\text{В}_д = 54000$ грн.

Розрахунок річних амортизаційних відрахувань

Визначимо річну норму амортизації

$$H_a = \frac{1}{T_{\text{мд}}} \cdot 100\% = \frac{1}{5} \cdot 100\% = 20\%, \quad (2.42)$$

де $T_{\text{мд}}$ – мінімально допустимий термін корисного використання встановлюваного устаткування, для машин та обладнання $T_{\text{мд}} = 5$ років.

Визначимо річну амортизацію прямолінійним методом

$$A_p = K_{\text{заг}} \cdot \frac{H_a}{100\%} = 1154904 \cdot \frac{20}{100\%} = 230980,8 \text{ грн.} \quad (2.43)$$

Розрахунок експлуатаційних витрат

Річні витрати на запасні частини розраховуємо за формулою

$$C_{\text{з.ч.}} = C_{\text{з.ч.}} \cdot K, \quad (2.44)$$

де $C_{\text{з.ч.}}$ – ціна одиниці запасної частини, грн; K – кількість запасних частин.

Розрахунок річних витрат на запасні частини базової та розробленої машин зводимо в табл. 2.8, 2.9.

Визначимо додаткові витрати на обслуговування та ремонт однієї базової конусної дробарки

$$\begin{aligned} V_{\text{дод}}^{\text{Б}} &= t_{\text{обсл}}^{\text{Б}} \cdot \text{Ч}_{\text{дод}} \cdot T_{\text{год}} \cdot \left(1 - \frac{v}{100}\right) = \\ &= 450 \cdot 3 \cdot 25 \cdot \left(1 - \frac{37}{100}\right) = 21262,5 \text{ грн,} \end{aligned} \quad (2.45)$$

де $t_{\text{обсл}}^{\text{Б}}$ – річна витрата часу на обслуговування та ремонт базової машини, $t_{\text{обсл}}^{\text{Б}} = 450$ год; $\text{Ч}_{\text{дод}}$ – кількість додаткового персоналу, $\text{Ч}_{\text{дод}} = 3$ чол.; $T_{\text{год}}$ – середньогодинна зарплата одного робітника, $T_{\text{год}} = 25$ грн/год; v – відрахування від заробітної плати, $v = 37\%$.

Таблиця 2.8

Річні витрати на запасні частини існуючих дробарок

Найменування запасної частини	Кількість, шт	Ціна один., грн	Сума, грн
Колесо зубчате конічне	4	18480	73920
Вал приводний	1	68595	68595
Підшипник приводного валу	4	12420	49680
Втулка ексцентрикова ексцентрикового вузла	2	235380	470760
Втулка циліндрична ексцентрикового вузла	2	164475	328950
Всього	–	–	991905

Примітка. Джерело: дані ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

Таблиця 2.9

Річні витрати на запасні частини розроблених дробарок

Найменування запасної частини	Кількість, шт	Ціна один., грн.	Сума, грн.
Підшипник вала рухомого конуса	4	10890	43560
Пружина гвинтова	10	3568	35680
Всього	–	–	79240

Примітка. Джерело: дані ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

Визначимо додаткові витрати на обслуговування та ремонт однієї розробленої конусної дробарки

$$\begin{aligned}
 V_{\text{дод}}^P &= t_{\text{обсл}}^M \cdot \chi_{\text{дод}} \cdot T_{\text{год}} \cdot (1 - v/100) = \\
 &= 300 \cdot 3 \cdot 25 \cdot \left(1 - \frac{37}{100}\right) = 14175 \text{ грн}, \quad (2.46)
 \end{aligned}$$

де $t_{\text{обсл}}^M$ – річна витрата часу на обслуговування та ремонт розробленої машини, $t_{\text{обсл}}^M = 300$ год.

Визначимо річну зміну витрат коштів на запасні частини

$$\Delta C_{\text{з.ч.}} = V_{\text{з.ч.}}^{\text{Б}} - V_{\text{з.ч.}}^{\text{Р}} = 991905 - 79240 = 912665 \text{ грн.} \quad (2.47)$$

Визначимо річну зміну витрат на обслуговування та ремонт

$$\Delta C_{\text{обсл}} = 4 \cdot (V_{\text{дод}}^{\text{Б}} - V_{\text{дод}}^{\text{Р}}) = 4 \cdot (21262,5 - 14175) = 28350 \text{ грн.} \quad (2.48)$$

Розрахунок економічної ефективності проектних рішень

Вплив розроблених заходів на загальний обсяг витрат наведений в табл. 2.10.

Таблиця 2.10

Вплив розроблених заходів на загальний обсяг витрат

Найменування чинника	Вплив на витрати (\pm)	
	на весь випуск, грн	на одиницю про- дукції, грн
Зміна витрат на запасні частини	-912665	-0,1252
Зміна витрат на обслуговування та ремонт в т. ч. заробітну плату ремонтного персоналу	-28350	-0,0039
Зміна амортизаційних витрат	+230980,8	+0,0317
Сумарна зміна витрат	-710034,2	-0,0974

Примітка. Джерело: дані ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

Визначимо річний економічний ефект

$$E_{\text{ф}} = \Delta C - E_{\text{н}} \cdot K_{\text{заг}} = 710034,2 - 0,15 \cdot 1154904 = 536798,6 \text{ грн,} \quad (2.49)$$

де ΔC – сумарна зміна витрат (економія) від впровадження розроблених заходів (див. табл. 2.10), грн; $E_{\text{н}}$ – нормативний показник економічної ефективності, $E_{\text{н}} = 0,15$.

Термін окупності капітальних вкладень складе

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{заг}}}{E_{\text{ф}}} = \frac{1154904}{536798,6} = 2,15 \text{ року.} \quad (2.50)$$

Результати розрахунків зводимо в табл. 2.11.

Таблиця 2.11

Основні техніко-економічні показники

Найменування показника	Показники		Відхилення	
	базові	прогнозні	абсолютні (+,-)	відносні (%)
Річний обсяг виробництва				
а) тис. т	7291,240	7291,240	0	0
б) тис. грн	1486559,885	1485849,851	-710,0342	0,048
Собівартість продукції, грн.	203,883	203,7856	-0,0974	0,048
Витрати на запасні частини	3,63	3,5048	-0,1252	3,449
Витрати на обслуговування і ремонт, в т.ч. з/пл.	1,594	1,5901	-0,0039	0,245
Амортизація ОЗ	0,54	0,5717	+0,0317	5,870
Термін окупності капітальних вкладень, рік		3,03		
Річний економічний ефект, грн	-	868864		-

Примітка. Джерело: дані ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

На підставі аналізу отриманих техніко-економічних показників встановлено, що впровадження запропонованих конструктивних і технологічних рішень забезпечує помітне зниження експлуатаційних витрат. Зокрема, собівартість виробництва дробленої породи зменшується на 0,0974 грн/т, витрати на запасні частини – на 0,1252 грн/т, а витрати на технічне обслуговування та ремонт, у тому числі на оплату праці ремонтного персоналу, – на 0,0039 грн/т.

Сумарне скорочення експлуатаційних витрат формує річний економічний ефект у розмірі 536 798,6 грн. За умови загального обсягу капітальних вкладень, що становить 1 154 904 грн, розрахунковий термін окупності інвестицій не перевищує 2,15 року.

Отримані результати свідчать про економічну ефективність і доцільність впровадження розроблених проектних рішень у виробничих умовах, оскільки вони дозволяють не лише зменшити собівартість продукції, але й істотно скоротити витрати на обслуговування та ремонт дробильного обладнання.

РОЗДІЛ 3

ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

3.1 Аналіз основних шкідливостей і небезпечностей

Виробниче приміщення корпусу середнього та дрібного дроблення за характером виконуваних робіт і рівнем енерговитрат організму працівників, відповідно до вимог ДСТУ 12.1.005-88, належить до категорії ПБ – роботи середньої фізичної важкості. Для цієї категорії характерні енерговитрати в межах 201...250 ккал/год (233...290 Вт), що обумовлено ходьбою, переміщенням і перенесенням вантажів масою до 10 кг та супроводжується помірним фізичним навантаженням.

Мікроклімат виробничого приміщення визначається температурою повітря, відносною вологістю та швидкістю його руху. Аналіз фактичних параметрів показав, що температура повітря змінюється залежно від кліматичних умов і пори року та загалом незначно відхиляється від нормативних значень. Відносна вологість і швидкість руху повітря перебувають у допустимих межах, що свідчить про задовільний стан мікроклімату.

Основним джерелом забруднення повітря робочої зони є пил, що утворюється під час дроблення та транспортування рудної сировини живильниками й конвеєрами. Запиленість у приміщенні корпусу середнього та дрібного дроблення суттєво перевищує гранично допустимі концентрації.

Проведений аналіз показав значне перевищення нормативів за вмістом оксидів заліза (Fe_2O_3 , FeO) та діоксиду кремнію (SiO_2). Оксиди заліза можуть спричиняти розвиток пневмоконіозів, захворювання органів дихання, порушення функцій печінки, серцево-судинної системи та зміни складу крові. Пил, що містить сполуки кремнію, має виражену фіброгенну, подразнювальну та токсичну дію. Особливо небезпечними є дрібнодисперсні частинки розміром менше 5 мкм, які глибоко проникають у легені та можуть

призводити до розвитку професійних захворювань, зокрема силікозу, пилових бронхітів, пневмоній і бронхіальної астми.

За характером зорової роботи приміщення корпусу, згідно з вимогами СНіП II-4-79, належить до I групи, де виконуються роботи середньої точності з фіксованим напрямом погляду. Освітлення здійснюється світильниками прямого світла від електричної мережі напругою 220 В.

Фактичний рівень освітленості є недостатнім, що обумовлено підвищеною запиленістю повітря та низькими коефіцієнтами відбиття поверхонь обладнання, стін і будівельних конструкцій. Недостатня освітленість сприяє зоровій втомі, зниженню працездатності, розвитку короткозорості, а за тривалого впливу — порушенню обміну речовин та загального функціонального стану організму.

Виробничі процеси в корпусі супроводжуються підвищеними рівнями шуму та вібрації, основними джерелами яких є дробарки, живильники, стрічкові конвеєри та вантажопідіймальне обладнання. Проведений аналіз показав, що фактичні рівні шуму та вібрації перевищують допустимі нормативні значення.

Тривалий вплив шуму негативно позначається на слуховому апараті, може призводити до приглухуватості, глухоти, а також викликати порушення з боку нервової та серцево-судинної систем. Виробнича вібрація спричиняє підвищену втомлюваність, порушення координації рухів, зниження продуктивності праці та може бути причиною розвитку професійного захворювання — вібраційної хвороби.

У виробничих приміщеннях експлуатується значна кількість електрообладнання: електродвигуни, панелі керування, освітлювальні та вантажопідіймальні пристрої. Небезпека ураження електричним струмом є прихованою та може виникати раптово, часто з тяжкими наслідками.

Основними факторами ризику є робота електроустановок напругою до 1000 В, наявність струмопровідного пилу, який осідає на елементах електрообладнання, спричиняючи витіки струму, пробіи ізоляції та короткі

замикання. З урахуванням умов експлуатації, запиленості та характеристик середовища, приміщення корпусу дроблення відноситься до електротехнічних приміщень з підвищеною небезпекою ураження електричним струмом.

3.2 Заходи щодо зниження шкідливостей і небезпечностей

Для зменшення негативного впливу пилу в приміщеннях дроблення передбачається:

- організація природної вентиляції через дахові ліхтарі та отвори в стінах, що забезпечують приплив свіжого повітря; у зимовий період отвори в стінах закривати для запобігання переохолодженню;
- герметизація дробарок та робочих місць;
- впровадження комплексної автоматизації та дистанційного управління технологічним процесом;
- використання аспіраційних систем для видалення пилу безпосередньо на джерелі його утворення, фільтрація повітря перед викидом у атмосферу;
- зволоження матеріалів, що обробляються, та підтримка робочих майданчиків, обладнання й інструментів у чистому й сухому стані.

Для мінімізації впливу шуму застосовуються:

- м'які ущільнювачі на трасах вентиляційних систем;
- звукопоглинальні та звукоізолюючі матеріали;
- індивідуальні засоби захисту (навушники, протишумові беруші).

Основні заходи для зменшення впливу вібрації включають:

- віброізоляцію робочих місць за допомогою спеціальних опор;
- зниження вібраційної активності обладнання шляхом балансування деталей, використання косозубих та шевронних коліс у приводах, заміни підшипників кочення на ковзання (наприклад, із текстоліту) та заміни рідких мастильних матеріалів на густі;

- підвищення жорсткості конструкцій, додавання ребер жорсткості в мостах кранів і підйомних механізмах;
- використання спеціальних антивібраційних рукавиць і напівчобіт;
- регламентування часу контакту працівників із вібруючим обладнанням: перерви на 20 хвилин після 1–2 годин роботи, а також після обіду; виконання комплексу гімнастичних вправ і самомасажу кінцівок під час перерв.

З метою мінімізації ризику ураження електричним струмом пропонується:

- огороження всіх частин електрообладнання та розміщення попереджувальних плакатів «Обережно! Електрична напруга!»;
- використання устаткування закритого типу; розташування струмоведучих частин відповідно до норм;
- застосування захисного заземлення, занулення, захисного відключення, низької напруги та подвійної ізоляції;
- заземлення металевих частин, що потенційно можуть опинитися під напругою, для попередження ураження персоналу;
- контроль стану ізоляції за допомогою мегаомметрів раз на 7 днів (опір ізоляції $\geq 0,5$ МОм);
- перевірка опору захисного заземлення методом амперметра–вольтметра або спеціальним вимірювачем М4-16 не рідше ніж один раз на 14 днів;
- заземлення обладнання й комунікацій у двох і більше точках для безпечного відведення статичного заряду;
- усунення накопичення статичної електрики на робочих майданчиках шляхом покриття підлоги асфальтом, а пішохідних тротуарів — суцільним асфальтним покриттям;
- контроль зарядів статичної електрики за допомогою струнного електромметра та гальванометра постійного струму. [15]

3.2.1 Засоби індивідуального захисту

Відповідно до чинних санітарно-гігієнічних та будівельних норм і правил, зокрема вимог СНіП № 539 від 28.10.2003, працівники виробничих підрозділів повинні бути повністю забезпечені спеціальним одягом і засобами індивідуального захисту. Основне призначення цих засобів полягає у зниженні або повному усуненні впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів на організм людини.

Оснащення робочих місць здійснюється згідно з галузевими нормативами та передбачає обов'язкову видачу персоналу необхідного комплексу засобів індивідуального захисту, які забезпечують безпечне виконання технологічних, монтажних і ремонтних робіт. Зокрема, для захисту органів дихання від пилу та аерозолів застосовуються фільтрувальні респіратори, а також пилозахисні маски типу «Пелюстка».

Захист тіла і шкіри працівників від підвищених температур, агресивних середовищ та механічних впливів забезпечується використанням спеціального робочого одягу — костюмів, курток, брюк та інших елементів спецодягу. Для запобігання травмуванню нижніх кінцівок використовується захисне взуття, конструкція якого розрахована на роботу в умовах значних ударних і статичних навантажень.

Руки працівників захищаються спеціальними рукавицями, тип і матеріал яких обираються залежно від характеру виконуваних операцій. Захист голови забезпечується носінням захисних касок із внутрішніми амортизувальними пристроями, а під час робіт у зонах інтенсивного теплового випромінювання — спеціальних теплоізоляційних шоломів.

Для зменшення теплового впливу та захисту обличчя від твердих частинок, що відлітають у процесі дроблення чи обробки матеріалів, застосовуються прозорі захисні щитки та маски. Під час виконання зварювальних робіт використовуються щитки зі світлофільтрами, які

захищають органи зору та шкіру обличчя від іскор, бризок розплавленого металу й шкідливого випромінювання.

Зниження негативного впливу виробничого шуму на слуховий апарат працівників досягається шляхом застосування засобів акустичного захисту, таких як протишумові навушники, каски, вушні вкладиші та заглушки. Окрему групу засобів індивідуального захисту становлять захисні окуляри різних типів, які запобігають механічним, хімічним і світловим ушкодженням органів зору, зокрема впливу електричної дуги. [15]

3.2.2 Санітарно-побутові приміщення і пристрої

Згідно з санітарно-гігієнічною класифікацією виробничих процесів, установленою вимогами СНіП 2.09.04-87, технологічні операції, що виконуються в агломераційному цеху, відносяться до групи 2А. Для цієї групи характерні значні фізичні навантаження, а також дія несприятливих виробничих факторів, що обумовлює необхідність організації розширеної системи санітарно-побутового забезпечення персоналу.

Для виробництв категорії 2А у складі побутових приміщень цеху передбачаються душові та умивальні, гардеробні, санітарні вузли, приміщення для приймання їжі, пункти питного водопостачання та медичний пункт. Гардеробні приміщення використовуються для зберігання особистого й спеціального одягу працівників; їх місткість визначається відповідно до фактичної чисельності персоналу найбільшої зміни з урахуванням резерву 5 %. Кожному працівникові надається індивідуальна шафа.

Площа та кількість інших санітарно-побутових приміщень приймаються на основі чисельності працівників найбільш завантаженої зміни. Кількість душових установок визначається з розрахунку одна душова сітка на трьох осіб, а умивальників — один водорозбірний кран на двадцять працівників. Душові та умивальні розміщуються поряд із гардеробними, що забезпечує зручність і раціональність побутового обслуговування.

Організація харчування персоналу здійснюється через їдальню, місткість якої визначається за нормативом одне посадкове місце на чотирьох працівників. Для поповнення втрат вологи та мінеральних солей, що виникають під час роботи в умовах підвищених температур, у виробничих приміщеннях встановлюються питні фонтанчики та автомати з підсоленою газованою водою. У теплий період року працівникам додатково надаються білково-вітамінні напої. Джерела питного водопостачання розміщуються на відстані не більше 75 м від робочих місць, а їх кількість визначається з розрахунку один пристрій на 100 осіб.

Санітарні вузли розташовуються з дотриманням вимог доступності, при цьому максимальна відстань від робочих місць до вбиралень не перевищує 75 м. Кількість санітарно-технічних приладів визначається з нормативного співвідношення один прилад на п'ятнадцять працівників.

Медичне обслуговування працівників, зайнятих у цілодобовому режимі, забезпечується здоров'ям пунктом II категорії, який відповідає чинним вимогам і призначений для надання первинної медичної допомоги безпосередньо на виробництві.

3.3 Пожежна профілактика

У відділенні дроблення існує потенційна пожежна небезпека, зумовлена особливостями технологічного процесу та умовами експлуатації обладнання. Займання можуть виникати внаслідок аварійних режимів роботи електрообладнання, зокрема перевантажень, перегрівання або коротких замикань, що відносяться до пожеж класу Е. Додаткову небезпеку становлять горючі мастильні матеріали, які можуть загорятися під дією іскор електричного чи механічного походження, теплового випромінювання від нагрітих поверхонь або відкритого полум'я, що відповідає пожежам класу В. Окрему загрозу становить самозаймання промасленого обтирального

матеріалу, яке належить до пожеж класу А, а також можливий вплив електростатичних та грозових розрядів.

Рівень пожежної небезпеки у відділенні знижено шляхом впровадження комплексу технічних і організаційних заходів. Системи керування електрообладнанням оснащені автоматами максимального струмового захисту та плавкими запобіжниками, що унеможлиблює розвиток аварійних режимів. Кількість горючих мастильних матеріалів у виробничій зоні обмежується обсягом добової потреби, тоді як основні запаси зберігаються в окремому пожежобезпечному складі. Для запобігання перегріву електродвигуни обладнані замкненими системами примусової вентиляції з охолодженням і очищенням повітря від пилу. Промаслене ганчір'я збирається у металеві контейнери з герметичними кришками та наприкінці зміни вивозиться за межі цеху для подальшої утилізації. Відведення статичних зарядів забезпечується через систему заземлення обладнання.

Згідно з вимогами НАПБ Б.03.002-2007 виробничий процес у відділенні дроблення за вибуховою, вибухопожежною та пожежною небезпечністю належить до категорії «Д». Захист будівель і споруд від прямих ударів блискавки та вторинних її проявів здійснюється системою блискавкозахисту I категорії, виконаною відповідно до СН 305-77.

Для ліквідації можливих осередків займання поблизу основного обладнання передбачено використання первинних засобів пожежогасіння відповідно до чинних «Правил пожежної безпеки в Україні». Гасіння пожеж із застосуванням води здійснюється через пожежний водопровід, об'єднаний із виробничою мережею. Поблизу електроустановок установлені пожежні крани, укомплектовані брезентовими рукавами та пожежними стволами, а по периметру складу в підземних колодязях розміщені пожежні гідранти.

Чинними нормативними документами для даного виробничого приміщення не передбачено обов'язкового встановлення автоматичних систем пожежогасіння та пожежної сигналізації. Пожежні щити розміщуються на території складу з розрахунку один щит на 5000 м² площі та

укомплектовуються необхідним пожежним інвентарем і первинними засобами пожежогасіння, що забезпечує готовність персоналу до локалізації загорянь на початковій стадії.

ВИСНОВКИ

На сучасному етапі для дроблення рудних і нерудних матеріалів, за винятком порід із плитняковою структурою або з підвищеним вмістом глинистих фракцій при значній вологості, до крупності 30...60 мм широко застосовуються конусні дробарки типу КСД-2200. Вони використовуються у гірничорудній та будівельній промисловості завдяки достатній продуктивності та надійності роботи.

Разом із тим, експлуатаційний досвід показує, що суттєвим недоліком дробарки КСД-2200 є значні витрати на технічне обслуговування і ремонт. Основною причиною цього є конструктивне виконання радіальної опори вала рухомого конуса у вигляді ексцентрикової конічної втулки, яка при можливій неспіввісності з валом інтенсивно зношується або руйнується. Це призводить до необхідності частих ремонтів і заміни деталей. Додатково при потраплянні в камеру дроблення неподолібнєваних тіл різко зростають навантаження на ексцентриковий вузол, що спричиняє пошкодження поверхонь тертя та елементів привода.

На основі проведеного літературно-патентного аналізу розроблено вдосконалену конструкцію конусної дробарки, у якій застосовано вал рухомого конуса з бочкоподібною шийкою, встановлений у дві додаткові втулки ексцентрикового вузла, а також складений сферичний підп'ятник із пружними елементами. Запропоновані конструктивні рішення дозволяють зменшити динамічні навантаження, компенсувати неспіввісність деталей та підвищити надійність роботи привода рухомого конуса.

Виконані розрахунки підтверджують працездатність і доцільність застосування розробленої конструкції. Також опрацьовано заходи з монтажу, технічного обслуговування, ремонту та охорони праці при експлуатації дробарки КСД-2200.

Техніко-економічна оцінка показала, що впровадження запропонованих рішень потребує капітальних вкладень у розмірі 1154 904 грн. При цьому очі-

куваний річний економічний ефект становить 536 798,6 грн, а термін окупності капітальних вкладень не перевищує 2,15 року, що підтверджує економічну ефективність і практичну доцільність впровадження розробленої конструкції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Основи металургійного виробництва металів і сплавів: підручник для студентів металургійних спеціальностей вищих навчальних закладів / Д. Ф. Чернега, В. С. Богушевський, Ю. Я. Готвянський [та ін.]; за ред. Д. Ф. Чернеги, Ю. Я. Готвянського. – Київ: Вища школа, 2006. – 503 с.
2. Білецький В. С., Олійник Т. А., Смирнов В. О., Скляр Л. В. Основи техніки та технології збагачення корисних копалин / В. С. Білецький та ін. – Львів: Ліра-К, 2020. – 634 с.
3. Сокур М. І., Білецький В. С., Єгурнов О. І., Воробйов О. М., Смирнов В. О., Божик Д. П. Підготовка корисних копалин до збагачення : навч. посібник / М. І. Сокур, В. С. Білецький, О. І. Єгурнов, О. М. Воробйов, В. О. Смирнов, Д. П. Божик. – Київ : ПП Щербатих О. В., 2017. – 226 с.
4. Ексцентриковий вузол конусної дробарки : а. с. 1121035 : В02С 2/04 / Г. А. Калюнов. № 3611123/29-33 ; заявл. 29.06.1983 ; опубл. 30.10.1984, Бюл. № 40. 3 с.
5. Ексцентриковий вузол конусної дробарки : а. с. 1719055 : С02В 2/04 / С. А. Червяков. № 4821155/33 ; заявл. 28.04.1990 ; опубл. 15.03.1992, Бюл. № 10. 3 с.
6. Конусна дробарка : пат. 11278 : В02С 2/04. № 200505995 ; заявл. 17.06.2005 ; опубл. 15.12.2005, Бюл. № 12. 3 с.
7. Большаков В. І., Учитель А. Д., Засельський В. Й., Пополов Д. В., Учитель С. А., Коноваленко В. В. Розрахунок металургійних машин. Обладнання обжигових та агломераційних цехів / В. І. Большаков та ін. – Кривий Ріг : Чернявський, 2012. – 336 с.
8. Дробилки: конструкция, расчет, особенности эксплуатации / Б. В. Клушанцев, А. И. Косарев, Ю. А. Муйземнек. – Москва: Машиностроение, 1990. – 320 с.
9. Курендаш Р.С. Конструирование пружин. / Р.С. Курендаш. – М.: МАШГИЗ, 1958. – 109 с.

10. Жук А. Я., Малишев Г. П., Желябіна Н. К., Таратута К. В. Монтаж металургійного обладнання: навч. посіб. / А. Я. Жук, Г. П. Малишев, Н. К. Желябіна, К. В. Таратута. – Київ : Кондор, 2017. – 328 с.
11. Жук А. Я., Малишев Г. П., Желябіна Н. К., Таратута К. В. Ремонт металургійного обладнання: навч. посіб. / А. Я. Жук, Г. П. Малишев, Н. К. Желябіна, К. В. Таратута. – Київ: Видавничий дім «Кондор», 2017. – 236 с.
12. Жук А. Я., Малишев Г. П., Желябіна Н. К., Таратута К. В. Технічне обслуговування металургійного обладнання: навч. посіб. / А. Я. Жук, Г. П. Малишев, Н. К. Желябіна, К. В. Таратута. – Київ: Кондор, 2024 – 286 с.
13. Максименко О. П., Перемітько В. В., Самохвал В. М. Теорія і практика змащування металургійних машин: навч. посіб. / О. П. Максименко, В. В. Перемітько, В. М. Самохвал. – Дніпропетровськ: Системні технології, 2006. – 172 с.
14. Бойчук І. М. Економіка підприємства: підручник. І. М. Бойчук. – К.: Кондор-Видавництво, 2016 – 378 с.
15. Шеремет В.О. Охорона праці на гірничо-металургійному комбінаті: навчальний посібник / В.О. Шеремет. – Дніпропетровськ: Пороги, 2003. – 387 с.

ДОДАТКИ

ЗГОДА

здобувача(чки) вищої освіти

Державного університету економіки і технологій
про перевірку кваліфікаційної роботи на прояви академічного плагіату
та розміщення в Репозитарії Університету

Я, *Дубровін Володимир Володимирович*, підтримую політику Державного університету економіки і технологій з академічної доброчесності і відкритого доступу.

Засвідчую, що кваліфікаційна магістерська робота *«Механічне обладнання дробильно-збагачувального підрозділу Гірничо-збагачувального департаменту ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Модернізація конусної дробарки КСД-2200»* виконана самостійно та не містить академічного плагіату. Я не надавав(ла) і не одержував(ла) недозволену допомогу під час підготовки цієї роботи. Робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Із чинним Положенням про запобігання та виявлення академічного плагіату в роботах здобувачів вищої освіти Державного університету економіки і технологій ознайомлений(а). Чітко усвідомлюю, що в разі виявлення у кваліфікаційній роботі порушення норм академічної доброчесності робота не допускається до захисту або оцінюється незадовільно.

Також я поінформований(на), що відповідно до «Положення про Репозитарій (електронну базу даних) Державного університету економіки і технологій» зазначена робота буде розміщена в Електронному архіві Університету (Репозитарії ДУЕТ). З умовами такого розміщення ознайомлений(на).

15.01.2026



Дубровін В.В.
(ініціали, прізвище, власноруч)