

Здобувач: Шеремета Катерина Леонідівна

Керівник: Барановська Міла Леонідівна.

Тема: Експлуатація та технічне обслуговування конусних дробарок на гірничо-збагачувальних підприємствах Кривого Рогу

РЕФЕРАТ

Об'єктом дослідження є процес експлуатації та технічного обслуговування конусних дробарок на гірничо-збагачувальних підприємствах.

Предметом дослідження є електропривод, електрообладнання та система технічного обслуговування конусної дробарки КМД-2200Т6-Д.

Метою роботи є підвищення ефективності та надійності експлуатації конусних дробарок шляхом аналізу конструктивних особливостей, режимів роботи електропривода та удосконалення технічного обслуговування електрообладнання.

У роботі розглянуто конструкцію, принцип дії та особливості експлуатації конусних дробарок, що застосовуються на гірничо-збагачувальних підприємствах Кривого Рогу. Основну увагу приділено конусній дробарці мілкого дроблення КМД-2200Т6-Д. Виконано аналіз електроприводів дробарок та вибір асинхронних електродвигунів для дробарок ККД 1200/150, КСД-2200 і КМД-2200Т. Для двигуна ДАЗО-315-6-500 розраховано параметри схеми заміщення та побудовано основні характеристики.

У середовищі MATLAB/Simulink створено імітаційну модель електропривода дробарки КМД-2200Т, за допомогою якої досліджено перехідні процеси під час пуску та зміни навантаження. Також виконано вибір основного електротехнічного обладнання системи живлення, зокрема трансформатора ТМ-400 та згладжуючого дроселя РТСТ-6-400.

Розглянуто питання монтажу, налагодження, технічного обслуговування та випробувань електрообладнання дробарки, спрямовані на забезпечення надійної та безпечної експлуатації обладнання.

КОНУСНІ ДРОБАРКИ, ЕЛЕКТРОПРИВОД, АСИНХРОННИЙ ДВИГУН, MATLAB/SIMULINK, ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ, ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ, МОДЕЛЮВАННЯ, ЕКСПЛУАТАЦІЯ

ВСТУП

Гірничо-збагачувальна промисловість є однією з провідних галузей економіки України, а підприємства Криворізького залізорудного басейну займають важливе місце у забезпеченні металургійного комплексу залізорудною сировиною. Ефективність роботи гірничо-збагачувальних підприємств значною мірою залежить від надійності та продуктивності дробильного обладнання, яке забезпечує підготовку руди до подальших технологічних процесів.

Одним із основних видів дробильного обладнання є конусні дробарки, які широко застосовуються на стадіях середнього та мілкового дроблення. Їх перевагами є безперервність процесу роботи, висока продуктивність, можливість регулювання крупності готового продукту та порівняно низькі експлуатаційні витрати. Разом із тим робота конусних дробарок супроводжується значними механічними та електричними навантаженнями, що висуває підвищені вимоги до електропривода, систем електропостачання, технічного обслуговування та умов експлуатації обладнання.

Сучасні умови експлуатації дробильного обладнання вимагають підвищення його енергоефективності, надійності та довговічності. Особливо важливого значення набуває правильний вибір електропривода, силового електрообладнання та засобів захисту, а також своєчасне проведення технічного обслуговування і діагностики стану обладнання. Використання сучасних методів моделювання та аналізу режимів роботи електроприводів дозволяє підвищити ефективність роботи дробарок та зменшити ймовірність аварійних режимів.

Об'єктом дослідження є процес експлуатації та технічного обслуговування конусних дробарок на гірничо-збагачувальних підприємствах Кривого Рогу.

Предметом дослідження є електропривод, електрообладнання та система технічного обслуговування конусної дробарки КМД-2200Т6-Д.

Метою роботи є дослідження особливостей експлуатації та технічного обслуговування конусних дробарок, аналіз режимів роботи електропривода та підвищення ефективності роботи дробильного обладнання.

Для досягнення поставленої мети у роботі вирішено такі завдання:

- проаналізовано конструкцію, принцип роботи та класифікацію конусних дробарок;
- досліджено особливості електроприводів дробарок та умови їх роботи;
- виконано вибір асинхронних двигунів і основного електротехнічного обладнання;
- проведено розрахунок параметрів електропривода та побудовано його характеристики;
- створено імітаційну модель електропривода у середовищі MATLAB/Simulink;
- розглянуто питання монтажу, технічного обслуговування та випробувань електрообладнання дробарки.

Практичне значення роботи полягає у можливості використання отриманих результатів для підвищення надійності та ефективності експлуатації конусних дробарок на гірничо-збагачувальних підприємствах Кривого Рогу.

1.1 Загальні відомості про конусні дробарки

Конусні дробарки призначені для механічного подрібнення різноманітних матеріалів, таких як руда, каміння, вугілля та інші гірничі породи. Основним елементом дробарки є конусна камера, у яку подається матеріал. У процесі роботи матеріал руйнується між рухомим і нерухомим конусами внаслідок дії сил стискання та розтирання.

Конусні дробарки широко застосовуються на підприємствах гірничодобувної, металургійної та хімічної промисловості. Залежно від конструктивних особливостей і технологічного призначення їх класифікують за різними ознаками (рис. 1.1).

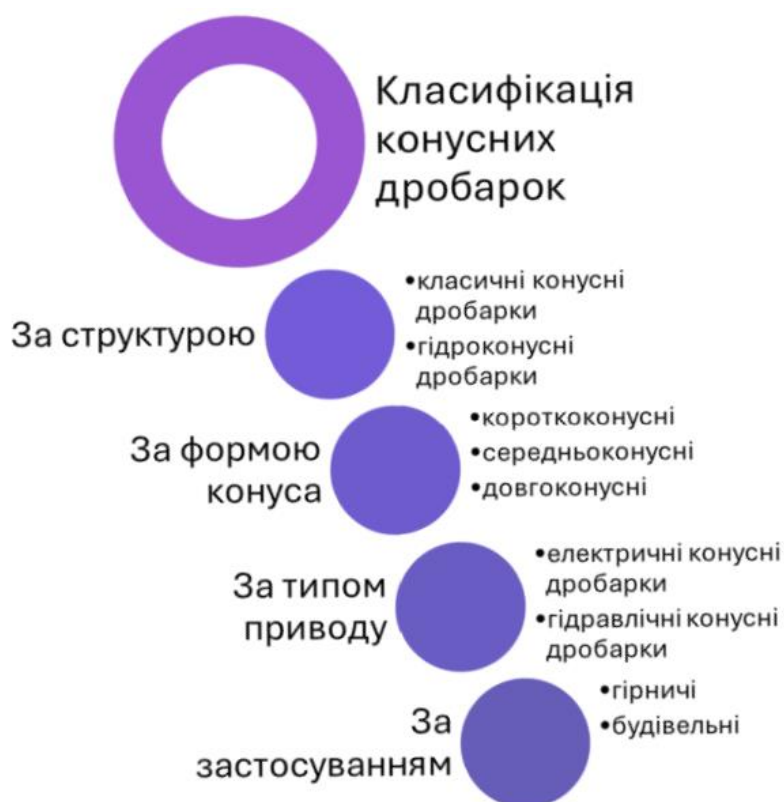


Рисунок 1.1 - Класифікація конусних дробарок

За способом приводу конусні дробарки поділяються на електричні та гідравлічні. Електричні конусні дробарки працюють від електропривода, що забезпечує ефективне керування режимами роботи та регулювання швидкості обертання. Гідравлічні конусні дробарки оснащуються гідравлічною

системою, яка використовується для приводу, регулювання та захисту обладнання під час роботи. За сферою застосування виділяють, зокрема, гірничі конусні дробарки, призначені для подрібнення руди та інших твердих матеріалів у гірничодобувній промисловості.

В Україні також здійснюється виробництво конусних дробарок для різних галузей промисловості. Серед найбільш відомих вітчизняних виробників можна виділити ДНІПРОМАШ, що спеціалізується на випуску гірничо-шахтного та будівельного обладнання, Державна науково-дослідна та проектна організація Вуглетехніка, яка займається проектуванням і виробництвом техніки для гірничої промисловості, а також ТОВ ПРОМТЕХСЕРВІС, що виготовляє обладнання для дроблення, сортування та подрібнення матеріалів.

Хоча обсяги виробництва українських підприємств поступаються провідним світовим компаніям, вітчизняні виробники займають власний сегмент ринку та постійно вдосконалюють технології й конструкції обладнання.

Габаритні розміри конусних дробарок, що випускаються в Україні, визначаються вимогами споживачів і технологічними умовами експлуатації. Найпоширенішими є дробарки з діаметром конуса від 600 до 2200 мм, які відрізняються продуктивністю та технічними характеристиками залежно від конструкції та виробника.

За технологічним призначенням і ступенем подрібнення конусні дробарки поділяються на дробарки великого (ККД), середнього (КСД) та дрібного (КМД) дроблення (табл. 1.1–1.4). Дробарки великого дроблення типу ККД можуть оснащуватися механічною або гідравлічною системою регулювання ширини розвантажувального зазору. Приклад конструкції дробарки ККД із підвісним валом, нижнім розвантаженням матеріалу та гідравлічним регулюванням наведено на рис. 1.2.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики конусних дробарок крупного дроблення

№ з/п	Показники	Типорозмір дробарки				
		з механічним регулюванням щілини				
		ККД- 500/75	ККД- 900/140	ККД- 1200/150	ККД- 1500/180	ККД- 1500/300
1	Ширина отвору завантаження, мм	500	900	1200	1500	1500
2	Номінальна ширина розвантажувальної щілини, мм	75	140	150	180	300
3	Діаметр основи рухомого конуса	1120	1636	1900	2520	3200
4	Число коливань конуса за хвилину	160	140	120	80	80
5	Максимальний розмір кусків, мм	400	750	1000	1200	1200
6	Продуктивність, м³/год	150	400	560	1150	2300
7	Тип двигуна	A103-8м	AK3114-10м	AK114-10м	AK313-42-10	AK313-52-10
8	Кількість двигунів, шт.	1	1	2	2	2
9	Потужність двигуна, кВт	125	250	2х200	2х320	2х400
10	Швидкість обертання двигуна, об/хв	740	735	590	590	590
11	Напруга двигуна, В	380	3000	380	3000	3000
		500	6000	3000 6000	6000	6000

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики конусних дробарок середнього дроблення (1)

№ з/п	Показники	Типорозмір дробарки			
		КСД-600Гр	КСД-900Гр	КСД-1200Т	КСД-1200Гр
1	Ширина завантажувальної щілини, мм	75	115	115	170
2	Ширина розвантажувальної щілини, мм	12-25	15-50	8-25	20-50
3	Діаметр основи рухомого конуса, мм	600	900	1200	1200
4	Швидкість обертання ексцентрика, об/хв	350	325	260	260
5	Максимальний розмір кусків, мм	60	100	100	150
6	Продуктивність, м³/год	19-32	38-62	30-85	70-105
7	Тип двигуна	АО73-4	АО83-4	АО101-8	АО101-8
8	Орієнтовне зусилля при дробленні, т	-	60	105	105
9	Потужність двигуна, кВт	28	55	75	75
10	Швидкість обертання двигуна, об/хв	1460	1470	730	730
11	Напруга двигуна, В	—	—	—	—

Таблиця 1.3 – Технічні характеристики конусних дробарок середнього дроблення (2)

№ з/п	Показники	Типорозмір дробарки		
		КСД-1750Гр	КСД-2200Т	КСД-2200Гр
1	Ширина завантажувальної щілини, мм	250	275	350
2	Ширина розвантажувальної щілини, мм	25-60	10-30	30-60
3	Діаметр основи рухомого конуса, мм	1750	2200	2200
4	Швидкість обертання ексцентрика, об/хв	245	220	220
5	Максимальний розмір кусків, мм	215	250	300
6	Продуктивність, м³/год	160-300	120-340	340-580
7	Тип двигуна	A104-8м	A313-42-12 A313-52-12 A3Д13-52-12	A313-42-12 A313-52-12 A3Д13-52-12
8	Орієнтовне зусилля при дробленні, т	248	480	480
9	Потужність двигуна, кВт	160	200-250	200-250
10	Швидкість обертання двигуна, об/хв	740	490	490
11	Напруга двигуна, В	380/500	3000/6000	3000/6000

Дробарки крупного дроблення типу ККД виготовляються з системами регулювання ширини розвантажувального зазору, які можуть бути як механічними, так і гідравлічними. На рис. 1.2 показано конструкцію дробарки ККД із підвісним валом, нижнім розвантаженням матеріалу та гідравлічною системою регулювання.

Таблиця 1.4 – Технічні характеристики конусних дробарок мілкого дроблення

№ з/п	Показники	Типорозмір дробарки		
		КМД-1200	КМД-1750	КМД-2200
1	Ширина завантажувальної щілини, мм	45	100	130
2	Ширина розвантажувальної щілини, мм	3-15	5-20	5-20
3	Діаметр основи рухомого конуса, мм	1200	1750	2200
4	Швидкість обертання ексцентрика, об/хв	260	245	224
5	Максимальний розмір кусків, мм	35	85	100
6	Продуктивність, м³/год	12-55	40-120	75-220
7	Тип двигуна	АО101-8	А104-8м	А313-42-12
8	Орієнтовне зусилля при дробленні, т	70	140	300
9	Потужність двигуна, кВт	70	160	220-250
10	Швидкість обертання двигуна, об/хв	730	740	490
11	Напруга двигуна, В	380/500	3000/6000	3000/6000

Робочі поверхні дробарки - внутрішня частина чаші та зовнішня поверхня рухомого конуса - футеруються знімними плитами з високомарганцевої сталі, що забезпечує захист від інтенсивного зношування. Корпус машини складається з кількох секцій, верхня з яких утворює нерухомий конус. На траверсі закріплюється головний вал, нижня частина якого встановлена в ексцентриковому стакані. Під час його обертання вал здійснює коливальний рух, завдяки чому дробильний конус періодично наближається до стінок чаші та подрібнює матеріал шляхом стискання і розтирання. При віддаленні конуса подрібнений матеріал вивантажується через нижній отвір.

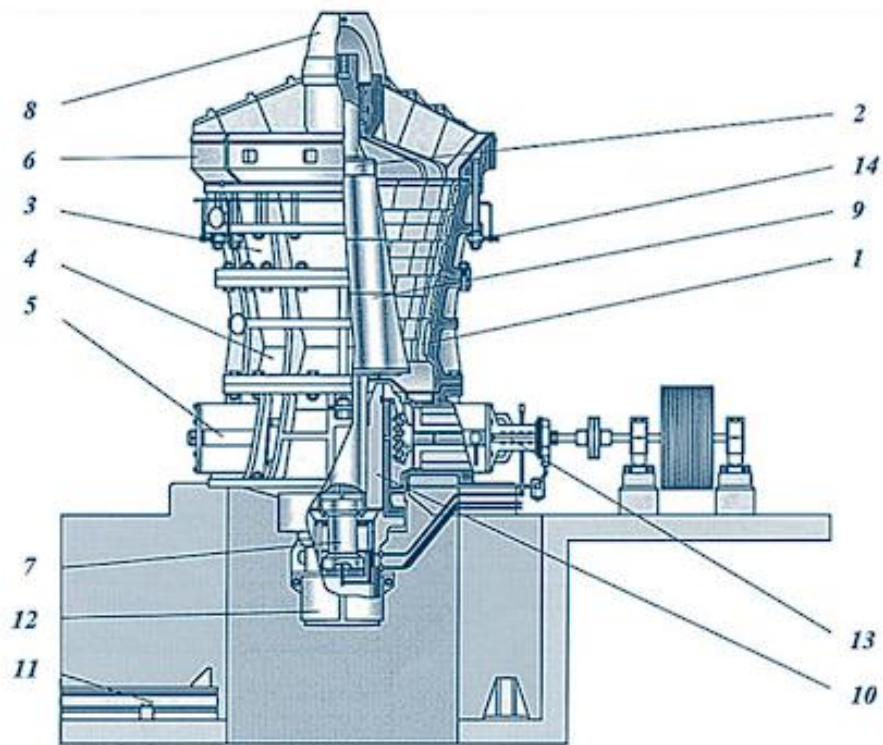


Рисунок 1.2 - Складові елементи конусної дробарки типу ККД з гідравлічним регулюванням вихідної щілини: 1 – нерухома конічна чаша; 2 – дробильний конус; 3, 4, 5 – верхнє, середнє і нижнє кільця станини; 6 – траверса; 7 – головний вал; 8 – захисний ковпак; 9 – броня (футерування) рухомого конуса; 10 – ексцентриковий стакан; 11 – рейкова колія; 12 – плунжер; 13 – привод дробарки; 14 – гідравлічний домкрат

Привід дробарки здійснюється через клинопасову передачу та систему конічних шестерень. У великогабаритних дробарках застосовують два електродвигуни, один із яких використовується для запуску при завалі матеріалу в робочій камері. Для обслуговування і ремонту передбачаються гідравлічні домкрати та спеціальні майданчики для переміщення масивних вузлів.

Регулювання ширини випускної щілини виконується за допомогою гідросистеми шляхом зміни положення рухомого конуса. Конусні дробарки великого дроблення характеризуються високою продуктивністю, надійністю та рівномірністю роботи, а також забезпечують більш однорідний продукт подрібнення порівняно зі щокowymi дробарками.

Дробарки середнього (КСД) та дрібного (КМД) дроблення застосовуються на наступних стадіях подрібнення твердих порід. За принципом дії вони подібні до дробарок ККД, однак відрізняються конструкцією опори головного вала, який спирається на сферичний підшипник. Особливістю КСД і КМД є збільшений кут нахилу конуса та наявність паралельної зони біля випускної щілини, що забезпечує ефективніше подрібнення матеріалу.

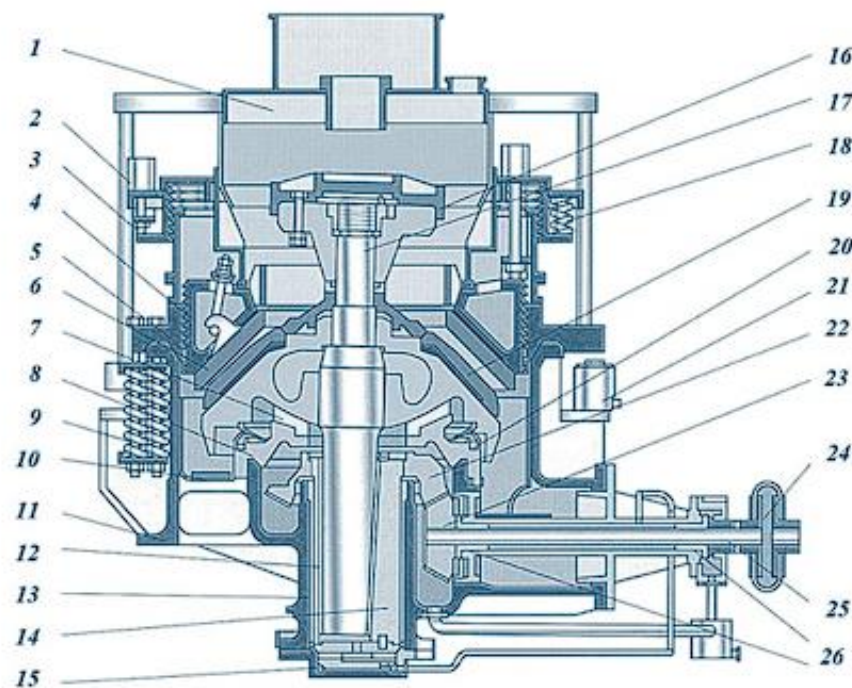


Рисунок 1.3 - Складові елементи конусної дробарки типу КМД: 1 – завантажувальний пристрій; 2, 3 – механізми фіксації та розфіксації регульовального кільця; 4 – регульовальне кільце; 5 – опорне кільце; 6 – нерухомий конус із футеруванням; 7 – сферичний підп’ятник; 8 – опорна чаша; 9 – пружинна система; 10 – броня ребра жорсткості; 11 – станина; 12 – конусна втулка ексцентрика; 13 – циліндрична втулка; 14 – ексцентриковий стакан; 15 – диски підп’ятника; 16 – розподільна тарілка; 17 – дробильний конус; 18 – пружини фіксації; 19 – футерування конуса; 20 – гідрозатвор; 21 – гідросистема розвантаження недробимих тіл; 22, 23 – конічні зубчаті шестерні приводу; 24 – еластична муфта; 25 – приводний вал; 26 – втулки приводного валу

Дробарки КСД і КМД працюють із більшою частотою коливань конуса та забезпечують інтенсивніше стискання руди. Вони випускаються у виконаннях для грубого, тонкого та надтонкого дроблення. Конструкція таких дробарок включає завантажувальний пристрій, рухомий і нерухомий конуси, ексцентриковий механізм, систему передачі обертання та захисні пристрої від потрапляння недробимих предметів.

Для надійної роботи дробарки необхідно забезпечити рівномірну подачу матеріалу по всьому периметру завантажувального отвору. Нерівномірне завантаження призводить до прискореного зношування футерування та погіршення гранулометричного складу готового продукту. Мінімальний розмір частинок, який можна отримати у дробарках КМД при роботі у відкритому циклі, становить приблизно 20–25 мм.

1.2 Призначення, будова та технічні характеристики конусних дробарок 2200

Конусні дробарки типу 2200 призначені для подрібнення залізної руди та нерудних корисних копалин. Залежно від стадії дроблення вони поділяються на дробарки середнього дроблення (КСД) і дрібного дроблення (КМД), які випускаються у виконаннях для грубого (Гр) та тонкого (Т) дроблення [1–3].

Регулювання ширини розвантажувальної щілини здійснюється дистанційно за допомогою механізованої системи. Процес подрібнення матеріалу відбувається у дробильній камері під час гіраційного руху рухомого конуса. Розмір готового продукту визначається шириною розвантажувальної щілини, при цьому частинки можуть мати значну довжину та ширину, що впливає на гранулометричний склад матеріалу.

Подрібнена руда після виходу з камери дроблення самопливом надходить на транспортер для подальшого переміщення. Робота дробарки характеризується безперервністю процесів завантаження, дроблення та розвантаження матеріалу.

Конструкція дробарки КМД-2200Т6-Д наведена на рис. 1.4 [2], а її основні технічні характеристики подано в табл. 1.1 [3]. Руда подається у камеру дроблення через завантажувальний пристрій, розташований у верхній частині дробарки та закріплений на чотирьох опорах.

Привід дробарки КМД-2200Т6-Д здійснюється асинхронним двигуном з фазним ротором, який через еластичну муфту з'єднаний із приводним валом. Обертання від приводного вала через зубчасту передачу передається ексцентрику, що забезпечує рух дробильного конуса. Рухомий конус спирається на сферичний підп'ятник опорної чаші, що забезпечує його стійку та надійну роботу [2].

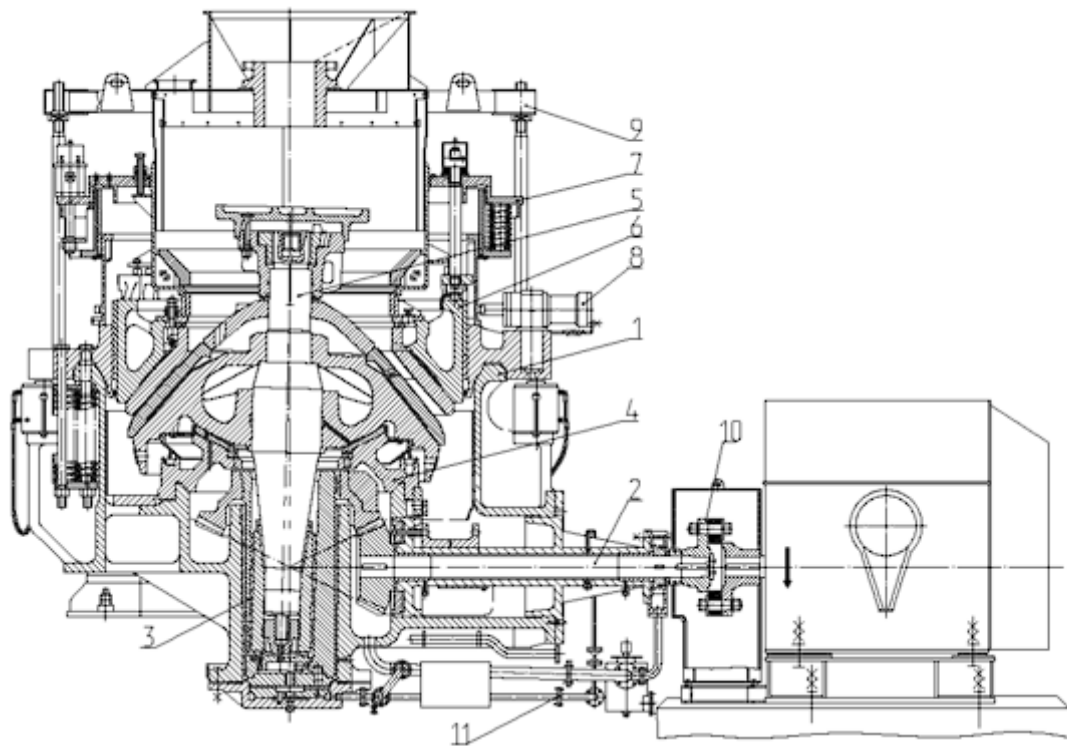


Рисунок 1.4 – Загальний вигляд та основні складові конусної дробарки КМД-2200Т6-Д: 1 – опорний блок; 2 – приводний вал; 3 – ексцентриковий вузол; 4 – опорна чаша; 5 – дробильний конус; 6 – регулювальне кільце; 7 – механізм фіксації; 8 – механізм повороту; 9 – завантажувальний пристрій; 10 – еластична муфта; 11 – система підведення та відведення води і мастила

Механізована система регулювання ширини розвантажувальної щілини з дистанційним керуванням складається з механізму повороту та механізму фіксації регульовального кільця.

Механізм повороту забезпечує обертання регульовального кільця в різьбі опорного кільця за допомогою двох гідроциліндрів, установлених на опорному кільці, що дозволяє виконувати переміщення в горизонтальній площині.

Механізм фіксації призначений для усунення осьового люфту в регульовальній різьбі під час роботи дробарки під навантаженням. Під час зміни ширини щілини регульовальне кільце повертається, а зусилля, що виникають при цьому, компенсуються гідроциліндрами. Необхідна відстань між регульовальним кільцем і кришкою механізму фіксації підтримується за допомогою компенсувальної лівої різьби кожуха.

Для захисту дробарки від перевантажень застосовується система пружинної амортизації, що складається з шістнадцяти пакетів пружин. У нормальному режимі пружини притискають опорне кільце до станини, а при аварійних навантаженнях забезпечують підйом опорного та регульовального кілець завдяки додатковому стисканню.

Для зменшення зношування та захисту вузлів тертя від пилу передбачена система подачі мастила, яка забезпечує змащення ексцентрика, сферичного підп'ятника, приводного вала та інших рухомих елементів.

Під час експлуатації можуть виникати аварійні режими, зокрема заклинювання через потрапляння недробимих предметів або завал руди в камері дроблення. Для розвантаження дробарки у таких випадках застосовують гідродомкрати, що працюють від насосної установки високого тиску.

Для забезпечення ефективної та надійної роботи дробарки використовується автоматизована система керування головним і допоміжними приводами, побудована на базі програмованого логічного контролера. Система виконує контроль робочих параметрів, збір і обробку

інформації та передає її обслуговуючому персоналу. Також АСУ входить до складу інтегрованої системи керування дробильно-транспортним відділенням фабрики.

1.3 Монтажні операції конусних дробильних машин

На підприємстві-виробнику кожна конусна дробарка проходить попереднє складання та випробування в режимі холостого ходу. Якість виконання монтажних робіт суттєво впливає на надійність, довговічність і безпечну експлуатацію дробарки.

Під час монтажу особливу увагу необхідно приділяти правильному регулюванню зубчастого зачеплення ексцентрикового механізму та встановленню всіх регулювальних прокладок, передбачених заводом-виробником. Також важливим є монтаж прокладок між патрубком станини та фланцем корпусу приводу, а також під дисками підп'ятника ексцентрика.

Перед складанням усі вузли та деталі ретельно перевіряються на наявність можливих пошкоджень, що могли виникнути під час транспортування або навантажувально-розвантажувальних робіт. Обов'язковим етапом є видалення консерваційного покриття, особливо з поверхонь тертя приводного вала, станини, ексцентрика та дробильного конуса.

Складання вузлів виконується відповідно до креслень і технічних вимог. Поверхні нерухомих з'єднань змащуються пластичним мастилом типу Літол-24, а рухомі елементи — мастилом І-50А. Під час монтажу необхідно запобігати потраплянню пилу та бруду на поверхні тертя.

Усі монтажні роботи повинні виконуватися в послідовності, визначеній технічною документацією заводу-виробника.

1) Монтаж опорного блоку дробарки КМД-2200 (рис. 1.5).

Опорний блок встановлюють на фундамент у горизонтальному положенні з використанням клинів і металевих підкладок розміром 10×150×200 мм. Горизонтальність перевіряють рівнем, при цьому допустиме

відхилення не повинно перевищувати 0,3 мм на 1 м довжини. Перед монтажем поверхню підшви станини необхідно очистити та знежирити.

Після вирівнювання опорний блок закріплюють фундаментними болтами із моментом затягування 4100 Н·м (410 кг·м). Далі фундамент заливають бетоном марки 300 шаром товщиною 50 мм та ущільнюють його за допомогою вібратора.

На завершальному етапі монтажу видаляють консерваційне покриття з різьби опорного кільця, встановлюють ущільнювальний рукав і перевіряють подачу мастила до основних вузлів дробарки.

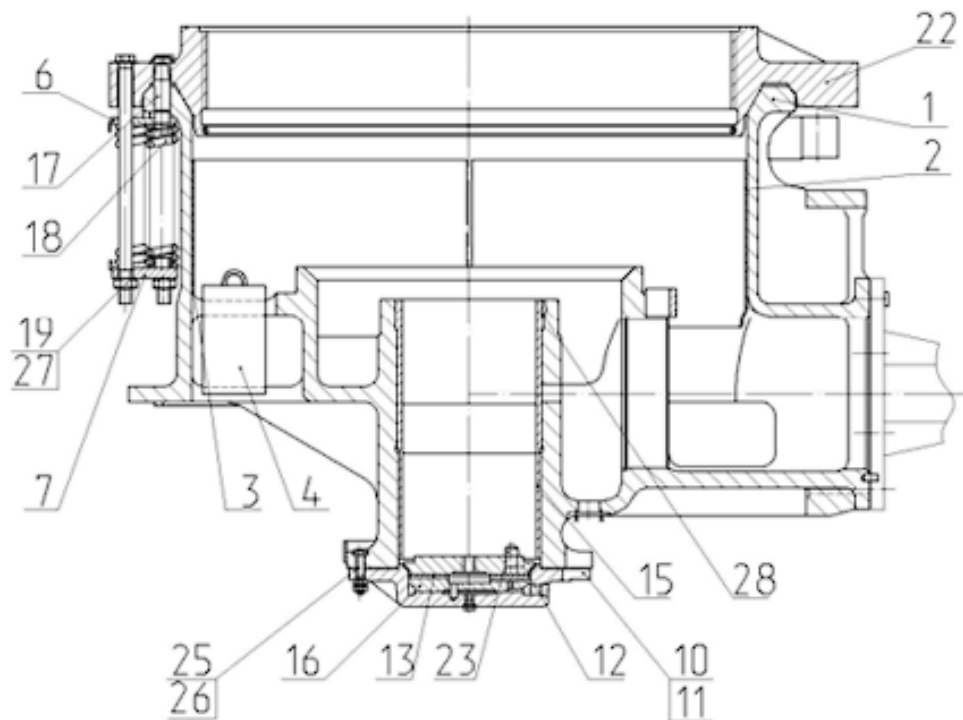


Рисунок 1.5 – Складові елементи опорного блока дробарки:

1 – станина; 2 – футерівка; 3 – футерівка; 4 – броня ребра; 5 – броня ребра; 6 – верхній сегмент; 7 – нижній сегмент; 8 – нижній лівий сегмент; 9 – нижній правий сегмент; 10 – кришка; 11 – прокладка; 12 – верхній диск; 13 – диск; 14 – прокладка; 15 – циліндрична втулка; 16 – нижній диск; 17 – штир; 18 – пружина; 19, 20, 22, 24, 25 – болти кріплення; 22 – корпус кільця; 23 – палець; 26, 27 – гайки; 28 – покриття цинкове

2) Монтаж приводного валу дробарки (рис. 1.6).

Перед початком монтажу необхідно перевірити величину осьового переміщення приводного валу, яка повинна становити 0,5–0,8 мм.

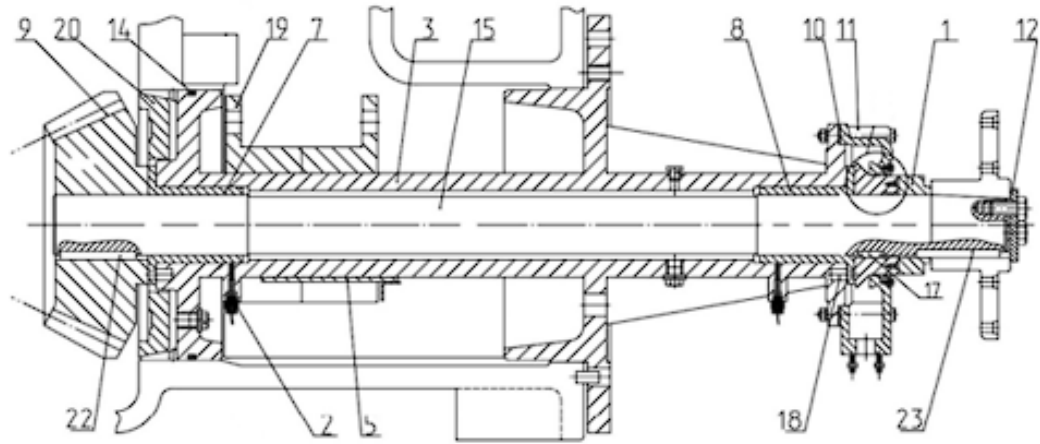


Рисунок 1.6 – Складові елементи приводного валу дробарки:

1 – хомут; 2 – вузол ущільнення термоперетворювача; 3 – корпус приводу; 4 – ковпачкова гайка; 5 – опора; 7 – передня втулка; 8 – задня втулка; 9 – конічна зубчаста шестерня приводу; 10 – прокладка; 11 – маслосбірник; 12 – упорна шайба; 13 – втулка; 14 – кільце; 15 – вал; 16 – упорний диск; 17 – шпонка; 18 – штифт; 19 – броня; 20 – диск; 21 – втулка; 22 – шпонка; 23 – шпонка; 24 – гумове кільце

Між патрубком станини та середнім фланцем корпусу приводного валу встановлюють регульовальні прокладки необхідної товщини, зазначеної на патрубку станини. Після цього на передній фланець корпусу монтують конусний диск без остаточного затягування кріплення та переходять до встановлення приводного валу.

Для монтажу електродвигуна на фундаменті встановлюють спеціальну плиту, положення якої вирівнюють за допомогою клинів із точністю до 0,5 мм на 1 м довжини. Після перевірки правильності встановлення плиту бетонують за один прийом.

Електродвигун і напівмуфту встановлюють відповідно до вимог центрування. Допустиме кутове зміщення валів не повинно перевищувати 0,5 мм на 1000 мм довжини, а радіальне зміщення осей - 0,25 мм.

Після завершення монтажу електродвигуна, приводного вала та еластичної муфти приводний вал необхідно повернути вручну на один повний оберт і переконатися у відсутності заїдань та вільному обертанні механізму.

3) Монтаж ексцентрика дробарки (рис. 1.7).

Монтажні роботи починають із встановлення нижньої кришки станини, у якій розміщуються диски підп'ятника та відповідні регулювальні прокладки. Товщина прокладок визначається згідно з даними, наведеними на кришці.

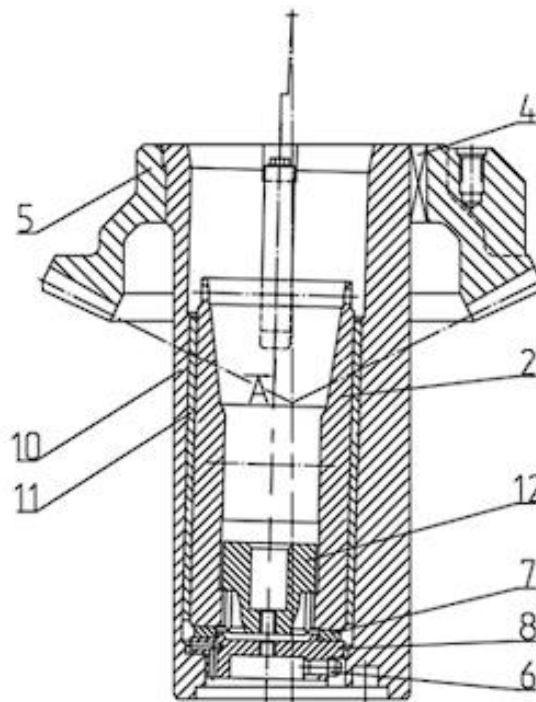


Рисунок 1.7 – Складові елементи ексцентрикового вузла дробарки: 1 – шпонка; 2 – стакан; 4 – клинова шпонка; 5 – зубчасте колесо приводу; 6 – фіксуючий дюбель; 7 – опорний диск; 8 – підп'ятник; 9 – стопорна шайба; 10 – корпус ексцентрика; 11 – втулка; 12 – вкладиш; 13 – болт кріплення

Після цього в корпус кришки встановлюють нижній сталевий та проміжний бронзовий диски підп'ятника. Монтаж здійснюється із застосуванням різьбової штанги, що забезпечує точне позиціонування елементів та їх надійну фіксацію. Верхній диск підп'ятника встановлюється одночасно з монтажем ексцентрика, що дозволяє забезпечити правильну посадку вузла.

Під час опускання ексцентрика в корпус дробарки необхідно особливо контролювати правильність зачеплення зубчастої пари. Зуб колеса повинен плавно, без ударів і перекосів, увійти в западину між зубами шестірні, що запобігає пошкодженню елементів передачі та забезпечує їх коректну роботу.

Після завершення монтажу ексцентрика виконується контроль правильності складання вузла, перевіряється легкість обертання та відсутність заклинювань. Також здійснюється остаточне регулювання положення підп'ятникового вузла та перевірка відповідності монтажних зазорів технічній документації. Додатково рекомендується виконати пробне провертання привідного механізму для підтвердження правильності взаємодії всіх елементів.

4) Монтаж опорної чаші

Перед встановленням опорної чаші в дробарку необхідно виконати підготовчі операції. Насамперед чашу ретельно промивають, очищають усі канали для зливу мастила та підведення/відведення робочої рідини системи ущільнення. Далі всі посадкові поверхні опорної чаші та станини змащують густим мастилом для полегшення монтажу та забезпечення надійної посадки.

Транспортування опорної чаші здійснюється із застосуванням спеціальних захватів, передбачених на її корпусі. Після встановлення під'єднують патрубки підведення та зливу води.

Посадку чаші в станину виконують шляхом поступового опускання з одночасним вирівнюванням, а також легкими ударами кувалдою через мідну прокладку по зовнішній частині гідрозатвора. За необхідності допускається локальний підігрів периферійної частини корпусу чаші до температури на 30–50 °С вище температури навколишнього середовища (наприклад, за допомогою газового полум'я), що полегшує монтаж.

Після завершення посадки виконується контрольний вимір зазору між нижнім торцем корпусу чаші та ексцентриком, який повинен становити приблизно 10 мм.

5) Монтаж конусу дроблення (рис. 1.8).

Перед монтажем дробильного конуса в дробарку необхідно виконати ряд підготовчих операцій. Насамперед слід ретельно промити конусну поверхню вала та очистити канали подачі мастила.

Далі необхідно перевірити надійність кріплення броні та, за потреби, виконати її додаткову підтяжку. Також контролюють правильність встановлення броні ребер станини — вона має щільно прилягати до обичайки станини, а також перевіряють стан броні приводного вала.

Для запобігання пошкодженню коміра дробильного конуса під час монтажу необхідно забезпечити врівноваження навантаження шляхом створення противаги зубчастому колесу ексцентрика.

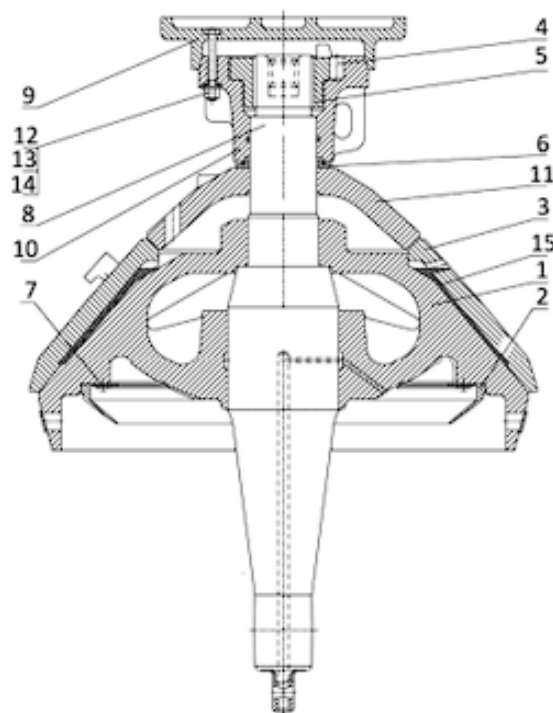


Рисунок 1.8 – Складові елементи дробильного конуса: 1 – корпус конуса; 2 – комір; 3 – броня конуса; 4 – дюбель; 5 – гайка; 6 – шайба; 7 – відбійник; 8 – вал; 9 – розподільна плита; 10 – головка; 11 – тарілка; 12 – гайка; 13 – тарілчаста пружина; 14 – болт; 15 – заливка Metso

1.4 Аналіз зарубіжних аналогів вітчизняних конусних дробарок

Найбільшими і основними виробниками конусних дробарок є компанії Metso (Фінляндія), Telsmith (США), Sandvik (Швеція). Компанії-лідери на

ринку конусних дробарок показані на рис. 1.7. Досить суттєву частину світового ринку конусних дробарок займають азійські компанії. Наприклад, серед індійських виробників можна виділити такі компанії, як Propel Industries, Puzzolana Machinery Fabricators та Laxmi En-fab. Вони виробляють конусні дробарки для розмелювання твердих матеріалів, кар'єрних та будівельних матеріалів та ін. Особливості їх продукції полягають у більш доступній ціні та простоті в експлуатації. Не менш відомими азійськими компаніями є: Shanghai Zenith Mining and Construction Machinery Co., Ltd. та Chengdu Dahongli Machinery Co., Ltd. Вони виробляють конусні дробарки з використанням новітніх технологій та матеріалів. Особливості їх продукції полягають у високій продуктивності та використанні екологічно чистих матеріалів та технологій.

Розміри конусних дробарок можуть змінюватись у дуже великому діапазоні, залежно від потреб клієнтів. Наприклад, дробарки серії HP (High Performance) від компанії Metso Outotec можуть мати діаметр розвантажувального отвору від 500 до 2300 мм, а діаметр приймального отвору - від 1000 до 3200 мм.

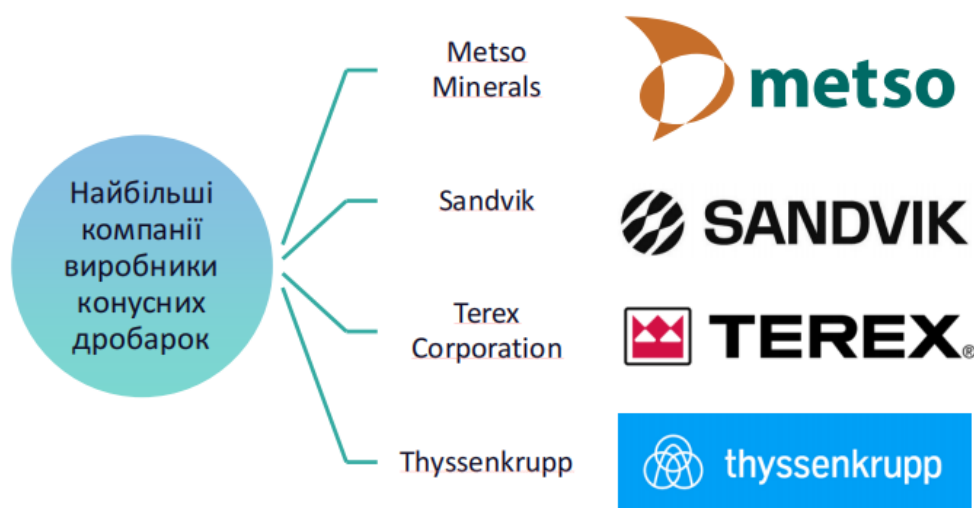


Рисунок 1.7 - Найбільші світові виробники конусних дробарок

Найбільша в світі конусна дробарка на сьогоднішній день – це дробарка MP2500, розроблена компанією Metso Minerals. Ця дробарка має висоту

більше 25 метрів, важить більше 350 тонн та може обробляти до 14000 т матеріалу на день.

MP2500 була розроблена для обробки великих обсягів матеріалу у вугледобувній та металургійній промисловості, а також для виробництва щебеню. Дробарка має великий діаметр живильного отвору, що дозволяє подрібнювати матеріал розміром до 2 метрів у діаметрі.

Аналіз конструкцій конусних дробарок

Конусні дробарки є основним обладнанням для середнього та крупного дроблення гірських порід і характеризуються високою продуктивністю та надійністю. Найбільш поширеними є гіраційні, гідравлічні, ексцентрикові та інерційні конструкції, що відрізняються принципом приводу та кінематикою руху робочих органів.

Гіраційні конусні дробарки

Гіраційні дробарки належать до обладнання великої продуктивності (до 200 т/год) і характеризуються збільшеним ходом конуса в нижній частині камери дроблення, що покращує пропускну здатність та рівномірність руху матеріалу.

Недоліками є:

- нерівномірний розподіл матеріалу по периметру;
- відсутність завантажувальної тарілки;
- часткове перекриття завантажувального отвору траверсою.

Гідравлічні конусні дробарки

Гідравлічні дробарки типу *Hydrocone* відрізняються зручністю регулювання розвантажувального отвору та захистом від недробимих включень, однак мають високу вартість.

Регулювання здійснюється гідроциліндром, який переміщує внутрішній конус по вертикалі, компенсуючи знос броні. Гідросистема включає насос і гідроаккумулятор, що знижує ударні навантаження.

Переваги:

- ефективне міжшарове дроблення;

- підвищена стабільність процесу;
- продуктивність до 170 т/год.

Ступінь дроблення - до 5.

Ексцентрикові дробарки (Symons, Telsmith)

Найбільш поширеними є дробарки типу **Symons** і **Telsmith**, що забезпечують ступінь дроблення 4–6.

Особливості Symons:

- регулювання зазорів здійснюється різьбовим механізмом;
- проста, але менш досконала конструкція.

Удосконалення Telsmith:

- застосування підшипників кочення замість ковзання;
- підвищення частоти коливань конуса;
- зменшення зсувів і покращення стабільності роботи.

Ці рішення підвищують ефективність дроблення та продуктивність обладнання.

Інші конструкції дробарок

Дробарка *Girles* відмовилась від конічної передачі, що дозволило зменшити потужність привода приблизно на 40%.

Конструкція Рундквіста використовує систему шатунів і ексцентрикових валів із врівноваженням інерційних сил, але має недоліки у вигляді можливого заклинювання опор.

Дробарки *Babbittless* (Terex) застосовують підшипники кочення, що підвищує частоту коливань і продуктивність (до 350 т/год), однак збільшує габарити обладнання.

Подальший розвиток конусних дробарок спрямований на:

- підвищення надійності вузлів;
- спрощення монтажу та ремонту;
- удосконалення кінематики робочих органів.

Основним напрямком розвитку є перехід до інерційних конусних дробарок, у яких ексцентрик замінено вібраційним дебалансним приводом.

Такі машини забезпечують:

- ступінь дроблення 15–20;
- зниження енергоємності в 1,4–1,6 рази;
- підвищення ефективності руйнування матеріалу за рахунок відсутності жорстких кінематичних зв'язків.

Порівняльні дослідження показують, що:

- ексцентрикові дробарки (Telsmith, Sandvik, Metso, НКМЗ) є найбільш збалансованими за техніко-економічними показниками;
- інерційні дробарки мають потенційно вищу ефективність, але потребують подальшого дослідження.

Основними недоліками всіх типів конусних дробарок є:

- обмежений хід і частота коливань конуса;
- підвищені динамічні навантаження;
- складність досягнення високого ступеня дроблення;
- чутливість до нерівномірного завантаження.

Підвищення частоти коливань знижує енергоємність процесу, але збільшує динамічні навантаження та ризик руйнування конструкції.

Оглядові параметри систематизовані у табл. 1.5.

Таблиця 1.5 - Порівняння типів конусних дробарок

№ з/п	Тип дробарок	Принцип роботи / особливості	Ступінь дроблення	Продуктивність, т/год	Переваги	Недоліки
1	Гіраційна	Великий хід конуса в нижній частині камери	до 4-5	до 200	Висока пропускна здатність, надійність	Нерівномірний розподіл матеріалу, перекриття завантаження траверсою
2	Гідравлічна (Hydrocone)	Гідроциліндричне регулювання положення конуса	до 5	до 170	Зручне регулювання, захист від недробимих тіл, стабільна робота	Висока вартість, складність гідросистеми
3	Symons (ексцентрикова)	Різьбове регулювання розвантажувального отвору	~4	середня	Простота конструкції, поширеність	Менш точне регулювання, застаріла кінематика
4	Telsmith (модернізована Symons)	Підшипники кочення, вдосконалена кінематика	до 6	середня-висока	Підвищена продуктивність і надійність	Більша складність і вартість порівняно з Symons
5	Girles (без конічної передачі)	Спрощений привод, зменшені махові маси	до 4-5	середня	Зменшення потужності привода до ~40%	Обмежене застосування, конструктивні особливості
6	Рундквіста	Шатульний привід з урівноваженням інерційних сил	до 4-5	середня	Збалансованість руху	Складність конструкції, ризик заклинювання опор
7	Babbittless (Terex)	Підшипники кочення, висока частота коливаль	до 6	до 350	Висока продуктивність, ефективність дроблення	Збільшені габарити, обмеження по великих типорозмірах
8	Інерційна конусна	Дебалансний вібраційний привід замість ексцентрика	15-20	висока (перспективна)	Висока ступінь дроблення, низька енергоємність	Недостатня вивченість, складність динаміки

1.5 Висновки до розділу 1

У розділі розглянуто загальні відомості про конусні дробарки, їх класифікацію, конструктивні особливості та області застосування. Встановлено, що за типом приводу вони поділяються на електричні та гідравлічні, які відрізняються способом керування, регулюванням режимів роботи та функціями захисту.

Проаналізовано призначення конусних дробарок, які поділяються на машини великого (ККД), середнього (КСД) та дрібного (КМД) дроблення. Особливу увагу приділено дробаркам типорозміру 2200, що застосовуються для переробки руди та нерудних матеріалів і працюють на основі гіраційного руху конуса з безперервним процесом дроблення та регульованою крупністю продукту.

Розглянуто конструкцію дробарки КМД-2200Т6-Д, її основні вузли та принцип роботи. Встановлено, що ефективність її функціонування залежить від узгодженої роботи приводу, передачі руху та механізму регулювання розвантажувальної щілини.

Проаналізовано світових і вітчизняних виробників конусних дробарок. Визначено, що лідерами ринку є компанії Metso, Sandvik, TelSmith, тоді як українські підприємства, зокрема ДНІПРОМАШ та Вуглетехніка, займають власний сегмент і поступово модернізують обладнання.

Встановлено, що розвиток конусних дробарок спрямований на підвищення енергоефективності та вдосконалення кінематики робочих органів. Найперспективнішими є інерційні та модернізовані ексцентрикові конструкції, які дозволяють зменшити кількість стадій дроблення та експлуатаційні витрати.

Таким чином, проведений аналіз підтверджує актуальність подальшого вдосконалення конусних дробарок та обґрунтовує напрямок дослідження роботи.

2.1 Технічна експлуатація механічної частини дробарки

2.1.1 Загальні вимоги до технічного обслуговування

Під час експлуатації конусних дробарок необхідно забезпечувати справний стан ущільнювальних вузлів, системи змащення та тертьових поверхонь. Гідравлічне ущільнення захищає підшипники від пилу, тому потрібно регулярно контролювати його роботу та очищати водяні канали. У дробарках із механічним ущільненням перевіряють щільність прилягання бронзового кільця до сферичного коміра дробильного конуса.

Поверхні тертя повинні систематично змащуватись, а вузли протипилового ущільнення - очищуватись від пилу та бруду. Також необхідно контролювати стан ущільнень механізму фіксації, які захищають різблення опорного і регулювального кілець.

Експлуатація дробарки без надійного стопоріння регулювального кільця не допускається. Регулярно перевіряють затягування бронею, оскільки послаблення кріплень може спричинити пошкодження посадкових поверхонь та руйнування футерування.

Не допускається робота дробарки при критичному зношенні бронею, футерування станини, регулювального кільця та коміра. Зношені елементи необхідно своєчасно замінювати.

Під час планових ремонтів і перефутерувань виконують:

- перевірку кріплення сферичного підп'ятника, конічної та циліндричної втулок;
- контроль ступеня зношення підшипників;
- оцінку придатності вузлів до подальшої експлуатації;
- внесення результатів перевірки до журналу експлуатації.

У журналі обов'язково реєструють ремонти, випадки заклинювання та всі відхилення від нормального режиму роботи дробарки.

2.1.2 Завантаження, розвантаження та регулювання дробарки

Матеріал подається у завантажувальний пристрій на рудну подушку, розташовану в приймальній коробці. Напрямок потоку регулюється зміною положення головки живильного конвеєра або тічки. Безпосередня подача матеріалу на розподільну плиту дробильного конуса не допускається, оскільки це може призвести до порушення роботи дробарки.

Під дробаркою не повинно накопичуватись подрібнене матеріальне середовище, тому що це створює небезпеку підпресування транспортного обладнання. Для запобігання аваріям застосовують датчики контролю, які автоматично припиняють подачу матеріалу.

Ширина розвантажувальної щілини визначає крупність готового продукту дроблення. Під час експлуатації внаслідок зношення ексцентрикового вузла та підшипників щілина збільшується, що призводить до зростання крупності матеріалу. Регулювання виконують обертанням регулювального кільця після його розстопорення.

У дробарках типу КМД поворот кожуха на один зуб змінює ширину щілини приблизно на 1,1 мм. Контроль ширини щілини здійснюють за допомогою свинцевих брусків у чотирьох точках вимірювання.

Для захисту різблення опорного та регулювального кілець від пилу використовують спеціальні ущільнення, а різбові поверхні змащують через гвинтові маслянки.

2.1.3 Захисні та амортизаційні системи дробарки

Амортизувальні пружини забезпечують створення необхідного зусилля дроблення та захищають дробарку від перевантажень і потрапляння недробимих предметів. У нормальному режимі система амортизації не повинна спрацьовувати. Для дробарок типу КМД допускаються лише поодинокі спрацьовування з амплітудою до 1 мм.

Основними причинами спрацьовування пружин є:

- потрапляння недробимих предметів;

- надмірна вологість матеріалу;
- нерівномірне завантаження;
- надмірне зменшення ширини розвантажувальної щілини;
- недостатня затяжка пружин.

Для видалення рудних завалів і недробимих предметів застосовується система розвантаження, яка складається з шести гідродомкратів із насосною установкою. У разі заклинювання система піднімає регулювальне та опорне кільця на висоту 30–40 мм.

Під час виконання робіт при піднятому опорному кільці необхідно суворо дотримуватись вимог безпеки. Перебування людей у дробарці, на механізмі фіксації або на опорному кільці забороняється.

2.1.4 Експлуатація футерування та дробильних елементів

Нерухомі броні можуть бути цапфової або крюкової конструкції. Вони кріпляться до корпусу регулювального кільця за допомогою скоб або через кожух. Простір між бронею та корпусом заповнюється цинком. Після введення нової дробарки в експлуатацію через 24 години необхідно перевірити надійність кріплення бронею та виконати підтягування за потреби.

Броня дробильного конуса закріплюється пружинами або болтами. Послаблення кріплення призводить до пошкодження посадкових поверхонь, руйнування броні та витіснення заливального цинку.

На заводі-виробнику сферичний підп'ятник опорної чаші притирається до сферичної поверхні корпусу конуса, що забезпечує необхідний гальмівний момент та запобігає обертанню дробильного конуса. Під час експлуатації порушення цього з'єднання не допускається.

2.1.5 Технічний стан приводу та ущільнювальних вузлів

Порушення роботи зубчастого зачеплення виникає внаслідок зношення бронзової втулки валу та дисків ексцентрика. Для відновлення нормальної роботи ексцентрик піднімають за допомогою регулювальних прокладок. За

необхідності коригують положення шестерні валу. Осьовий хід валу повинен становити 0,5–0,8 мм.

Протипилове ущільнення призначене для захисту мастила від забруднення та зменшення зношення тертьових поверхонь.

Для дробарок із водяним ущільненням необхідно:

- використовувати чисту воду;
- контролювати стабільність подачі води;
- регулярно очищати ванни ущільнення;
- своєчасно замінювати гумові пиловідбійні кільця.

Для дробарок із механічним ущільненням необхідно:

- очищати вузол ущільнення від пилу;
- змащувати тертьові поверхні;
- контролювати прилягання бронзового кільця;
- перевіряти об'єм стисненого повітря в опорній чаші.

2.2 Розрахунок потужності електричних двигунів конусних дробарок

Розглянемо конусні дробарки з різним типом дроблення (див. табл. 2.1).

Таблиця 2.1 - Типи конусних дробарок

Типи конусних дробарок		
Крупного дрібнення	Середнього дрібнення	Мілкового дрібнення
ККД 1200/150	КСД-2200	КМД-2200Т

Розрахунок потужності електричних двигунів конусних дробарок проводиться згідно з методикою, яка зводиться в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Методика розрахунку потужності електричних двигунів конусних дробарок

№ з/п	Назва параметру	Розрахункова формула	Номер формули
1	Частота обертання ексцентрика	$n = 200 - 80 \cdot B_1$ де B_1 – ширина завантажувальної щілини, м	(2.1)
2	Величина ексцентриситету	$e = \frac{0,02 \cdot B_2 + 0,014}{2}$ де B_2 – ширина розвантажувальної щілини, м	(2.2)
3	Спожита потужність, кВт	$P_{\text{спож}} = K_N \cdot D^2 \cdot e \cdot n$ де K_N – коефіцієнт міцності руди; D – діаметр основи дробильного конуса	(2.3)

Згідно з розрахунками, проведеними за (2.1)-(2.3) вибрано приводні двигуни до конусних дробарок з різним типом дроблення (див. табл. 2.3).

Таблиця 2.3 - Приводні двигуни конусних дробарок з різним типом дроблення

Приводні двигуни конусних дробарок		
Крупного дрібнення	Середнього дрібнення	Мілкового дрібнення
ККД 1200/150	КСД-2200	КМД-2200Т
A13-52-12У4	АКЗ 13-52-12	ДАЗО-315-6-500

Параметри приводних двигунів конусних дробарок з різним типом дроблення наведені у табл. 2.4

Таблиця 2.4 – Технічні параметри приводних двигунів конусних дробарок з різним типом дроблення

№ з/п	Технічні параметри	A13-52-12	AK3 13-52-12	ДАЗО-315-6-500
1	Потужність, кВт	250	250	315
2	Напруга, В	6000	6000	6000
3	Частота мережі живлення, Гц	50	50	50
4	Коефіцієнт корисної дії, %	92	91,5	93,9
5	Коефіцієнт потужності	0,76	0,77	0,77
6	Момент інерції, кг·м ²	6	6	17
7	Відношення максимального обертового моменту до номінального, в.о.	2,3	1,9	2,0
8	Відношення пускового струму до номінального, в.о.	5,1	6,0	6,5
9	Відношення пускового моменту до номінального, в.о.	1,3	1,2	1,2

Розрахунок параметрів АД з короткозамкненим ротором виконується за допомогою схеми заміщення (рис. 2.1), де R_1 , X_1 – активний та індуктивний опір фази статора АД; R_2 , X_2 – активний та індуктивний опір фази ротора АД; X_m – індуктивний опір контуру намагнічування АД.

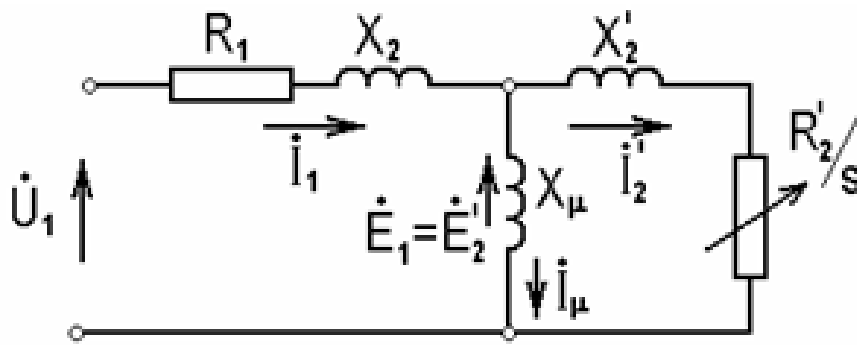


Рисунок 2.1 – Схема заміщення асинхронного двигуна

Розрахуємо параметри схеми заміщення АД (див. рис. 2.1 та табл. 2.5).

Таблиця 2.5 – Методика розрахунку параметрів асинхронних двигунів конусних дробарок

№ з/п	Назва параметру	Розрахункова формула	Номер формули
1	Номінальна швидкість	$\omega_n = \frac{\pi \cdot n_n}{30}$	(2.4)
2	Синхронна швидкість	$\omega_0 = \frac{\pi \cdot n_0}{30}$	(2.5)
3	Номінальне ковзання	$S_n = \frac{\omega_0 - \omega_n}{\omega_0}$	(2.6)
4	Номінальний струм статора	$I_{1n} = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_{1n} \cdot \eta_n \cdot \cos \varphi_n}$	(2.7)
5	Номінальний момент	$M_n = \frac{P_n}{\omega_n}$	(2.8)
6	Пусковий момент	$M_n = \lambda_n \cdot M_n$	(2.9)
7	Критичний момент	$M_{кр} = \lambda_m \cdot M_n$	(2.10)
8	Струм статора при зниженому до 75% навантаженні	$I_{1p} = \frac{k_* \cdot P_n}{3 \cdot U_{1n} \cdot \cos \varphi_n \cdot \eta_n}$	(2.11)

№ з/п	Назва параметру	Розрахункова формула	Номер формули
9	Струм неробочого ходу статора	$I_0 = \sqrt{\frac{I_{1p}^2 - I_{1H}^2 \cdot \left[p_* \cdot (1 - s_H) / p_* \cdot (1 - s_H) \right]^2}{1 - \left[p_* \cdot (1 - s_H) / p_* \cdot (1 - s_H) \right]^2}}$	(2.12)
10	Критичне ковзання	$s_k = s_H \times \left(k_m + \sqrt{k_m^2 - \left[1 - 2 \cdot s_H \cdot \beta \cdot (k_m - 1) \right]} \right) \times \frac{1}{1 - 2 \cdot s_H \cdot \beta \cdot (k_m - 1)}$ де k_m – перевантажувальна здатність; $\beta = 1,3$ – коефіцієнт	(2.13)
11	Конструктивний коефіцієнт C_1	$C_1 = 1 + \frac{I_0}{2 \cdot k_i \cdot I_{1H}}$ де k_i – кратність пускового струму	(2.14)
12	Конструктивний коефіцієнт A_1	$A_1 = \frac{3 \cdot U_{1H}^2 \cdot (1 - s_H)}{2 \cdot C_1 \cdot k_m \cdot P_H}$	(2.15)
13	Активний опір ротора, приведений до обмотки статора АД	$R_2' = \frac{A_1}{(\beta + 1/s_k) \cdot C_1}$	(2.16)
14	Активний опір обмотки статора	$R_1 = C_1 \cdot R_2' \cdot \beta$	(2.17)
15	Конструктивний параметр γ	$\gamma = \sqrt{\left(1/s_k^2 \right) - \beta^2}$	(2.18)
16	Індуктивний опір короткого замикання X_{KH}	$X_{KH} = \gamma \cdot C_1 \cdot R_2'$	(2.19)
17	Індуктивний опір розсіювання фази	$X_1 = 0,42 \cdot X_{KH}$	(2.20)

№ з/п	Назва параметру	Розрахункова формула	Номер формули
	роторної обмотки, приведеної до статорної		
18	ЕРС ланки намагнічування	$E_m = \sqrt{(U_{1n} \cdot \cos \varphi_n - R_1 \cdot I_{1n})^2 + \sqrt{+(U_{1n} \cdot \sqrt{1 - \cos^2 \varphi_n} - X_1 \cdot I_{1n})^2}}$	(2.21)
19	Індуктивний опір контуру намагнічування	$X_\mu = \frac{E_m}{I_0}$	(2.22)
Вибір силового трансформатора			
20	Вторинна напруга трансформатора	$U_{2л} = \sqrt{3} \cdot \frac{K_r}{K_u \cdot K_m} \cdot U_n$	(2.23)
21	Коефіцієнт трансформації	$k_m = \frac{U_1}{U_2}$	(2.24)
22	Струм вторинної обмотки	$I_2 = 1,5 \cdot I_n \cdot K_1$	(2.25)
23	Струм первинної обмотки	$I_1 = \frac{I_2}{k_m}$	(2.26)
24	Потужність	$S_{mp} = \frac{\sqrt{3} \cdot (U_{1л} \cdot I_1 + U_{2л} \cdot I_2)}{2}$	(2.27)
25	Активний опір	$R_{mp} = \frac{\Delta P_{\kappa 3} \cdot U_{2л}^2}{S_{нтр}^2}$	(2.28)
26	Індуктивний опір	$X_{mp} = \frac{u_{\kappa 3} \cdot U_{2л}^2}{S_{нтр}}$	(2.29)
27	Активний опір згладжуючого дроселя	$R_{dp} = 0,1 \cdot R_{\kappa 3}$	(2.30)

№ з/п	Назва параметру	Розрахункова формула	Номер формули
28	Індуктивний опір згладжуючого дроселя	$L_{\partial p} = 0,1 \cdot \frac{X_{кз}}{2 \cdot \pi \cdot f_n}$	(2.31)

Згідно з наведеними виразами (табл. 2.5) проведемо розрахунки за формулами (2.4)-(2.11) для усіх трьох приводних двигунів конусних дробарок з різним типом дроблення, а за формулами (2.12)-(2.31) тільки для двигуна типу ДАЗО-315-6-500 конусної дробарки мілкого дріблення типу КМД-2200Т для розрахунків та побудови статичних та динамічних характеристик.

Таблиця 2.6 – Значення параметрів асинхронних двигунів конусних дробарок

№ з/п	Назва параметру/одиниці вимірювання	Двигун А13-52-12	Двигун АКЗ 13-52-12	Двигун ДАЗО-315-6-500
1	Номінальна швидкість, рад/с	51,31	51,84	51,45
2	Синхронна швидкість, рад/с	52,36	52,36	52,36
3	Номінальне ковзання, в.о.	0,02	0,0099	0,02
4	Номінальний струм статора, А	34,14	34,14	41,92
5	Номінальний момент, Н·м	51000	4823	6122,4
6	Пусковий момент, Н·м	6334	4823	7959
7	Критичний момент, Н·м	11205	10128	12240
8	Струм статора при зниженому навантаженні (75%), А	25,6	25,6	32

№ з/п	Назва параметру/одиниці вимірювання	Двигун А13-52-12	Двигун АКЗ 13-52-12	Двигун ДАЗО-315-6-500
9	Струм неробочого ходу статора, А	—	—	10,7
10	Критичне ковзання	—	—	0,0791
11	Конструктивний коефіцієнт C_1	—	—	1,023
12	Конструктивний коефіцієнт A_1	—	—	27,37
13	Активний опір ротора, приведений до обмотки статора АД, Ом	—	—	1,92
14	Активний опір обмотки статора, Ом	—	—	2,55
15	Конструктивний параметр γ	—	—	12,6
16	Індуктивний опір короткого замикання $X_{кн}$, Ом	—	—	24,7
17	Індуктивний опір розсіювання фази роторної обмотки, приведеної до статорної, Ом	—	—	10,37
18	ЕРС ланки намагнічування, В	—	—	31116
19	Індуктивний опір контуру намагнічування, Ом	—	—	291,12

№ з/п	Назва параметру/одиниці вимірювання	Двигун А13-52-12	Двигун АКЗ 13-52-12	Двигун ДАЗО-315-6- 500
Вибір силового трансформатора				
20	Вторинна напруга трансформатора, В: де $K_r = 1,05$ – коефіцієнт падіння напруги; $K_u = 2,34$ – коефіцієнт випрямлення; $K_m = 0,85$ – коефіцієнт коливань напруги; $U_H = 6000$ В	—	—	3164
21	Коефіцієнт трансформації	—	—	1,9
22	Струм вторинної обмотки, А	—	—	51,6
23	Струм первинної обмотки, А	—	—	27,2
24	Потужність, ВА	—	—	282600
Вибраний трансформатор ТМ 400: $S_H = 400$ кВА; $U_{1H} = 6,0$ кВ; $U_{20} = 0,4$ кВ; $P_0 = 1300$ Вт; $P_K = 5500$ Вт; $u_K = 4,5$ %				
25	Активний опір, Ом	—	—	0,344
26	Індуктивний опір, Ом	—	—	1,126
27	Активний опір згладжуючого дроселя, Ом	—	—	0,301
28	Індуктивність згладжуючого дроселя, мГн	—	—	3,9

Для привода конусної дробарки найчастіше застосовують вихідний дросель між ПЧ і двигуном, особливо при великій довжині кабелю; потужних двигунах; напрузі 6 кВ та важкому режимі пуску.

Для згладжування пульсацій струму та обмеження перенапруг вибрано трифазний реактор типу РТСТ-6-400 на напругу 6 кВ. Реактор має індуктивність 3,9 мГн та активний опір 0,301 Ом, що забезпечує зниження динамічних навантажень електропривода конусної дробарки.

2.3 Електропривод та електрообладнання дробарки КМД-2200Т

Електропривод конусної дробарки КМД-2200Т включає такі основні елементи:

- головний нерегульований привод дробарки, виконаний на базі високовольтного трифазного асинхронного двигуна, технічні характеристики якого наведені у першому розділі. Пуск двигуна здійснюється безпосереднім підключенням через високовольтну розподільну комірку;

- систему контрольно-вимірювальних приладів та автоматики, що забезпечує контроль технологічних параметрів і захист обладнання.

Керування дробаркою може виконуватись у місцевому та дистанційному режимах.

Місьцеве керування застосовується під час ремонтних, налагоджувальних і випробувальних робіт за допомогою пульта місцевого керування дробаркою. У штатному технологічному режимі використовується дистанційне автоматизоване керування з операторського пульта або через автоматизовану систему керування технологічним процесом.

Оскільки підприємство виконує ремонтні, пусконаладжувальні та випробувальні роботи, детальніше розглянемо режим місцевого керування дробаркою КМД-2200Т6-Д.

Перед пуском дробарки повинні бути виконані такі умови:

- ключ заборони на ПМКД має бути встановлений у положення РОБОТА;

- у коло керування повинна бути подана напруга, що підтверджується спрацюванням сигнальних ламп;
- рівень мастила на зливі з дробарки повинен відповідати нормі;
- температура мастила на подачі до дробарки має перевищувати $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- витрата мастила повинна бути не меншою за 110 л/хв;
- тиск мастила у системі має відповідати встановленим значенням;
- високовольтна розподільна комірka повинна бути готовою до ввімкнення.

Пуск дробарки у режимі місцевого керування виконується у такій послідовності:

- перемикач режиму роботи встановлюється у положення МІСЦЕВЕ;
- ключ заборони переводиться у положення РОБОТА;
- на пульті місцевого керування натискається кнопка ДР – УВМ.

Зупинка дробарки здійснюється натисканням кнопки ДР – ВИМ.

Штатне вимкнення дробарки відбувається за таким алгоритмом:

- оператор подає команду ДР – ВИМ;
- спочатку вимикається головний електропривод дробарки;
- після витримки часу 1–3 хвилини відключається мастильна установка.

Аварійне відключення дробарки виконується при спрацюванні систем захисту у таких випадках:

- перевищення температури обмоток статора двигуна понад $110\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- підвищення температури підшипників електродвигуна головного привода вище $90\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- перевантаження головного привода за струмом;
- зниження струму двигуна нижче значення струму холостого ходу, що може свідчити про обрив муфти;
- перевищення допустимої температури мастила, підшипників та інших контрольованих вузлів дробарки понад $60\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- падіння тиску мастила у системі нижче встановленого значення;

- зменшення витрати мастила при подачі нижче допустимого рівня;
- відсутність мастила на зливі протягом більше ніж 30 с;
- виникнення несправностей у роботі мастильної установки або системи гідроагрегату.

2.4 Характеристики статичних та динамічних процесів під час експлуатації конусної дробарки КМД-2200Т

2.4.1 Статичні характеристики АД

Для визначення основних параметрів асинхронного електродвигуна застосовано символічний метод аналізу кіл змінного струму (табл. 2.7).

Таблиця 2.7 - Комплексні параметри схеми двигуна типу ДАЗО-315-6-500 конусної дробарки мілкового дріблення типу КМД-2200Т

№ з/п	Назва параметру (комплексне значення)	Формула	Номер формули
1	Опір ротора	$z_2(s) = \frac{r_2}{s} + j \cdot x_2$	(2.32)
2	Опір кола намагнічування	$z_\mu = j \cdot x_\mu$	(2.33)
3	Опір кола ротора	$z_{20}(s) = \frac{z_2(s) \cdot z_\mu}{z_2(s) + z_\mu}$	(2.34)
4	Опір кола статора	$z_1(s) = r_1 + j \cdot x_1$	(2.35)
5	Повний опір	$z_0(s) = z_1(s) + z_{20}(s)$	(2.36)
6	Струм статора	$I_1(s) = \frac{U_1}{z_0(s)}$	(2.37)
7	Напруга на клеммах роторного кола	$E_{20}(s) = U - I_1(s) \cdot z_1(s)$	(2.38)
8	Струм ротора	$I_2(s) = \frac{E_{20}(s)}{z_2(s)}$	(2.39)

№ з/п	Назва параметру (комплексне значення)	Формула	Номер формули
9	Електромагнітний момент	$M_{EM}(s) = 3 \cdot \left(I_2(s) \right)^2 \cdot \frac{r_2}{\omega_0 \cdot s}$	(2.40)
10	Спожита активна потужність	$P_{AD}(s) = 3 \cdot \operatorname{Re} \left(U_1 \cdot \hat{I}_1(s) \right)$	(2.41)
11	Спожита реактивна потужність	$Q_{AD}(s) = 3 \cdot \operatorname{Im} \left(U_1 \cdot \hat{I}_1(s) \right)$	(2.42)
12	ККД	$\eta(s) = \frac{M_{EM}(s) \cdot \omega_0 \cdot (1-s)}{P_{AD}(s)}$	(2.43)
13	Коефіцієнт потужності	$k_m(s) = \cos \left(\arg \left(z_0(s) \right) \right)$	(2.44)

Розрахунки за виразами (2.32)–(2.44) виконані із використанням програмного середовища MATLAB.

На рис. 2.2 наведені результати розрахунку механічних, електромеханічних та енергетичних характеристик приводного електродвигуна установки.

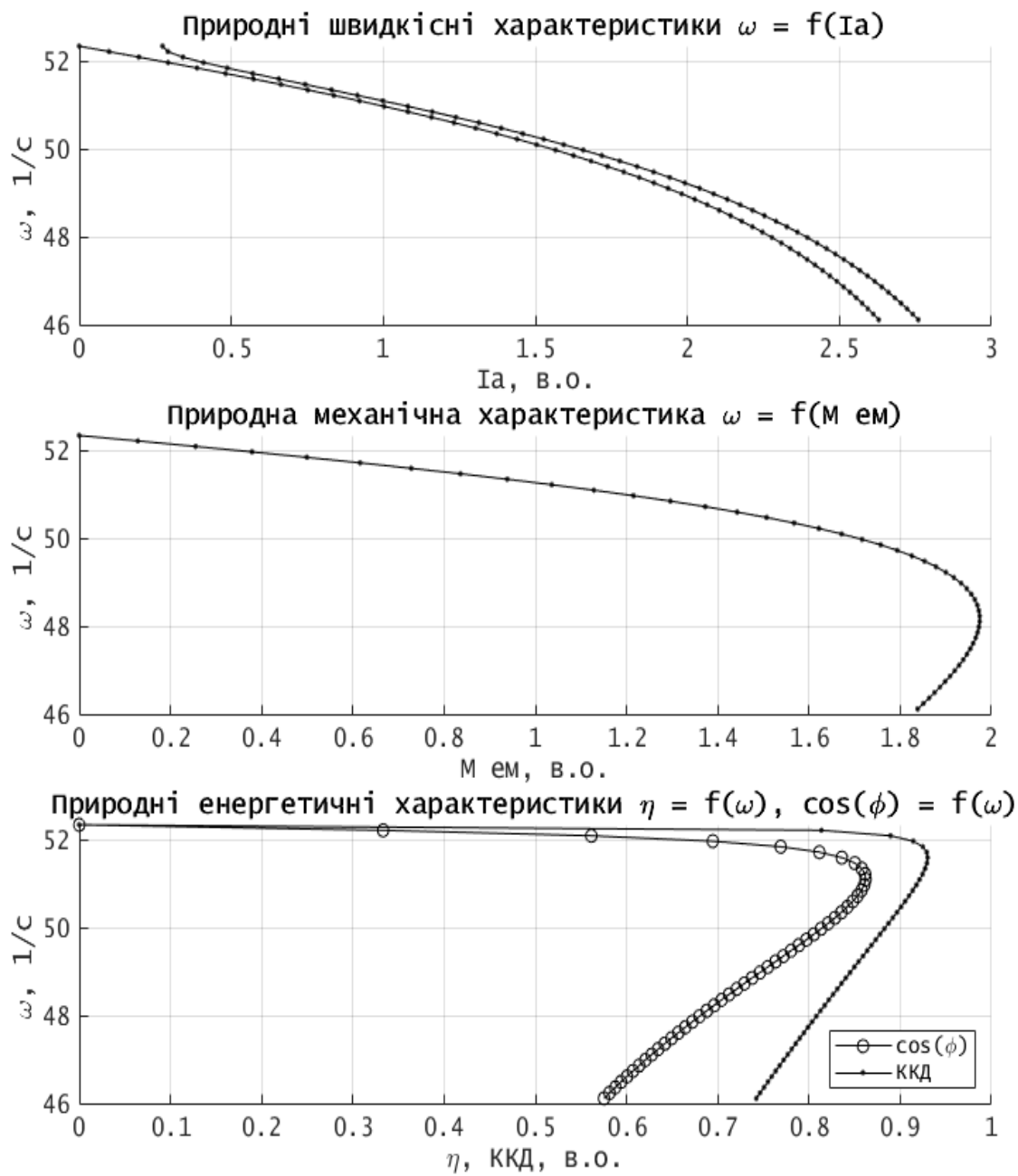


Рисунок 2.2 – Швидкісні, електромеханічні та енергетичні характеристики асинхронного двигуна типу ДАЗО-315-6-500 конусної дробарки мілкового дріблення типу КМД-2200Т

2.4.2 Динамічні характеристики АД

Виконаємо дослідження пускових режимів дробарки під час проведення випробувань. Для цього на основі параметрів розроблено імітаційну модель електропривода у програмному середовищі MATLAB із використанням елементів бібліотеки SimPower (рис. 2.3). Внесено відповідні параметри у налаштування імітаційної моделі (рис. 2.4).

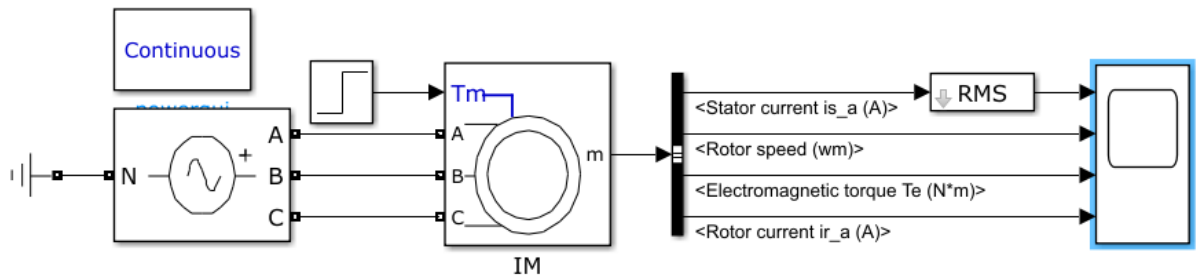


Рисунок 2.3 – Імітаційна модель асинхронного двигуна типу ДАЗО-315-6-500 конусної дробарки мілкого дріблення типу КМД-2200Т

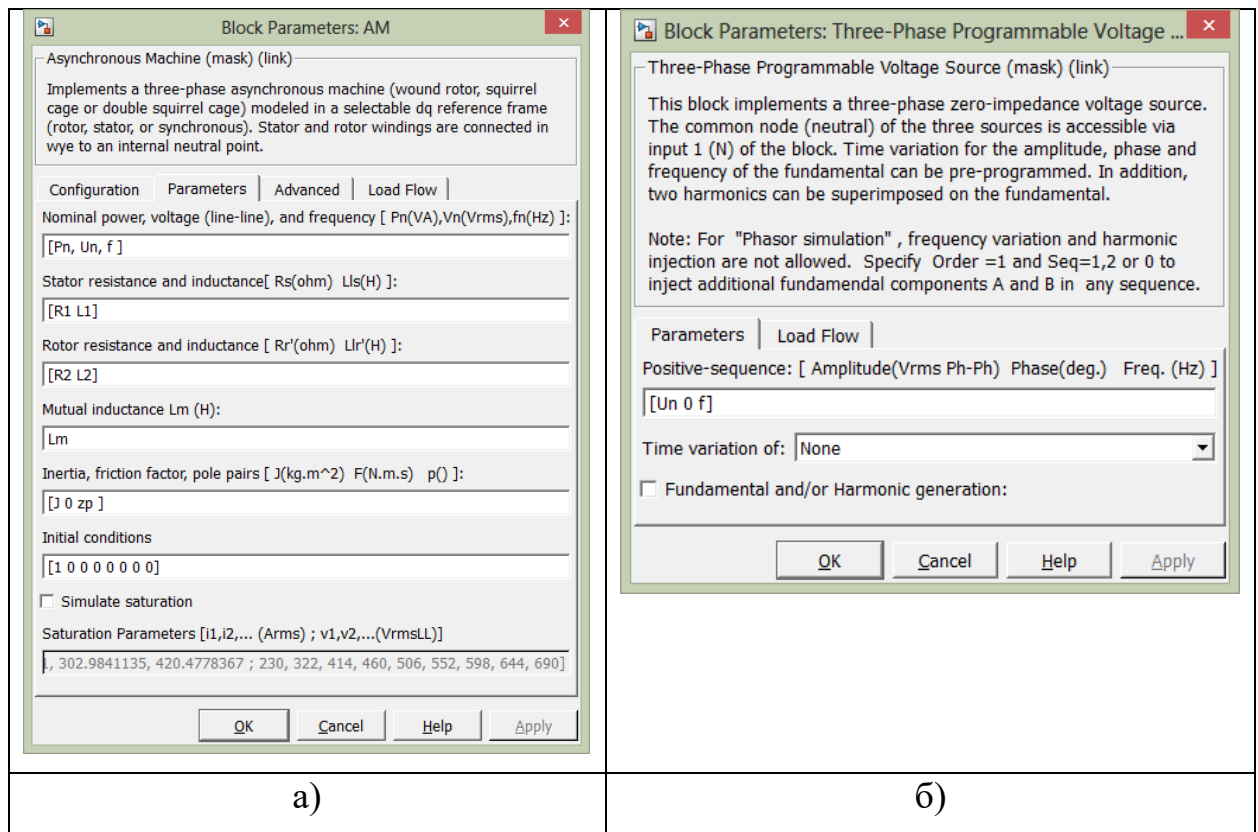


Рисунок 2.4 – Діалогові вікна: а) джерело живлення напругою 6 кВ;

б) параметри АД

Для чисельного розв'язання системи диференціальних рівнянь використовувався метод Дорманда–Прінса з адаптивним кроком інтегрування 0,001 с. Результати моделювання електромеханічних процесів наведені на рис. 2.5, 2.6.

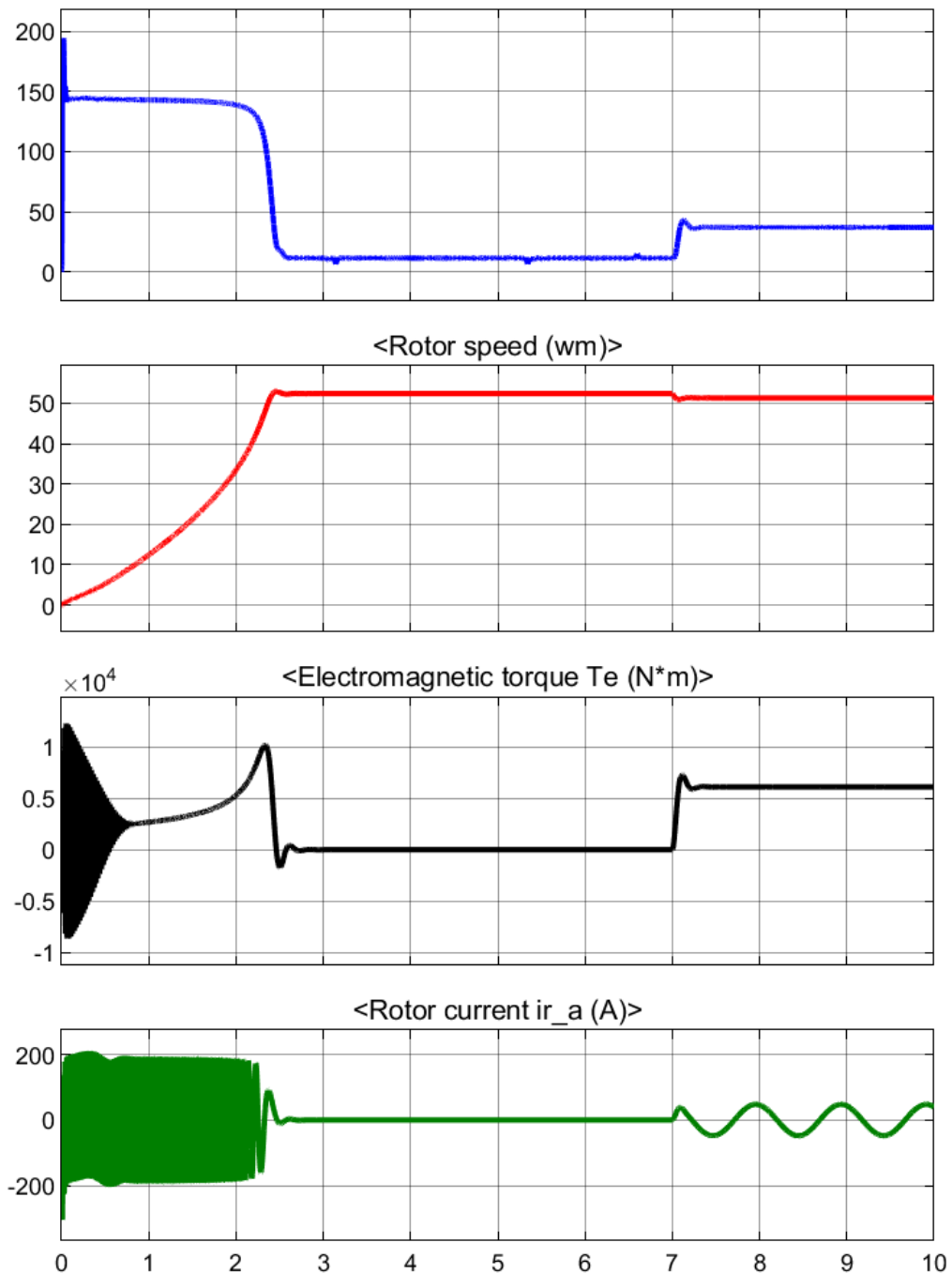


Рисунок 2.5 – Осцилограми електромеханічних процесів під час пуску асинхронного двигуна ДАЗО-315-6-500

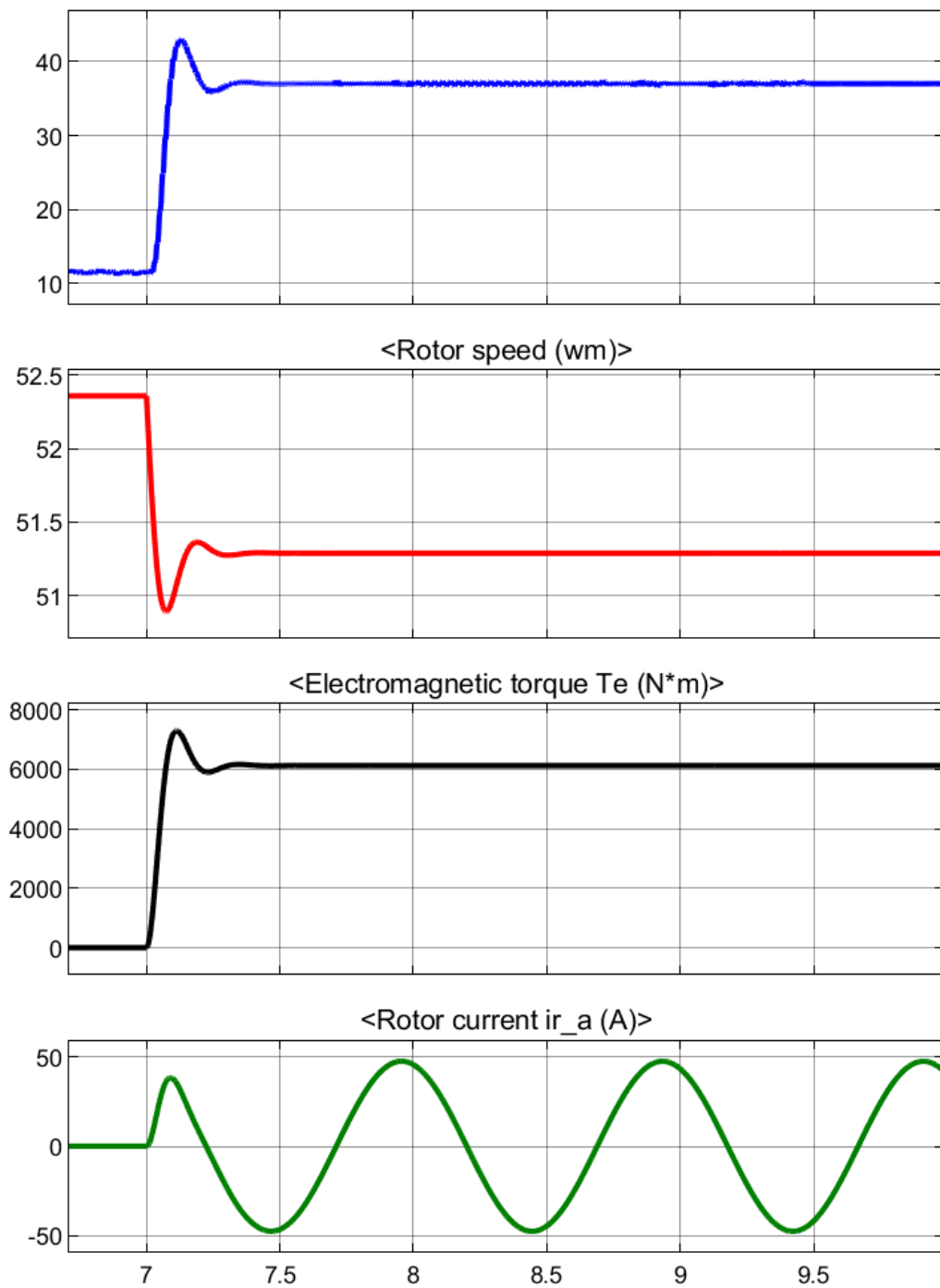


Рисунок 2.6 – Осцилограми електромеханічних процесів асинхронного двигуна ДАЗО-315-6-500 при зростанні навантаження

Отримані значення струмів і кутової швидкості при роботі двигуна під номінальним навантаженням відповідають паспортним характеристикам асинхронного електродвигуна, що свідчить про адекватність розробленої моделі.

При роботі усіх дробарок (у нашому випадку - мілкового дріблення типу КМД-2200Т) на гірничо-рудних підприємствах доцільним буде застосування регульованого електропривода.

2.5 Висновки до розділу 2

У даному розділі розглянуто особливості електроприводів конусних дробарок (у нашому випадку - мілкового дріблення типу КМД-2200Т), а також основні технічні вимоги, що висувуються до електропривода обладнання, яке працює у важких режимах дроблення, умови пуску, навантажувальні режими.

На основі проведених розрахунків вибрані приводні двигуни дробарок: для ККД 1200/150 – двигун А13-52-12У4, для КСД-2200 – двигун АКЗ 13-52-12, для КМД-2200Т – двигун ДАЗО-315-6-500. Їх параметри відповідають умовам експлуатації та забезпечують необхідний запас за потужністю і перевантажувальною здатністю.

Виконано розрахунки параметрів схеми заміщення трьох вищеназваних АД. Для двигуна ДАЗО-315-6-500 проведені додаткові розрахунки, необхідні для подальшого аналізу статичних і динамічних режимів роботи електропривода. На основі отриманих параметрів побудовано механічні, електромеханічні та енергетичні характеристики двигуна ДАЗО-315-6-500.

Для дослідження перехідних процесів під час пуску та зміни навантаження створено імітаційну модель електропривода у програмному середовищі MATLAB/Simulink із використанням бібліотеки SimPower. Результати моделювання підтвердили відповідність отриманих характеристик паспортним даним двигуна та адекватність розробленої моделі.

Також у розділі виконано вибір основного електротехнічного обладнання системи живлення електропривода, зокрема силового трансформатора типу ТМ-400 потужністю 400 кВА та згладжуючого дроселя типу РТСТ-6-400, призначеного для зменшення пульсацій струму та обмеження динамічних перевантажень у системі електропривода дробарки.

3.1 Комплект високовольтної апаратури для захисту конусних дробарок

Вибиремо комплект високовольтної комутаційної та захисної апаратури конусних дробарок, яка забезпечує пуск, захист від коротких замикань, перевантажень, перегріву та аварійних режимів роботи.

Увесь комплект апаратури для захисту конусних дробарок показаний у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 - Високовольтна апаратура для захисту конусних дробарок

№ з/п	Найменування високовольтної апаратури	Приводні двигуни конусних дробарок		
		Крупного дрібнення	Середнього дрібнення	Мілкового дрібнення
		ККД 1200/150	КСД-2200	КМД-2200Т
		A13-52-12У4	АКЗ 13-52-12	ДАЗО-315-6- 500
1	Високовольтний вимикач	ВВ/TEL-10- 630-20	ВВ/TEL-10- 630-20	ВВ/TEL-10- 630-20
2	Високовольтний запобіжник	ПКТ 101-6- 40-31,5	ПКТ 101-6- 40-31,5	ПКТ 101-6- 50-31,5
3	Трансформатор струму	ТЛК-10 50/5	ТЛК-10 50/5	ТЛК-10 75/5
4	Релейний захист	Sepam Series 40 або	Sepam Series 40 або	Sepam Series 40 або PC83-AB2

		Micom P220	Micom P220	
5	Кабель живлення	кабель типу АСБл-6 3×25	кабель типу АСБл-6 3×25	кабель типу АСБл-6 3×25

Більш докладно розглянемо вибрану захисну апаратуру для асинхронного двигуна типу ДАЗО-315-6-500 дробарки мілкого дріблення КМД-2200Т.

1. Високовольтний вимикач

Для комутації двигуна вибирається вакуумний вимикач ВВ/TEL-10-630-20 на напругу 6 кВ.

Він має наступні основні параметри:

- номінальна напруга - 10 кВ;
- номінальний струм - 630 А;
- струм вимкнення КЗ - 20 кА;
- привід - електромагнітний.

Проведемо перевірку на запас за струмом:

$$I_{вил} = 630 > I_n = 41 \text{ А.}$$

Висновок: вакуумний вимикач ВВ/TEL-10-630-20 перевірку пройшов.

2. Високовольтний запобіжник

Для захисту двигуна від струмів короткого замикання застосовуються високовольтні запобіжники типу ПКТ 101-6-50-31,5.

Він має наступні основні параметри:

- номінальна напруга - 6 кВ;
- номінальний струм плавкої вставки - 50 А;
- граничний струм вимкнення - 31,5 кА.

Умова вибору: $I_{вст} \geq 1,25 \cdot I_n$; $I_{вст} \geq 51,25 \text{ А.}$

Висновок: високовольтний запобіжник типу ПКТ 101-6-50-31,5 з найближчим стандартним значенням 50–63 А відповідає умовам вибору.

3. Трансформатор струму

Для релейного захисту та вимірювання приймаємо трансформатори струму типу ТЛК-10 75/5.

Він має наступні основні параметри:

- коефіцієнт трансформації - 75/5 А;
- клас точності - 0,5/10Р;
- напруга - 10 кВ.

4. Релейний захист

Для двигуна дробарки необхідно передбачити такі види захисту: захист від обриву фази; максимальний струмовий захист; тепловий захист обмоток; захист від замикань на землю; захист від перевантаження; захист від зниження струму (обрив муфти).

Усі види захистів може забезпечити мікропроцесорний пристрій (термінал) Seram Series 40 (або РС83-АВ2).

Seram Series 40 забезпечує:

- захист від замикань на землю (50N/51N);
- тепловий захист (49);
- захист від перекосу фаз (46);
- максимальний струмовий захист (50/51);
- захист від перевантаження при пуску;
- захист від частих пусків та заклинювання ротора;
- захист від обриву фази;
- захист від зниження та підвищення напруги (27/59).

5. Вибір кабелю живлення

Для живлення двигуна 6 кВ вибираємо кабель типу АСБл-6 3×25. АСБл-6 3×25 - це надійний броньований силовий кабель на 6 кВ, який забезпечує безпечне живлення високовольтних електроприводів у складних промислових умовах.

Він має наступні основні параметри:

- допустимий тривалий струм - 80–110 А (враховувати умови прокладання);
- кількість жил - 3;
- матеріал жил - алюміній;
- ізоляція - паперова просочена (маслонаповнена);
- номінальна напруга - 6 кВ;
- переріз жил - 25 мм²;
- захист - броня зі сталевих стрічок;
- оболонка - свинцева.

Вибране обладнання забезпечує надійний захист двигуна від коротких замикань, перевантажень, перегріву та аварійних режимів роботи електропривода дробарки.

3.2 Технічні дані електроустаткування дробарки

Технічні дані електроустаткування дробарки на прикладі дробарки мілкового дріблення КМД-2200Т та її складових наведені в табл. 3.2 – 3.4.

Таблиця 3.2 – Технічний опис електроустаткування дробарки мілкового дріблення КМД-2200Т

Найменування електроустаткування	Тип / технічні дані
Двигун з КЗ ротором	ДАЗО-315-6-500 УХЛ1
	Обігрів (антиконденсатний) U = 220 В, P = 1,28 кВт
Шафа	ШКД - Шафа керування дробаркою з контролером
Щит	ШСКД - щит станції керування дробаркою
Пульти	ПМКД - пульт місцевого керування дробаркою
	РАХ20-15 - пульт звукової та світлової сигналізації

Найменування електроустаткування	Тип / технічні дані
	ПМКМ - пульт місцевого управління мастилом
	ПМКГ – пульт місцевого керування гідроагрегатом
Коробка	КК - коробка клемна
Датчик контролю рівня мастила	ДКЕ-Т20-100Р-3113-3А
Термоперетворювачі	ТП 9201-14, ТП 9201-05

Таблиця 3.3 – Технічний опис електроустаткування змащувальної установки УС-125 дробарки мілкового дріблення КМД-2200Т

Найменування	Тип та технічні дані
Двигун з КЗ ротором (привід маслососа)	АІР100L4 УХЛЗ (Р = 4 кВт, I = 8,6 А, n = 1500 об/хв, U = 380 В)
Кінцевий вимикач	ЕПНН-F05-75-22-M21/1-1-1-111 (Р = 0,025 кВт, U = 220 В)
Електронагрівач	(ТЕН120А13/1,2S220 1,2 кВт, 220 В)
Датчики	ВБЕ-Ц30-96У-2111-3А - рівня мастила у відстійнику
	EDS 3448-5-0016-000-F1 - тиску мастила
	ДКЕ-Т20-200Р-3113-СА - контролю зливу мастила
	ДНЕ-3К010-110К20 - контролю поточного рівня мастила
	РУС-1-40/С-G-D-25/N-10/Т РСТМ.407629.001 - витрати мастила
Термометр	ТКП-160Сг-0...120-1,6-160
Термоперетворювач	ТП 9201-05
Індикатор засміченості фільтра	U = 24 В

Таблиця 3.4 – Технічний опис електроустаткування гідроагрегату дробарки мілкового дріблення КМД-2200Т

Найменування	Тип та технічні дані
Двигун з КЗ ротором (привід гідроагрегату)	АИР 160S4 (P = 15 кВт, I = 30 А, n = 1500 об/хв, U = 380 В)
Електромагніт гідророзподільника	U = 24 В, P = 46 Вт
Електронагрівач ТЕНБ 3,6 (3x1,2)	(ТЭН120А13/1,2S220 P = 1,2 кВт, U = 220 В)
Датчики	EDS 3448-5-0250-000-F1 - тиску мастила
	ВБЕ-Ц30-96У-2113-3А.7 - рівня мастила у відстійнику
Індикатор засміченості фільтра	U = 24 В
Термоперетворювач	ТП 9201-05

Конусна дробарка КМД-2200Т6-Д оснащується комплексом силового, комутаційного, контрольно-вимірювального та допоміжного електрообладнання, яке забезпечує надійну роботу дробарки в умовах значних механічних навантажень і запиленості виробничого середовища.

Головним приводом дробарки є високовольтний асинхронний електродвигун змінного струму з короткозамкненим ротором типу ДАЗО-315-6-500. Двигун має систему самовентиляції та комплектується датчиками температури обмоток і підшипників, а також антиконденсатними нагрівачами.

Керування технологічним обладнанням здійснюється за допомогою шафи управління дробаркою ШУК, до складу якої входить програмований контролер. Шафа забезпечує керування головним і допоміжними приводами, контроль режимів роботи та діагностику електрообладнання.

Щит станції управління дробаркою (ЩСУД) містить:

- ввідну силову апаратуру великої потужності;
- автоматичні вимикачі;
- роз'єднувачі;

- релейно-контакторну апаратуру;
- засоби захисту та сигналізації.

До допоміжних електроприводів дробарки належать:

- привід мастильної установки;
- привід гідроагрегату;
- насосна установка механічного ущільнення.

Для місцевого керування технологічним обладнанням використовуються:

- пульт місцевого управління дробаркою (ПМУД);
- пульт місцевого керування мастильною системою (ПМКС);
- пульт місцевого управління гідроагрегатом (ПМУГ).

Пульти обладнані кнопковими органами керування, світлосигнальною апаратурою та дисплеями для відображення інформації про режими роботи й аварійні стани.

Для контролю технологічних параметрів застосовуються:

- термоперетворювачі типу ТП 9201-14 для контролю температури підшипників;
- термоперетворювачі ТП 9201-05 для контролю температури мастила;
- датчики рівня;
- датчики тиску з аналоговим виходом 4–20 мА;
- датчики витрати мастила з електронною обробкою сигналу.

Живлення електрообладнання дробарки здійснюється від мереж різної напруги:

- головний привод - 6 кВ;
- допоміжні приводи - 380 В;
- кола управління та сигналізації - 220 В;
- антиконденсатні нагрівачі - 220 В;
- кола контролера та датчиків - 24 В.

3.3 Монтаж електрообладнання дробарки

Монтаж електрообладнання конусної дробарки виконується відповідно до вимог технічної документації, правил технічної експлуатації та нормативних документів з електробезпеки.

3.3.1 Монтаж електродвигуна

Перед установленням електродвигуна необхідно:

- очистити поверхні двигуна від пилу, бруду та консерваційного мастила;
- провести зовнішній огляд;
- перевірити відповідність паспортних даних проектній документації;
- вручну провернути ротор та перевірити відсутність заклинювання;
- виконати захисне заземлення корпусу двигуна.

Під час монтажу двигуна:

- двигун встановлюють на фундамент;
- виконують центрування валів електродвигуна та робочого механізму;
- муфтою з'єднують вал двигуна з приводом дробарки;
- контролюють допустимі величини радіального та кутового зміщення;
- вимірюють опір ізоляції обмоток статора мегомметром на 2500 В;
- визначають коефіцієнт абсорбції ізоляції;
- за необхідності виконують сушіння обмоток.

Після монтажу двигун підключають до мережі згідно зі схемою з'єднання та виконують пробний пуск без навантаження для перевірки напрямку обертання і справності механічної частини.

3.3.2 Монтаж шафи керування

Монтаж шафи керування включає:

- розпакування комплектного обладнання;

- перевірку параметрів електроапаратури;
- встановлення та закріплення шафи;
- підключення силових і контрольних кіл;
- виконання заземлення металоконструкцій;
- перевірку комутації та працездатності схеми.

Після завершення монтажу проводять налагодження та калібрування електроапаратури.

3.4 Технічне обслуговування електроустаткування дробарки

Технічне обслуговування електрообладнання дробарки виконується згідно з правилами технічної експлуатації електроустановок та вимогами охорони праці.

Періодичні огляди обладнання виконуються експлуатаційним персоналом із занесенням результатів до журналу технічного обслуговування.

У журналі зазначають:

- дату проведення огляду;
- виявлені несправності;
- способи усунення дефектів;
- стан електрообладнання;
- стан мастила;
- прізвища відповідальних працівників.

Під час експлуатації електродвигунів необхідно:

- підтримувати чистоту обмоток і підшипників;
- виконувати продування сухим повітрям;
- контролювати систему вентиляції;
- перевіряти температуру та стан підшипників;
- контролювати рівень вібрації;
- проводити заміну мастила;
- перевіряти справність заземлення;
- виконувати ревізію двигуна.

Обслуговування шаф керування передбачає:

- очищення апаратури від пилу;
- перевірку та підтягування контактних з'єднань;
- регулювання контактів реле та контакторів;
- перевірку автоматичних вимикачів;
- контроль опору ізоляції;
- перевірку працездатності схеми керування.

Профілактичні роботи проводяться згідно з графіками поточних і капітальних ремонтів.

3.5 Випробування конусних дробарок після монтажу та їх налагодження

3.5.1 Випробування на неробочому ході

Після завершення монтажних робіт проводять випробування дробарки на неробочому ході. Основною метою випробувань є перевірка правильності монтажу та працездатності всіх вузлів і систем.

Перед пуском необхідно:

- перевірити роботу систем сигналізації;
- перевірити систему контролю температури;
- переконатися у справності мастильної системи;
- видалити сторонні предмети;
- вручну повернути приводний вал.

Під час випробувань контролюють:

- роботу підшипникових вузлів;
- стан зубчастого зачеплення;
- роботу системи пилового ущільнення;
- температуру мастила та підшипників;
- плавність роботи механізмів.

Тривалість випробувань повинна становити не менше 8 годин, при цьому температура мастила і підшипників не повинна перевищувати 60 °С.

3.5.2 Випробування під навантаженням

Випробування під навантаженням проводяться для припрацювання поверхонь тертя та перевірки роботи дробарки у робочому режимі.

Подачу руди здійснюють поступово через 10–15 хв після пуску дробарки. На початковому етапі навантаження не повинно перевищувати 25–30 % номінальної продуктивності.

Випробування тривають протягом 24 годин із періодичними зупинками для огляду вузлів і механізмів. Під час роботи контролюють:

- температуру мастила;
- стан підшипників;
- споживану потужність;
- рівень вібрації;
- стабільність роботи привода.

Після завершення випробувань виконують перевірку затягування конуса дроблення та бронею регульовального кільця.

3.6 Висновки до розділу 3

У розділі розглянуто склад та технічні характеристики електрообладнання конусної дробарки КМД-2200Т6-Д, яке забезпечує роботу головного і допоміжних приводів, систем керування, сигналізації та контролю технологічних параметрів.

Проаналізовано особливості монтажу електродвигуна, шаф керування та допоміжного електрообладнання дробарки. Визначено основні вимоги до центрування валів, контролю опору ізоляції, виконання заземлення та проведення пусконаладжувальних робіт.

Розглянуто порядок технічного обслуговування електрообладнання дробарки, що включає періодичні огляди, профілактичні роботи, контроль стану ізоляції, контактних з'єднань, підшипників і систем вентиляції.

Також у розділі наведено методику проведення випробувань дробарки після монтажу та налагодження у режимах холостого ходу і роботи під

навантаженням. Проведення таких випробувань дозволяє перевірити правильність монтажу, надійність роботи механічної та електричної частин дробарки, а також забезпечити її безпечну та ефективну експлуатацію у виробничих умовах.

ВИСНОВКИ

1. У роботі проведено аналіз конструкції, принципу дії та умов експлуатації конусних дробарок, які застосовуються на гірничо-збагачувальних підприємствах. Встановлено, що дробарки типів ККД, КСД та КМД забезпечують безперервний процес дроблення, високу продуктивність та можливість регулювання крупності готового продукту залежно від технологічних вимог виробництва.

2. Досліджено конструктивні особливості конусної дробарки мілкового дроблення КМД-2200Т6-Д. Визначено, що ефективність її роботи залежить від узгодженої роботи механічної частини, приводу, системи передачі руху та механізму регулювання розвантажувальної щілини.

3. Проаналізовано сучасні тенденції розвитку конусних дробарок. Встановлено, що основними напрямками вдосконалення є підвищення енергоефективності, зменшення динамічних навантажень, автоматизація процесу дроблення та застосування модернізованих інерційних і ексцентрикових конструкцій.

4. Розглянуто особливості роботи електроприводів конусних дробарок у важких режимах експлуатації. Визначено основні вимоги до електропривода: забезпечення високого пускового моменту, стійкості до перевантажень, надійності роботи при змінних навантаженнях та достатньої механічної міцності двигуна.

5. На основі проведених розрахунків вибрано приводні асинхронні двигуни:

- для дробарки ККД 1200/150 – двигун А13-52-12У4;
- для дробарки КСД-2200 – двигун АКЗ 13-52-12;
- для дробарки КМД-2200Т – двигун ДАЗО-315-6-500.

Встановлено, що вибрані двигуни забезпечують необхідний запас потужності, допустимі пускові режими та відповідають умовам тривалої роботи у важких виробничих умовах.

6. Виконано розрахунок параметрів схем заміщення асинхронних двигунів та визначено їх електромеханічні параметри. Для двигуна ДАЗО-315-6-500 побудовано механічні, електромеханічні та енергетичні характеристики, що дозволило оцінити його роботу у номінальних і перехідних режимах.

7. У програмному середовищі MATLAB/Simulink із використанням бібліотеки SimPower створено імітаційну модель електропривода дробарки КМД-2200Т6-Д. За результатами моделювання отримано осцилограми пуску, зміни моменту та швидкості двигуна. Встановлено, що характеристики моделі відповідають паспортним параметрам двигуна та підтверджують стійкість роботи електропривода.

8. Виконано вибір основного електротехнічного обладнання системи живлення електропривода дробарки. Для живлення електропривода вибрано силовий трансформатор типу ТМ-400 потужністю 400 кВА, а для зменшення пульсацій струму та обмеження динамічних перевантажень – згладжуючий дросель типу РТСТ-6-400.

9. Розглянуто питання монтажу електрообладнання дробарки КМД-2200Т6-Д. Визначено основні вимоги до монтажу електродвигунів, центрування валів, контролю опору ізоляції, виконання заземлення та проведення пусконаладжувальних робіт.

10. Проаналізовано порядок технічного обслуговування електрообладнання дробарки. Встановлено, що своєчасне проведення профілактичних оглядів, контроль стану ізоляції, контактних з'єднань, підшипників та систем вентиляції дозволяє підвищити надійність роботи обладнання та зменшити ймовірність аварійних відмов.

11. Розглянуто методику проведення випробувань дробарки після монтажу у режимах холостого ходу та роботи під навантаженням. Встановлено, що проведення таких випробувань дозволяє перевірити

правильність монтажу, працездатність механічної та електричної частин дробарки, а також забезпечити її безпечну та ефективну експлуатацію.

12. Отримані результати роботи підтверджують доцільність використання сучасних асинхронних електроприводів та відповідного електротехнічного обладнання для конусних дробарок типу КМД-2200Т6-Д, що забезпечує надійну, економічну та стабільну роботу дробильного обладнання в умовах гірничо-збагачувальних підприємств.