

Маляренко Денис Ігорович

Магістерська робота

**Дослідження шляхів підвищення експлуатаційної надійності
конусних дробарок**

Керівник роботи

проф., к.т.н. Горбачов Ю.Г.

ВСТУП

Особливе місце у технологічному процесі механічної обробки рудної сировини належить операціям її дроблення та подрібнення [1-13]. На дробильно-помольні установки припадає приблизно 40% вартості обладнання збагачувальної фабрики та понад 60% усіх експлуатаційних витрат. У той же час така економічно витратна техніка застосовується недостатньо ефективно. Наприклад, коефіцієнт технічного використання дробарок крупного дроблення на різних підприємствах коливається від 0,45 до 0,92, а дробарок середнього та дрібного дроблення – від 0,47 до 0,83. Причини такого положення досить численні. Це й невисокий рівень надійності обладнання, особливо дробарок середнього та дрібного дроблення, а також недосконалість організаційного забезпечення дробильних робіт (нерівномірна подача сировини на фабрику, недоліки системи планування ремонтних заходів тощо) [14].

Найважливішим фактором такого положення слід визнати високий рівень відмов дробильного обладнання, пов'язаний з конструктивними та технологічними недоопрацюваннями окремих вузлів та деталей дробарок. Разом із тим, питання підвищення якості, надійності та довговічності технологічного обладнання, особливо такого, що працює у надзвичайно важких умовах експлуатації, притаманних гірничій галузі, досі, на жаль, не отримали достатнього розвитку. Для суттєвого скорочення обсягів і вартості ремонтних робіт, спрямованих на відновлення працездатності дробильного обладнання та підвищення його експлуатаційної надійності потрібні скоординовані зусилля дослідників, проєктантів, машинобудівників та виробничників [14,15].

Збагачувальні підприємства гірничорудної галузі використовують численні зразки дробильно-подрібнювального обладнання вітчизняної розробки, у тому числі потужні конусні дробарки для перших стадій дроблення, для середнього та дрібного руйнування мінеральної сировини, високопродуктивні млини кульового та стрижневого типів. Кожна така установка представляє собою надзвичайно метало- та енергоємну машину, експлуатація якої пов'язана зі значними матеріаль-

ними і трудовими витратами. Тому проблема удосконалення системи технічного обслуговування та ремонту такого складного та уразливого обладнання має надзвичайно важливе економічне значення.

З огляду на це, тема представленої магістерської роботи, присвяченої дослідженню шляхів підвищення експлуатаційної надійності дробарок конусного типу, є, безсумнівно, актуальною.

Мета роботи – аналіз та розробка рекомендацій щодо зниження числа відмов конусних дробарок за рахунок використання раціональних заходів технічного обслуговування і ремонту.

Об'єкт дослідження – технологічний процес руйнування гірничої маси у дробарках конусного типу.

Предмет дослідження – конусні дробарки.

Наукове положення – розроблені у роботі рекомендації дають можливість забезпечити помітне зниження ймовірності виникнення відмов, підвищення коефіцієнту готовності та продуктивності дробильного обладнання конусного типу.

1 АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ ТА ОБГРУНТУВАННЯ ТИПУ ОБЛАДНАННЯ

1.1 Особливості експлуатації конусних дробарок в умовах залізорудної галузі.

Характеристики мінеральної сировини, що потребує дроблення

Характер процесу експлуатації дробильного обладнання, у тому числі конусного, суттєво залежить від фізико-механічних властивостей подрібнюваної мінеральної сировини. Останні можуть сильно відрізнятися навіть у межах одного виду продукту. Наприклад, залізорудні родовища України в цілому та Криворізького басейну зокрема характеризуються широкою різноманітністю речовинного складу та текстурно-структурних особливостей руд [14].

Основні запаси залізних руд у Кривбасі представлені залізистими кварцитами (роговиками), до яких входять такі рудні мінерали, як магнетит, мартит та гематит. Середній вміст заліза в цих рудах складає 30-40%, вони характеризуються шаруватою структурою (чергування шарів руди та нерудних кварцових прошарків) та дрібнозернистою вкрапленням заліза, що вимагає глибокого помелу до крупності не більше 44-74 мкм для повного розкриття рудних зерен. У табл. 1.1 представлені характеристики залізних руд, що розробляються деякими гірничо-збагачувальними підприємствами Кривбасу [14].

Процес дроблення залізних руд такої якості залежить від багатьох факторів і відрізняється значною складністю. До таких показників відносяться міцність руди, її в'язкість та абразивність, форма і розмір шматків, вологість, густина та інші фізико-механічні параметри, а також зовнішні умови, в яких знаходиться мінеральна сировина (наприклад, температури нижче нуля, при яких порода, особливо волога, змерзається). Вказані чинники процесу дроблення можуть суттєво змінюватися як у просторі, так і в часі й важко піддаються врахуванню. У той же час вони помітно впливають на роботу дробильного обладнання. Наприклад, для дробарок крупного дроблення ККД-1500/180 досягнення паспортних величин продук-

Таблиця 1.1 – Характеристики залізних руд, що розробляються
гірничо-збагачувальними комбінатами Кривбасу

Характеристики руд	Південний ГЗК	Новокри- ворізький ГЗК	Центральний ГЗК	Ігулецький ГЗК
Тип руд	Магнетитові, карбонатно-магнетитові, силікатно-магнетитові роговики – 35%; гематито-магнетитові роговики – 60%	Карбонатно-магнетитові роговики	Сидеріто-магнетитові, мартитові та гематито-мартитові роговики	Силікатно-магнетитові, магнетитові та гематито-магнетитові кварцити
Середній вміст заліза, %, у тому числі:	35-37	32,7-33,5	32,6-35,8	31,2-34,3
магнетитового	28,9	38,8	27,2	25,7
гематитового	3,7	4,4	2,6	2,66
карбонатного та силікатного	3,4	23,5	5,8	4,35
Запаси, млн. т	1445	1779	540	1152
Густина, т/м ³	3,65-3,96	3,36-3,44	3,38-3,41	3,15-3,38
Міцність за шкалою проф. М.М. Протод'яконова	16-20	14-18	10-16	16-18
Вміст, %:				
глинистих включень	-	-	5,0	-
вологи	0,5	0,7	3,0	1,9

тивності можливо лише при середньому розмірі шматків у живленні 500 мм. Підвищенні цієї величини супроводжується зменшенням продуктивності, зростанням динамічних навантажень та інтенсивним зносом деталей і вузлів машини. У табл. 1.2 приведений гранулометричний склад підірваної гірничої маси для гірничо-збагачувальних комбінатів Кривбасу. З неї добре видно, що частка негабаритів крупніше 400 мм може коливатися у межах від 10 до 19% [14].

Таблиця 1.2 – Гранулометричний склад підірваної гірничої маси на ГЗК Кривбасу

Підприємство	Гранулометричний склад фракцій (%) при номінальній крупності живлення					
	0-200	200-300	300-400	400-700	700-1000	1000-1300
Південний ГЗК	58,9	12,1	9,9	11,6	5,2	2,3
Новокриворізький ГЗК	66,8	11,5	12,1	7,2	1,8	0,6
Інгулецький ГЗК	60,7	10,4	10,1	11,2	4,5	3,1
Центральний ГЗК	56,8	20,7	10,8	5,6	4,3	1,8

Зниження продуктивності процесу дроблення спостерігається із збільшенням міцності та абразивності подрібнюваного матеріалу. Потрапляння у рудопотік живлення дробарок змерзлих шматків руди, незважаючи на переважне розташування установок у закритих приміщеннях, також супроводжується падінням ефективності руйнування породи внаслідок поганої прохідності такого матеріалу через робочу зону дроблення, бункери та конвеєрні тракти. Це пояснюється підвищеною міцністю змерзлих шматків та їх низьким коефіцієнтом тертя відносно робочих поверхонь вказаного обладнання.

Таким чином, фізико-механічні властивості і гранулометричний склад руди, а також кліматичні умови роботи суттєво впливають на процес експлуатації та терміни служби найбільш відповідальних деталей і вузлів дробильного обладнання, тому система його технічного обслуговування та ремонту повинна враховувати усі ці негативні фактори.

1.2 Технологічні схеми промислового використання конусних дробарок на гірничо-збагачувальних комбінатах

Технологічні схеми дробильних фабрик вітчизняних ГЗК передбачають використання двох основних схем дроблення, а саме [7-14]:

- трьохстадійної, яка складається з першої стадії крупного дроблення на конусних дробарках крупного дроблення, другої – середнього дроблення на дробарках середнього дроблення та третьої – дрібного дроблення на дробарках дрібного дроблення з додатковим грохоченням дробленого продукту;

- чотирьохстадійної, яка відрізняється від попередньої наявністю додаткової стадії крупного дроблення на конусних дробарках крупного дроблення редуційного типу.

Число стадій дроблення залежить від наявної початкової та потрібної кінцевої крупності матеріалу та ступеня дроблення, яку може забезпечити конкретна дробарка. Гранулометричний склад руди, що поступає з кар'єрів, приведений у табл. 1.2, а бажана максимальна крупність дробленого продукту, що передається на помел, не повинна перевищувати 8-10 мм. У свою чергу, конусні дробарки крупного дроблення можуть забезпечувати ступінь дроблення у межах 5-8, середнього – 6-27, а дрібного – 9-26.

Наприклад, для чотирьохстадійної схеми дроблення технологічний ланцюг апаратів дробильної фабрики може виглядати наступним чином: вихідна сировина доставляється з кар'єрів у вагонах-самоскидах (думпкарах), розвантажується у прийомні бункери конусних дробарок крупного дроблення ККД-1500/180, після дроблення спрямовується на другу стадію дроблення у редуційні дробарки додаткового крупного дроблення КРД-900/100, а потім системою стрічкових конвеєрів – в бункер корпусу середнього та дрібного дроблення. Там руда живильниками пластинчастого, стрічкового або вібраційного типів вантажиться у конусні дробарки середнього дроблення (КСД), а потім на грохот для виділення готового за крупністю продукту. Верхній надгрохотний клас спрямовується у дробарки

дрібного дроблення (КМД) і після обробки разом з підгрозотним продуктом поступає на стрічкові конвеєри, які транспортують його у корпус збагачення.

Кількість конусних дробарок різних стадій дроблення визначається заданою продуктивністю дробильної фабрики та необхідністю забезпечення необхідного резерву на випадок відмови елементів технологічного ланцюга обладнання.

Якісна та інтенсивна переробка рудної сировини, а також зменшення крупності дробленого продукту на добре працюючих дробильних фабриках досягаються головним чином за рахунок рівномірної подачі руди на фабрику, високого коефіцієнту технічного використання дробарок, раціонального перерозподілення ступенів дроблення між стадіями процесу, забезпеченням кращих режимів завантаження дробарок, раціонального використання операцій грохочення, ефективної організації технічного обслуговування та ремонту обладнання.

Порівняльний аналіз описаних трьох- і чотирьохстадійної схем дроблення дає можливість стверджувати переваги першої над другою з точки зору надійності. Спрощення технологічної схеми шляхом вилучення однієї з чотирьох стадій забезпечує зменшення кількості її ланок і тим самим зниження ймовірності відмови будь-якої з них.

Важливою задачею під час експлуатації дробарок конусного типу є отримання якомога більш дрібного продукту. Адже питомі витрати електроенергії на процес дроблення у дробарках ($1,35-3,1$ кВт·г/т) набагато нижчі у порівнянні з питомими витратами на процес подрібнення у млинах ($13-28$ кВт·г/т і більше) [14]. Для цього намагаються зменшити розмір розвантажувальної щілини дробарок, але це призводить до зростання потужності, яка витрачається на дроблення, та навантажень на вузли і деталі установок, що знижує їх довговічність.

Дробильне обладнання у розглянутих технологічних схемах дробильних фабрик є визначальним. Вихід з ладу будь-якої дробильної установки значно знижує продуктивність фабрики або зовсім зупиняє її. Забезпечення безперебійної роботи технологічних схем дроблення є найважливішою задачею, досягнення якої можливо лише за рахунок правильної організації технічного обслуговування та ремонту як окремих установок, так і усього комплексу дробильного обладнання.

1.3 Кінематичні схеми, конструкції та технічні характеристики

дробильного обладнання конусного типу

Конструкції конусних дробарок різних стадій дроблення відрізняються значною різноманітністю кінематичних схем. Найбільш уживаними з них можна вважати схеми, показані на рис. 1.1 [14].

Перші дві з них (рис. 1.1а і б) мають жорсткий верхній підвіс дробильного конусу, який сприймає усю вагу установки та складові зусилля дроблення. Привод здійснюється через клинопасову передачу та конічну зубчасту пару. Друга схема відрізняється від першою подвоєним варіантом приводу.

Окрім схеми з приводом у вигляді «електродвигун – клинопасова передача – вбудована зубчаста конічна пара», яка є найбільш розповсюдженою, використовують схеми з гідравлічними муфтами, трансформаторами і знижувальною зубчастою передачею (рис. 1.1δ) та прямою передачею крутного моменту від електродвигуна на приводний вал через еластичну муфту (рис. 1.1ε).

Схема на рис. 1.1ж відрізняється можливістю гідравлічного регулювання ширини розвантажувальної щілини без зупинки дробарки. Верхній гідравлічний підвіс дробильного конусу (рис. 1.1з) має певні переваги з точки зору обслуговування і ремонту цієї опори.

Дробарки з вертикальним та вбудованим приводами (схеми на рис. 1.1в і г), а також ексцентрикові конструкції (рис. 1.1и) мають достатньо обмежене застосування.

Як впливає з порівняльного аналізу представлених кінематичних схем, верхнє розташування опори дробильного конусу з використанням гідравлічних конструкцій забезпечує більшу зручність операцій монтажу та обслуговування конусних дробарок крупного дроблення.

Руйнування матеріалу у дробарці будь-якої схеми відбувається у просторі між зовнішнім нерухомим та внутрішнім рухомим дробильним конусами усіченої форми. Наближення дробильного конусу до нерухомого супроводжується роздав-

люванням матеріалу і виходом його через кільцеву розвантажувальну щілину під дією власної ваги. На рис. 1.2 показана конусна дробарка крупного дроблення, виконана за схемою на рис. 1.1а [16].

Конструктивними частинами установки є підстава станини 1, конусна частина станини з футерівкою (нерухомий конус) 2, корпус рухомого дробильного конусу з футерівкою 3, вал дробильного конусу 4, підвішений у ковпаку 8 на підвісі 7. Нижня частина валу встановлена в ексцентриковій втулці 9, яка обертається від конічної передачі 10, 11 та приводного валу 12. Захист траверси 5 від ушкодження під час завантаження робочого простору дробарки гірничою масою здійснюється змінними футерувальними плитами 6 зі сталі 110Г13Л.

Основні технічні характеристики деяких конструкцій конусних дробарок крупного дроблення приведені у табл. 1.3 [16].

Конусні дробарки для середнього та дрібного дроблення можуть бути класифіковані за конструкцією дробильного корпусу, профілю дробильного простору, кінематичній схемі приводу, конструкції амортизаційних опор тощо. На рис. 1.3 показані основні кінематичні схеми конусних дробарок середнього та дрібного дроблення [14].

У дробарках з консольним валом дробильного конусу, пружинною амортизацією та сферичною опорою дробильного конусу (рис. 1.3а) центр сферичної опори співпадає з точкою перетинання осей дробарки та її дробильного конусу.

Дробарка на рис. 1.3б відрізняється від попередньої розташуванням сферичної опори дробильного конусу на площині, завдяки чому її реакція співпадає з віссю дробарки (силами тертя на плоскій опорі можна знехтувати)

Дробарка на схемі рис. 1.3в має вертикальну опору валу дробильного конусу у вигляді сферичного шарніру з малим радіусом і плоскою поверхнею. У шківу приводного валу клинопасової передачі дробарки встановлена обмежувальна муфта для забезпечення деталей установки від динамічного впливу обертових мас при стопорінні рухомого конусу.

У дробарки на рис. 1.3г дробильний конус в осьовому напрямку спирається через рухомий стакан на гідравлічний циліндр регулювання ширини розвантажу-

вальної щілини.

Опори дробильного конусу у дробарці на рис. 1.3д разом з ексцентриком і приводним валом утворюють блок, який спирається на гідравлічний циліндр. Блок призначений для регулювання ширини розвантажувальної щілини та обмеження динамічних навантажень на деталі дробарки.

У дробарках гіросферичного типу (рис. 1.3е) робоча поверхня дробильного конусу має сферичну або дуже близьку до сферичної форму.

Нарешті, у дробарках за схемою на рис. 1.3ж хвостовик дробильного конусу розвинений у циліндричну частину, яка охоплює нерухомий конус установки. Хвостовик входить у внутрішню розточку ексцентрика, встановленого на сферичних підшипниках кочення. У верхній частині зовнішній стакан рухомого конуса підвішений на сферичній опорі.

Найбільше розповсюдження у світовій практиці отримали конусні дробарки середнього та дрібного дроблення, виконані за схемою на рис. 1.3а. Це пояснюється простотою та надійністю вказаної кінематичної схеми.

Основні частини конусних дробарок середнього та дрібного дроблення показані на рис. 1.4 [16]. Це станина 5, опорне кільце 8, регулювальне кільце з футерівкою нерухомого конусу 9, кожух 10, дробильний конус 15, опорна чаша зі сферичним підп'ятником 17, вал-ексцентрик 3, приводний вал 18 та завантажувальний пристрій 12.

Дробильний простір дробарок утворюється внутрішньою поверхнею нерухомого та зовнішньою поверхнею рухомого конусів. Дробарки середнього та дрібного дроблення практично однакові за конструктивним виконанням і відрізняються лише формою камери дроблення. Установки КМД мають менший розмір розвантажувальної щілини та підвищену довжину паралельної зони (рис. 1.5) [16].

Типорозміри конусних дробарок середнього та дрібного дроблення встановлені за діаметром підстави дробильного конусу. Кожен з них може бути виконаний як для грубого (виконання Гр), так і для тонкого (виконання Т) дроблення. Технічні характеристики таких установок приведені відповідно у табл. 1.4 і 1.5 [16].

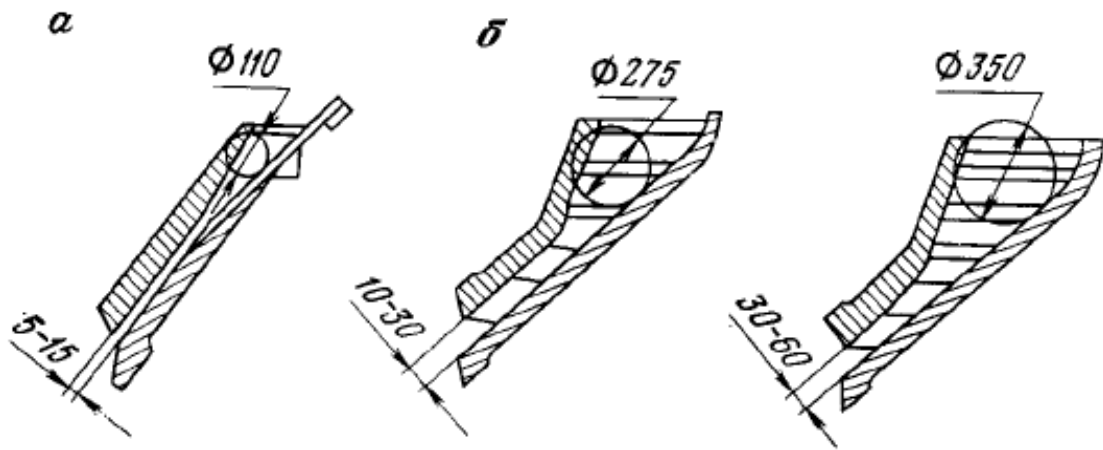


Рисунок 1.5 – Профілі дробильного простору конусних дробарок дрібного (а) та середнього (б) дроблення

Висновки:

- фізико-механічні властивості і гранулометричний склад руди, а також кліматичні умови роботи суттєво впливають на процес експлуатації та терміни служби найбільш відповідальних деталей і вузлів дробильного обладнання, тому система його технічного обслуговування та ремонту повинна враховувати усі ці негативні фактори;

- порівняльний аналіз трьох- і чотирьохстадійної схем дроблення мінеральної сировини на дробильних фабриках гірничо-збагачувальних підприємств показує переваги першої над другою з точки зору надійності. Спрощення технологічної схеми шляхом вилучення однієї з чотирьох стадій забезпечує зменшення кількості її ланок і тим самим зниження ймовірності відмови будь-якої з них;

- аналіз кінематичних схем конусних дробарок різних стадій дроблення свідчить про достатньо широку їх різноманітність та достоїнства найбільш поширених у світовій практиці дроблення мінеральної сировини.

1.4 Мета і задачі дослідження

Мета роботи – аналіз та розробка рекомендацій щодо зниження числа відмов конусних дробарок за рахунок використання раціональних заходів технічного обслуговування і ремонту.

Таблиця 1.5 – Основні технічні характеристики деяких конструкцій конусних дробарок середнього дроблення

Показник	Значення показника		
	КМД-1200Гр КМД-1200Т	КМД-1750Гр КМД-1750Т	КМД-2200Гр КМД-2200Т
Технічна продуктивність при дробленні матеріалу середньої міцності (робота у відкритому циклі), м ³ /г	70-40 (Гр) не менше 24 (Т)	95-130 (Гр) 85-110 (Т)	220-260 (Гр) 160-220 (Т)
Ширина завантажувального отвору, мм	100 (Гр) 50 (Т)	130 (Гр) 80 (Т)	140 (Гр) 100 (Т)
Максимальний розмір шматків у продукті живлення дробарки, мм	80 (Гр) 40 (Т)	100 (Гр) 70 (Т)	110 (Гр) 85 (Т)
Ширина розвантажувальної щілини, мм	5-12 (Гр) 3-12 (Т)	9-20 (Гр) 5-15 (Т)	10-20 (Гр) 5-15 (Т)
Діаметр підстави дробильного конусу, мм	1200	1750	2200
Частота обертання ексцентрика, об/хв.	260	260	242
Потужність електродвигуна, кВт	75	160	250

Виконаний у даному розділі дослідження аналіз технологічних та конструктивних особливостей вітчизняного дробильного обладнання конусного типу дозволив виявити його недоліки і намітити задачі, які необхідно вирішити для досягнення мети роботи:

- вибрати методи теоретичних та експериментальних досліджень;
- проаналізувати експлуатаційну технологічність конусних дробарок;
- дослідити причини відмов деталей та вузлів дробарок конусного типу;
- проаналізувати вплив фізико-механічних властивостей руди на знос дета-

деталей конусних дробарок;

- дослідити процес зносу футерівок під час експлуатації та його вплив на технологічні показники роботи дробильного обладнання;

- обґрунтувати раціональні шляхи конструювання камер дроблення конусних дробарок;

- розробити практичні рекомендації щодо підвищення експлуатаційної надійності конусних дробарок крупного, середнього та дрібного дроблення.

Об'єкт дослідження – технологічний процес руйнування гірничої маси у дробарках конусного типу.

Предмет дослідження – конусні дробарки.

2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

Будь-яке наукове дослідження здійснюється із застосуванням загальноприйнятих методів наукового пізнання, як універсального (аналізу і синтезу, індукції та дедукції, абстрагування і конкретизації, моделювання тощо), так і спеціального призначення. Ці методи можуть використовуватися і на теоретичному, і на експериментальному етапах наукової роботи.

Не є виключенням і дослідження, що проводиться у даній магістерській роботі.

Наприклад, за допомогою аналітичного методу виконано порівняльні аналізи технологічних схем дроблення мінеральної сировини та кінематичних схем конусних дробарок крупного, середнього та дрібного дроблення.

Для встановлення закономірностей зносу футерівок в умовах експлуатації на гірничо-збагачувальних комбінатах Кривого Рогу застосована методика експериментальних замірів поперечних перетинів знятої броні у різних місцях по її довжині.

Для забезпечення високої інтенсивності процесу дроблення матеріалу та рівномірного зносу захисних футерівок запропонована методика вибору раціональних параметрів дробильного простору криволінійного профілю конусних дробарок крупного дроблення.

На основі принципів Е.Б. Саймонса використана методика проектування дробильного простору конусних дробарок середнього та дрібного дроблення, до складу якої входять розрахунок геометричних параметрів дробильного простору та побудова профілю камери дроблення дробарки типу КМД.

Для уточнення характеру руху матеріалу у камері дроблення конусних дробарок дрібного та середнього дроблення використані методи теорії вібраційного переміщення матеріалу по поверхні футерівки рухомого конусу, який здійснює малі періодичні коливання.

З метою суттєвого покращання технологічних та експлуатаційних показників конусних дробарок крупного, середнього та дрібного дроблення в роботі розг-

лянуто шляхи раціонального конструювання камер дроблення розрахунковим і графічним методами.

Для удосконалення процесу експлуатації конусних дробарок в умовах підприємств чорної металургії запропоновано методику визначення раціональних міжремонтних періодів та структури ремонтного циклу конусних дробарок.

Для підтримки працездатності механічного обладнання пропонується ширше запроваджувати контроль технічного стану машин без їх розбирання, що дозволяє здійснювати заміну деталей та вузлів за їх фактичним станом, а також прогнозувати ресурс їх безвідмовної роботи. Для цього потрібно використовувати методи і засоби технічної діагностики. Зокрема, розглянуто віброакустичний метод визначення технічного стану підшипників і зубчастих коліс передач приводів конусних дробарок. Амплітуда віброакустичного сигналу датчика залежить від низки експлуатаційних факторів, що характеризують процеси роботи підшипників та зубчастих коліс. Використання методу множинного кореляційно-регресійного аналізу дозволило отримати відповідні рівняння регресії і на їх основі збудувати номограму для визначення залишкового ресурсу цих деталей.

Нарешті, розглянуто методику визначення норм витрат запасних частин конусних дробарок, в основу якої покладена залежність напрацювання деталей дробарок від міцності та абразивності залізної руди та продуктивності установки.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ КОНУСНИХ ДРОБАРОК

3.1 Аналіз експлуатаційної технологічності конусних дробарок

Одним з основних показників конструктивної досконалості дробильного обладнання є його експлуатаційна технологічність. Під цим терміном розуміють пристосованість конструкцій до попередження, виявлення та усунення відмов та несправностей шляхом технічного обслуговування і ремонту з найменшими витратами праці під час експлуатації обладнання. Фактично це ремонтпридатність технічного об'єкту, тобто показник, який разом з безвідмовністю, довговічністю та збереженістю є однією зі складових частин загального поняття його надійності. Відсутність кількісних значень експлуатаційної технологічності конусних дробарок стає причиною низької пристосованості цих конструкцій до відновлювальних операцій [14,17].

Досвід експлуатації дробарок конусного типу показує, що питомі витрати на їх технічне обслуговування та ремонт складають 30-50% загальних витрат на використання. У таких умовах пристосованість машин до ремонтних заходів набуває дуже важливого значення. В якості кількісних показників експлуатаційної технологічності можуть бути використані такі як середня питома трудомісткість ремонту T_{num} (чол.г/млн. т) та середня питома вартість ремонту C_{num} (грн./млн. т) [14]:

$$T_{num} = \frac{\Sigma(T_{рем} + T_{у.в})}{Q_f}, \quad (3.1)$$

$$C_{num} = \frac{\Sigma(C_{рем} + C_{у.в})}{Q_f}, \quad (3.2)$$

де $\Sigma T_{рем}$, $\Sigma T_{у.в}$ – сумарні трудомісткості відповідно ремонтів та усунення відмов протягом циклу експлуатації, чол.г; $\Sigma C_{рем}$, $\Sigma C_{у.в}$ – сумарні вартості відповідно ремонтів та усунення відмов протягом циклу експлуатації, грн.; Q_f – сумарне напра-

цювання за аналогічний період роботи, тис. т.

Проте, абсолютні значення T_{num} та C_{num} будуть сильно залежати від фізико-механічних властивостей перероблюваної сировини, продуктивності дробарки, прийнятої на підприємстві системи технічного обслуговування і ремонту та інших багатьох факторів. Тому порівнювати різні конструкції дробарок можна лише в однакових умовах експлуатації. Наприклад, у табл. 3.1 приведені результати розрахунку T_{num} для умов Інгулецького ГЗК [14].

Таблиця 3.1 – Результати розрахунку T_{num} для умов Інгулецького ГЗК

Тип дробарки	Вид ремонту	Кількість ремонтів за цикл	Трудовістість одного ремонту, чол·г	Загальна трудовістість, чол·г	Питома трудовістість T_{num} , чол·г/млн. т
ККД-1500/180	T_1	18	214,4	3850,0	970
	T_2	9	317,6	2840,0	
	T_3	6	214,4	1280,0	
	T_4	3	321,7	980,0	
	T_5	2	389,2	775,0	
	T_6	1	418,7	418,7	
КРД-900/100	T_1	26	109,1	2840,0	515
	T_2	9	311,0	2620,0	
КСД-2200	T_1	72	55,5	4000,0	500
	T_2	7	161,5	1130,0	
КМД-2200	T_1	120	53,0	6350,0	900
	T_2	20	62,0	1240,0	
	T_3	10	111,5	1115,0	
	T_4	7	167,5	1160,0	

Приведені у табл. 3.1 дані свідчать, що за питоною трудовістістю ремонту дробарки середнього та дрібного дроблення знаходяться на приблизно однаковому рівні з дробарками крупного дроблення. Однак питома вартість їх ремонтів удвічі більша [14].

На рис. 3.1 показані залежності трудовістісті ρ (чол·г) виконання ремонтів від продуктивності V (т/г) та маси m (т) найбільш розповсюджених конструкцій

конусних дробарок, які можуть бути виражені за допомогою наступних формул [14]:

$$\rho = 22,7V^{0,5}, \quad (3.3)$$

$$\rho = 13,8m^{0,7}. \quad (3.4)$$

Приведені криві показують, що в міру підвищення продуктивності та маси дробарок процес зростання трудомісткості ремонтів спочатку носить більш інтенсивний характер (причому для дробарок середнього та дрібного дроблення інтенсивність значніша у порівнянні з установками крупного дроблення, що можна пояснити досконалішою конструкцією та кращою ремонтпридатністю останніх), а потім він уповільнюється.

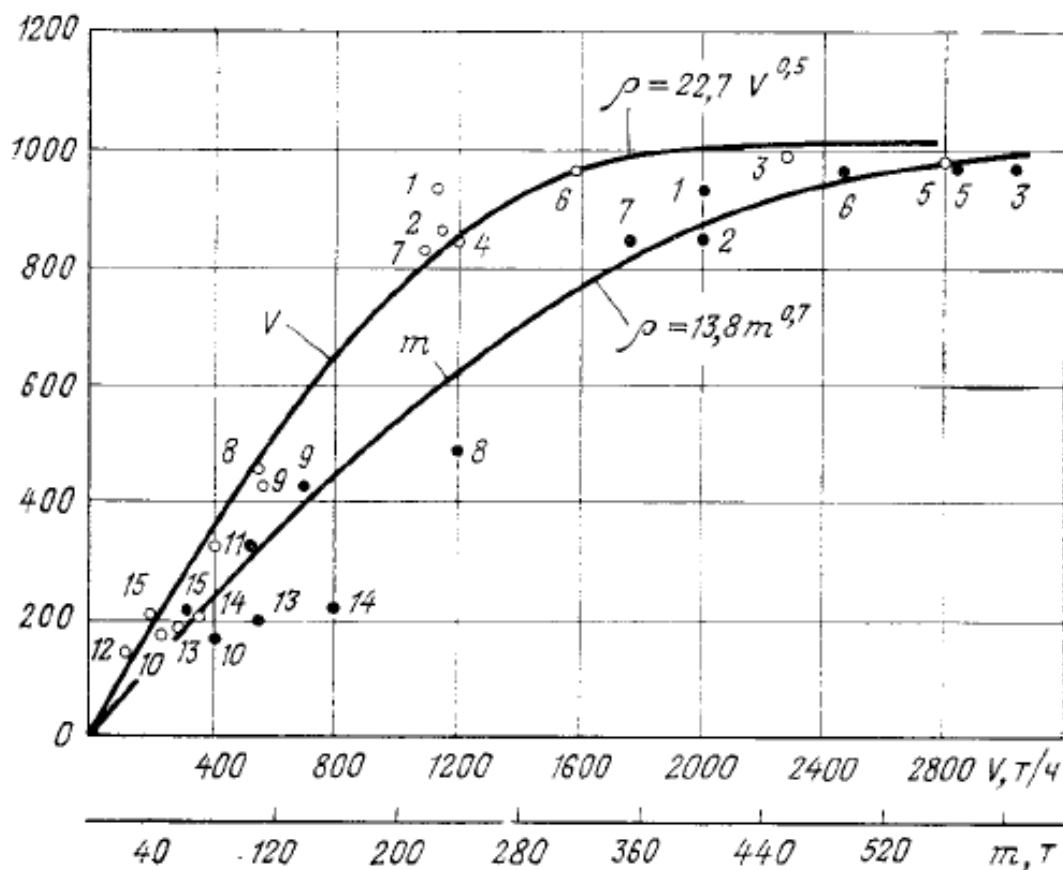


Рисунок 3.1 – Залежності трудомісткості ρ виконання ремонтів від продуктивності V та маси m :

- 1 – ККД-1500/180; 2 – ККД-1500/180ГРЦ; 3 – ККД-1500/300;
 4 – 60-89 «Аліс-Чалмерс» (США); 5 – 60-109 «Аліс-Чалмерс» (США);
 6 – «Гірлес» 1525/228; 7 – 1550 «Бабітлес»; 8 – КРД- 900/100; 9 – «Трейлор» 900 (США); 10 – КСД-2200; 11 – «Нордберг» 2135С (США); 12 – КМД-2200;
 13 – КМД-2200СТ; 14 – КМД-3000Т; 15 – «Нордберг» 2135м (США)

3.2 Дослідження причин відмов деталей та вузлів конусних дробарок

Як добре відомо з теорії надійності, відмова – це подія, що полягає у повній чи частковій втраті працездатності технічним об'єктом (виробом) [17].

Відмови конусних дробарок можуть виникнути:

- через вихід з ладу окремих деталей або вузлів конструкції внаслідок порушень правил технічної експлуатації, зносу або низької якості виготовлення цих виробів;

- внаслідок порушення технологічних режимів роботи, зокрема через подачу у дробарки шматків руди надмірних розмірів або вміст у ній глинистих включень чи води. Такі причини призводять до заклинення та підпресування дробарки, втрати продуктивності або навіть зупинки установки.

Простої дробарок через відмови конструктивних елементів машин можуть досягати 20-60% усього календарного часу їх експлуатації [14].

Вихід з ладу деталей дробарок конусного типу відбувається в результаті в'язкого, крихкого та втомного руйнування, а також зносу. Що стосується останнього, то його переважними видами є механічний та абразивний.

Зносу у першу чергу піддаються деталі, які знаходяться у безпосередньому контакті з матеріалом у процесі його руйнування. Швидкість процесу зносу при цьому залежить як від фізико-механічних властивостей матеріалу (міцності, абразивності, піддатливості дробленню, крупності, вологості), так і від продуктивності установки. До таких деталей відносяться футерівки траверси, конусу, чаші, станини та регулювального кільця, а також захисний ковпак дробарок крупного дроблення та розподільні тарілки дробарок середнього та дрібного дроблення.

Зношуються також деталі тертьових пар конструкції; елементи, в яких поступово накопичуються втомні явища; деталі, що підпадають під вплив перерозподілення внутрішніх напружень; деталі, що сприймають динамічні навантаження через постійне змінення опору руху дробильного конусу. До таких елементів слід віднести самі дробильні конуси, ексцентрики, приводні вали, амортизаційні пристрої, регулювальні кільця та сферичні підп'ятники дробарок середнього та дріб-

ного дроблення, зубчасті передачі, плоскі підп'ятники, електричний привод.

За характером виникнення відмов їх можна розділити на поступові та раптові. Перші виникають саме з причини зносу конструктивного елементу і залежать від терміну експлуатації дробарки. Другі є наслідком різкого змінення концентрацій напружень в окремих елементах машини і характерні здебільшого початковому періоду експлуатації – періоду припрацювання [17]. З огляду на це, у період сталого режиму експлуатації частка раптових відмов набагато менша у порівнянні з поступовими. У табл. 3.2 для ілюстрації такого положення приведені кількості відмов конусних дробарок на ГЗК Кривбасу протягом трьох років експлуатації [14].

Таблиця 3.2 – Співвідношення раптових та поступових відмов конусних дробарок на ГЗК Кривбасу

Тип дробарки	Загальна кількість відмов протягом трьох років експлуатації	У тому числі		
		поступових	раптових	% раптових у загальній кількості відмов
ККД-1500/180	1033	1004	29	2,8
КРД-900/100	1664	1620	44	2,6
КСД-2200	4612	4451	161	3,5
КМД-2200	5988	5784	204	3,4

Таким чином, величина напрацювання вузлів конусних дробарок визначається безвідмовністю найбільш відповідальних з них.

У дробарках крупного дроблення ККД-1500/180 та КРД-900/100 це:

- нижня частина – футерівки нижньої частини, ребра і приводу, патрубк, опорних кілець ексцентрика;
- середня частина – футерівка чаші;
- траверса – футерівка траверси, деталі верхнього підвісу, захисний ковпак;

- ексцентрик – корпус, зубчасте колесо;
- дробильний конус – футерівка, кільця ущільнення, деталі кріплення футерівки, опорні втулки хвостовика конусу (дробарки ГРЦ);
- приводний вал – вкладиші, приводна шестірня, з'єднувальні муфти, шківи, текстурні паси;
- гідравлічна опора – товкач, гідроциліндр, опорні шайби.

У дробарках середнього та дрібного дроблення КСД-2200 і КМД-2200 це:

- нижня частина – циліндрична втулка, футерівка ребра і приводу, плоскі підп'ятники;
- приводний вал – втулки, конічна шестірня, з'єднувальна муфта;
- ексцентрик – конічна втулка, зубчасте колесо;
- опорна чаша – сферичний підп'ятник;
- дробильний конус – футерівка, розподільна тарілка;
- регулювальне кільце – футерівка.

Важливою інформацією для визначення величин напрацювання конструктивних елементів конусних дробарок є граничні стани цих елементів та можливі наслідки після їх досягнення. Такі дані приведені у табл. 3.3 [14].

3.3 Аналіз впливу фізико-механічних властивостей руди на знос деталей конусних дробарок

3.3.1 Дослідження зносу футерівок в процесі експлуатації

Для обґрунтування оптимальних міжремонтних періодів конусних дробарок необхідно з'ясувати закономірності зносу їх деталей та вузлів до досягнення ними граничних станів. В якості прикладу розглянемо процес зносу футерівок робочих органів конусних дробарок різних стадій дроблення.

Як вже було зауважено вище в п. 3.2, швидкість протікання цього процесу залежить від його інтенсивності (продуктивності дробильного обладнання) та фізико-механічних властивостей перероблюваного матеріалу.

На рис. 3.2 показаний знос футерівок робочого простору конусної дробарки

КРД-900/100 та дробарок середнього і дрібного дроблення в умовах Новокриворізького ГЗК [16].

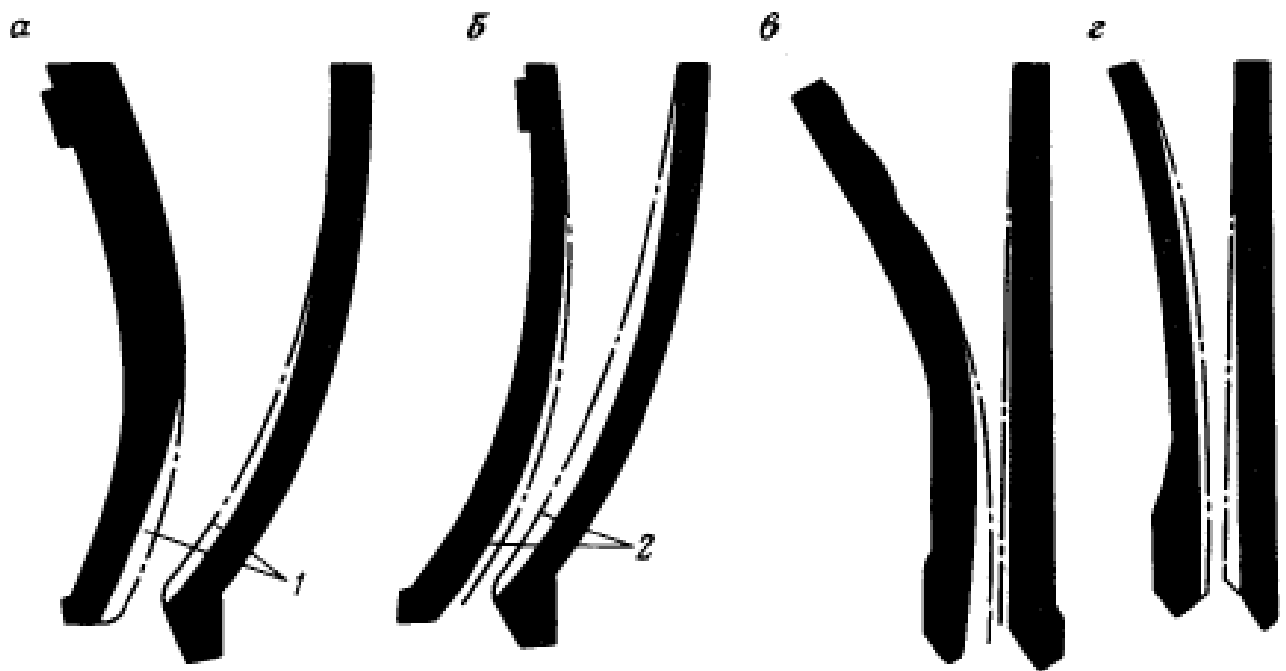


Рисунок 3.2 – Знос футерівок робочого простору конусних дробарок:
а – КРД-900/100 звичайної конструкції; б – КРД-900/100
удосконаленої конструкції; в – КСД-2200; г – КМД-2200

Для встановлення закономірностей зносу футерівок на Центральному та Новокриворізькому гірничо-збагачувальних комбінатах Кривого Рогу була застосована методика експериментальних замірів поперечних перетинів знятої броні у різних місцях по її довжині. На рис. 3.3 показані отримані профілі зносу футерівок дробарок середнього та дрібного дроблення (КСД-2200 та КМД-2200), а у табл. 3.4 – значення цих зносів у відповідних перетинах [14,16].

Отримані за цією методикою дані свідчать, що найбільш інтенсивному зносу піддаються нижні зони футерувального простору дробарок крупного дроблення. Для установок середнього та дрібного дроблення така картина спостерігається дещо вище нижньої підстави. Такі результати підтверджуються даними про напруження футерівок конусних дробарок (табл. 3.5) [16].

Графіки залежності зносу S по довжині L утворюючої футерівок, приведені на рис. 3.4, показують, що дробарки з типовими робочими просторами, у різних

Таблиця 3.5 – Напрацювання футерівок конусних дробарок

Дробарка, футерівка вузла або деталі	Маса, кг	Напрацювання футерівок при 95 та 90% γ-ресурсі, тис. т		
		Інгулецький ГЗК	Новокриворізький ГЗК	Центральний ГЗК
<u>ККД-1500/180:</u>				
- ковпак	6400	2150	4560	5300
- футерівка конусу:				
верхня	2540	1590	1850	4300
нижня і середня	5725	1220	1240	3070
- футерівка траверси:				
верхня	1650	12800	12150	13100
середня	1650	9760	10750	12150
- футерівка чаші:				
I-II поясів	205	1270	1360	7270
III-IV поясів	300	5600	7950	6750
<u>КРД-900/100:</u>				
- футерівка конусу:				
верхня	4800	460	600	860
нижня	2250	1670	1860	2600
- футерівка траверси	2500	750	630	900
- футерівка чаші:				
I поясу	800	1310	1520	1840
II поясу	1100	2770	3010	2600
<u>КСД-2200:</u>				
- футерівка конусу:				
нижня	2900	150	260	450
верхня	260	150	260	450
- плита розподільна	350	180	330	510
- футерівка чаші	3280	150	210	450
<u>КМД-2200:</u>				
- футерівка конусу	2860	90	120	280
- футерівка чаші	2960	90	110	160

умовах роботи (переробка матеріалів з різними фізико-механічними властивостями) мають ідентичний якісний характер зносу [16].

У табл. 3.6 приведені середньорічні та питомі показники витрат футерувальних сталей на ГЗК Кривбасу [16].

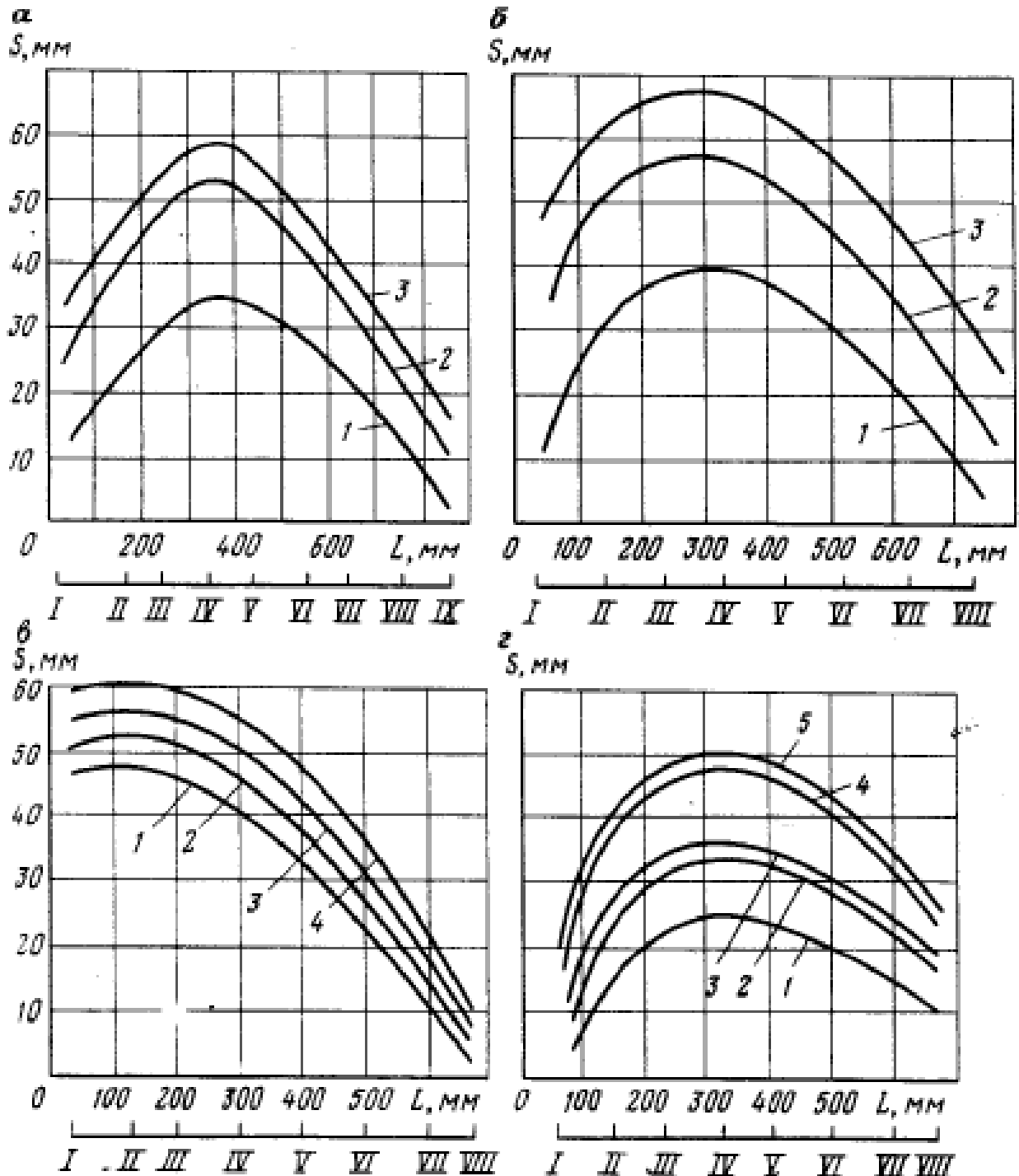


Рисунок 3.4 – Залежності зносу S по довжині L утворюючої футерівки:
а, б – відповідно нерухомої чаші та рухомого конусу дробарки КСД-2200;
в, г – те саме, КМД-2200; **I-IX** – перетини по футерівці знизу нагору;
2 – Новокриворізький ГЗК; **4** – Центральний ГЗК

Таблиця 3.6 – Середньорічні та питомі показники витрат футерувальних сталей на ГЗК Кривбасу

Комбінат	Кількість переробленої руди, тис. т	Кількість витраченої футерувальної сталі, т	Коефіцієнт міцності руди за шкалою проф. М.М. Протод'яконова	Питомі витрати сталі	
				на 1 т переробленого продукту, г/т	на 1 кВт·г електроенергії
ПівніГЗК	248195,0	7073,6	12-14	28,5	34,6
ЦГЗК	293160,0	13426,7	14-17	45,8	47,1
НКГЗК	136389,6	14342,9	16-18	86,2	73,1
ПівдГЗК	428729,6	37386,4	16-20	87,0	70,0
ІнГЗК	74960,0	6798,8	18-20	90,7	73,0

3.3.2 Вплив зносу футерівок конусних дробарок на технологічні показники їх роботи

Номінальна ширина розвантажувальної щілини дробарок ККД-1500/180 і ККД-1500/300 складає відповідно 180 і 300 мм. Якщо футерівки нижнього поясу цих дробарок зносяться до граничного стану (на 40 і 60 мм відповідно), то максимальна величина шматків у продуктах дроблення дорівнюватиме 350-400 мм для ККД-1500/180 і 500-550 мм – для ККД-1500/300.

В разі використання трьохстадійної схеми дроблення такі шматки будуть порушувати технологічний процес, адже дробарки середнього дроблення здатні приймати матеріал крупністю не більше 350 мм (наприклад, дробарка типу КСД-2200Гр).

При чотирьохстадійній схемі дроблення це не призведе до суттєвого змінення технологічних показників: дробарки КРД другої стадії крупного дроблення можуть приймати шматки крупністю до 750 мм.

Найбільший і безпосередній вплив на технологічні показники процесу дроблення має знос футерівок дробильного обладнання останньої стадії дроблення. Зростання ширини розвантажувальної щілини внаслідок зносу футерівок знижує

ступінь дроблення матеріалу та кількість дрібних фракцій у готовому продукті. За даними дроблення руд різної міцності дробарками КМД ступінь дроблення матеріалу при зносі футерівок зменшується на 7-27% [16].

З огляду на це, для отримання мінімальної крупності дробленої руди та збільшення вмісту в ній дрібних класів крупності конусні дробарки повинні працювати при мінімально допустимих розмірах ширини розвантажувальної щілини. При цьому у міру змінення профілю зони дроблення через нерівномірний знос поверхонь по периметру і висоті потрібно здійснювати заміну футерівки.

3.4 Дослідження раціональних шляхів конструювання камер дроблення конусних дробарок

Окрім фізико-механічних властивостей та гранулометричного складу перероблюваного матеріалу на ефективність процесу його дроблення та термін служби футерівок (навіть при однаковій їх зносостійкості) значний вплив має геометрія дробильного простору дробарки, у тому числі конусної. Для найкращого узгодження роботи усього технологічного ланцюга підготовки мінеральної сировини до збагачення геометричні параметри дробильної камери кожної установки повинні бути обґрунтовані з урахуванням робочих показників попередніх та наступних машин у цьому ланцюзі.

3.4.1 Профілювання дробильного простору конусних дробарок крупного дроблення

В конусних дробарках крупного дроблення використовується два основних варіанти профілів дробильних камер:

- прямолінійний з постійним по висоті кутом захвату шматків матеріалу;
- криволінійний зі змінним по висоті кутом захвату.

Практичний досвід експлуатації дробарок свідчить про переваги установок з криволінійним профілем, які мають порівняно більшу пропускну здатність нижньої зони дробильного простору, що суттєво убезпечує її від забивання подрібненим

матеріалом. Зона найменшої пропускної здатності в них зміщена вгору, в область великих об'ємів, подалі від розвантажувального отвору [16].

Для забезпечення високої інтенсивності процесу дроблення матеріалу та рівномірного зносу захисних футерівок свого часу була запропонована методика вибору раціональних параметрів дробильного простору криволінійного профілю конусних дробарок крупного дроблення [10,16].

Згідно з нею, розмір прийомного отвору дробарок B усіх стадій дроблення визначається за допомогою наступної формули:

$$B = \frac{S_{max}K_y}{K_n} + a, \text{ мм}, \quad (3.5)$$

де S_{max} – максимальний розмір розвантажувальної щілини попередньої стадії дроблення, мм; K_y – коефіцієнт укрупнення матеріалу (для конусних дробарок крупного дроблення – $K_y = 1,7-1,9$; середнього дроблення – $K_y = 2,7-2,9$; дрібного дроблення – $K_y = 4,6-5,0$); $K_n = 0,80-0,85$ – коефіцієнт надійності захвату шматка; a – зменшення прийомного отвору за рахунок більш інтенсивного зносу по товщині у розвантажувальній частині (для зношеного комплексу футерівок дробарок крупного дроблення значення a невелике – 5-8 мм – під час розрахунків ним можна знехтувати; для дробарок середнього та дрібного дроблення – $a = 20-30$ мм).

Розмір прийомного отвору першої у ланцюгу дроблення дробарки визначається також з відношення розміру максимального шматка D_{max} у продукті живлення до коефіцієнта надійності захвату шматка K_n :

$$B = \frac{D_{max}}{K_n}. \quad (3.6)$$

Розміри розвантажувальних щілин B_p дробарок по стадіях дроблення:

$$B_p = Q - \frac{Q'}{qTK_p n}, \text{ мм}, \quad (3.7)$$

де Q – планова переробка руди по стадії дроблення, т; Q' – кількість підрешітно-

го продукту перед дробленням по стадіях, т; q – питома продуктивність дробарки, т/г на 1 мм щілини; T – тривалість роботи, г; K_p – коефіцієнт руху дробарки; n – число одночасно працюючих дробарок.

Товщина футерувальних плит конусів по висоті:

$$h_1 = H_p K_x, \text{ мм}, \quad (3.8)$$

де h_1 – товщина плити у перетині розрахункової зони дроблення, мм; H_p – товщина плити у розвантажувальній частині (для виконання у вигляді відливки зі сталі 110Г13Л – $H_p = 60-100$ мм); K_x – коефіцієнт ходу конусу, що дорівнює відношенню ходу конусу у розрахунковій зоні до найбільшого ходу конусу у розвантажувальній частині.

На рис. 3.5 для порівняння показані профілі футерівок з проектним прямолінійним виконанням (а) та побудованим згідно з викладеною методикою (б) [16].

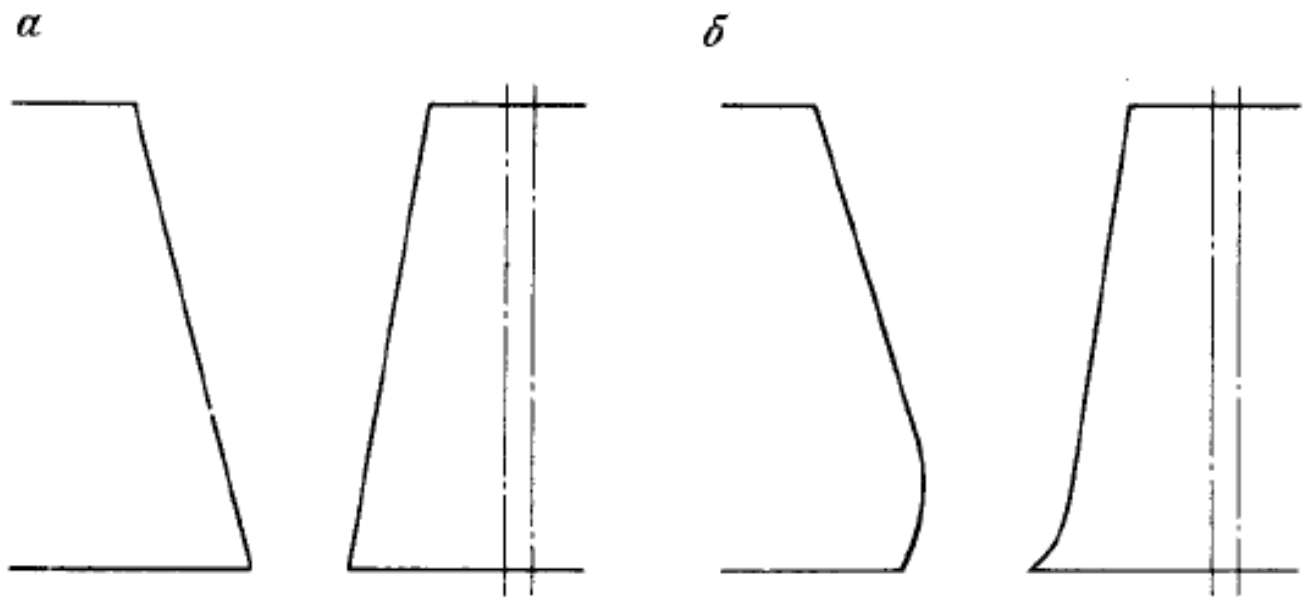


Рисунок 3.5 – Проектний прямолінійний (а) та пропонуванний криволінійний (б) профілі футерівок

Удосконалений профіль забезпечує інтенсивне дроблення матеріалу по усьому просторі, що підтверджується рівномірним зносом футерівок конусів. Шматки матеріалу мають кращий контакт з робочими поверхнями камери дроблення,

об'єм дробильного простору використовується раціональніше, об'єми зон дроблення відповідають кількості перероблюваного матеріалу, завдяки чому підвищується продуктивність дробарки та довговічність футерівок [16].

Для ефективного використання дробильного простору дуже важливо забезпечити рівномірне завантаження дробарки матеріалом по усьому периметру цього простору. У протилежному випадку матеріал буде дробитися лише з одного боку дробарки (у місці розташування крупних шматків), що призведе до зниження продуктивності установки та нерівномірного зносу броні.

3.4.2 Профілювання дробильного простору конусних дробарок середнього та дрібного дроблення

Свого часу Е.Б. Саймонсом (фірма «Саймонс») були сформульовані принципи проектування дробильного простору конусних дробарок дрібного дроблення, які засновані на правильному аналізі характеру руху матеріалу і пропускної здатності різних поперечних перетинів камер дроблення. В основному вони зводяться до наступного [16]:

- протягом одиниці часу у дробильний простір недоцільно завантажувати матеріалу більше, ніж він може прийняти та зруйнувати за цей термін;
- матеріал у дробильному просторі нижче його прийомної зони повинен розташовуватися із зазорами між окремими шматками;
- шматки матеріалу, що потрапили у зону дроблення під час будь-якого циклу прийому, не повинні спиратися на шматки, які опинилися там циклом раніше;
- у дробильному просторі має бути зона дроблення та зона калібрування дробленого продукту.

Перший принцип Е.Б. Саймонса є, по суті, умовою недопущення перевантаження дробарки живленням і забезпечує її захист від такої неправильної експлуатації. Взагалі, отримати однорідний дроблений продукт можна лише тоді, коли в дробарку буде подаватися однаковий за кількістю та однорідний за гранулометричним складом потік матеріалу, рівномірний по усій довжині робочої зони установки. Ця умова достатньо легко виконується у щокочових та валкових дробарках.

Вони мають прямолінійну розвантажувальну щілину, тому використання звичайних живильників з плоским робочим органом забезпечує просте рішення задачі рівномірного живлення. В конусних дробарках робоча зона має вигляд кільцевої щілини, в умовах якої виконати цю вимогу набагато складніше. Розподільні тарілки та інші завантажувальні пристрої, що використовуються для цього, лише частково вирішують проблему, а недостатньо рівномірне живлення по довжині робочої зони дробарки негативно позначається на якості дробленого продукту та терміні служби футерівок дробарок [12].

На основі принципів Е.Б. Саймонса була запропонована методика проектування дробильного простору конусних дробарок середнього та дрібного дроблення [18]. Згідно з нею, головними розрахунковими параметрами дробильного простору прийняті: n – частота обертання ексцентрикового стакану або число хитань рухомого конусу, об/хв.; R_n – радіус підстави рухомого конусу, м; α – кут прецесії, град.; E – місце розташування точки хитання рухомого конусу та розміри камери дроблення.

Для конкретних типів дробарок використовують додаткові параметри дробильного простору: τ'_n – кут нахилу утворюючої рухомого конусу у положенні найбільшого зближення конусів (для КМД $\tau'_n = 45-50^\circ$), град.; β – кут збігання утворюючих конусів, град.

Для характеристики технологічних параметрів дробарки приймаються наступні основні вихідні величини: V – продуктивність дробарки, $\text{м}^3/\text{г}$; $d_{\max}$ – розмір максимально допустимого шматка живлення, мм; b – мінімальний розмір розвантажувальної щілини, мм; $d_{\text{нт}}$ – розмір недробимого тіла, мм.

Число хитань рухомого конусу визначається з урахуванням абсолютної руйнівної деформації дробленого матеріалу ε_p (мм), яка знаходиться експериментальним шляхом при дробленні зразків руди неправильної форми на пресі.

Шматок руди на початку розкриття щілини з положення максимального наближення конусів рухається у камері дроблення зі стану спокою аж до положення при дробленні, яке досягається через половину оберту ексцентрикового валу, тобто у момент повного розкриття щілини. Надійне заклинення і подальше руйну-

вання шматка у даній горизонтальній площині камери дроблення може бути забезпечено ходом рухомого конусу, який перевищує величину руйнівної деформації цього шматка. Величина ж вертикального зміщення шматка у камері дроблення становитиме (рис. 3.6) [16]:

$$\Delta l = \frac{k \varepsilon_p}{2 \tan \frac{\beta}{2}}, \text{ мм}, \quad (3.9)$$

де k – коефіцієнт, що враховує максимальне відхилення значень абсолютної руйнівної деформації від середньостатистичного (коефіцієнт k визначається експериментальним шляхом, залежить від розмірів шматка, типу руди і може дорівнювати 1,3-2,5).

Кут збігання утворюючих рухомого та нерухомого конусів, необхідний для надійного захвату шматка, може бути знайдений з наступного виразу:

$$\beta \ll 2 \arctan f, \text{ град.}, \quad (3.10)$$

де $f = 0,35-0,4$ – коефіцієнт тертя руди відносно металу.

Для конусних дробарок середнього та дрібного дроблення можна вважати, що шматок сковзає поверхню рухомого конусу і за половину оберту ексцентрикового стакану проходить наступний шлях:

$$l_{ш} = \frac{g t_1^2}{1} (\sin \tau'_n - f \cos \tau'_n), \text{ см}, \quad (3.11)$$

де g – прискорення вільного падіння, см/с²; $t_1 = \frac{30}{n}$ – час півоберту ексцентрика, с.

З останніх двох рівнянь матимемо величину частоти обертання ексцентрикового стакану або число хитань рухомого конусу:

$$n = 30 \sqrt{\frac{gf}{k \varepsilon_p} (\sin \tau'_n - f \cos \tau'_n)}, \text{ об/хв.} \quad (3.12)$$

Якщо під час розкриття щілини шматок вільно падає у дробильний простір,

то вирази (3.11) і (3.12) спрощуються.

Визначення геометричних розмірів дробильного простору конусних дробарок починається зі знаходження діаметру нерухомого конусу в найбільш вузькому перетині початкового профілю за заданою пропускною здатністю цього перетину. При цьому рух руди у дробильному просторі дробарки представляється як рух суцільної рухомої маси у режимі, подібному гідравлічному витіканню.

Живий перетин дробильного простору F (м²), що забезпечує безперешкодне пропускання шару руди:

$$F = \frac{1670nV}{\lambda gT}, \quad (3.13)$$

де $\lambda = 0,6-0,9$ – коефіцієнт витікання руди, що залежить від рухомості, вологості, типу та гранулометричного складу руди (визначається дослідним шляхом); T – безрозмірний коефіцієнт.

Для прямолінійної утворюючої рухомого конусу дробарки маємо:

$$T = (360 - \psi) \sin \tau'_n - f(\varphi - \psi) \cos \tau'_n, \quad (3.14)$$

де ψ – кут між площиною ексцентриситету і площиною утворюючої рухомого конусу, уздовж якої розглядається рух руди; φ – кут між площиною ексцентриситету та площиною осі дробарки і точки початкового контакту шматка руди з рухомим конусом.

Пропускна здатність перетину дробильного простору визначатиметься площею бічної поверхні усіченого конусу, утворююча якого відповідає найменшому розміру розвантажувальної щілини у цьому перетині (рис. 3.7) [16]:

$$F_i = \pi b_i \left[2r_{hi} - b_i \sin \left(\tau'_n + \frac{\beta}{2} \right) \right], \quad (3.15)$$

де b_i – відстань між дробильними конусами, що виключає підпресовування матеріалу; r_{hi} – відстань від осі дробарки до точки, що знаходиться на утворюючій нерухомого конусу у розглянутому перетині.

Оскільки найбільша продуктивність дробарки досягається до початку під-

пресовування, то шляхом сумісного вирішення рівнянь (3.13) і (3.14) відносно радіуса нерухомого конусу r_{hi} можна отримати:

$$r_{hi} = \frac{1}{2} \left[\frac{1670nV}{\pi \lambda g b_i T} + b_i \sin \left(\tau'_n + \frac{\beta}{2} \right) \right]. \quad (3.16)$$

Внаслідок нахилу профілю дробильного простору радіус рухомого конусу у цьому перетині буде зміщений донизу на величину:

$$\Delta h = b_i \cos \left(\tau'_n + \frac{\beta}{2} \right). \quad (3.17)$$

Радіус рухомого конусу у розглянутому перетині дробильного простору:

$$r'_{hi} = r_{hi} - b_i \sin \left(\tau'_n + \frac{\beta}{2} \right). \quad (3.18)$$

Отже, формули (3.16)-(3.18) дають можливість визначити геометричні параметри найбільш вузького перетину дробильного простору дробарки. Кожен профіль дробильного простору має відмінності у конструктивному виконанні і здійснюється для конкретного типу установки (у даному випадку для дробарки типу КМД).

Паралельно з розрахунками виконуються графічні побудовання (див. рис. 3.7). Від вертикальної лінії – осі дробарки – під прямим кутом до неї відкладають радіус нерухомого конусу r_{hi} , знайдений за формулою (3.16). Далі відкладають радіус рухомого конусу r'_{hi} за формулою (3.18), зміщуючи його по вертикалі на величину Δh , розраховану за формулою (3.17). Таким чином отримують точки A , B і B' , причому відрізок AB дорівнюватиме ширині розвантажувальної щілини b .

Потім через точку A під прийнятим раніше кутом нахилу утворюючої відносно горизонту τ'_n проводять пряму, що належить рухомому конусу. Паралельно ній з точки B вниз проводять другу пряму, що є утворюючою нерухомого конусу. Зона дробильного простору розташовуватиметься нижче прямої AB . Вона фактично є зоною калібрування, довжина якої ($l_{3к}$) для розглянутого профілю дорівнює

відстані шляху шматка за два оберти ексцентрикового стакану (два умовних стискання шматка), тобто:

$$l_{зк} = K_n l_k, \text{ мм}, \quad (3.19)$$

де K_n – число умовних стискань шматка (для дробарок КМД $K_n = 2$); l_k – шлях шматка за один оберт ексцентрикового стакану (мм), що розраховується за допомогою наступної формули:

$$l_k = \frac{\lambda g}{72n^2} [(360 - \psi)^2 \sin \tau'_n - f(\varphi - \psi)^2 \cos \tau'_n]. \quad (3.20)$$

Висота зони калібрування:

$$h_{зк} = K_n l_k \sin \tau'_n. \quad (3.21)$$

Радіус нерухомої броні по нижньому торцю камери дроблення:

$$R_n = r_{hi} + K_n l_k \cos \tau'_n. \quad (3.22)$$

Розрахунок прийомної зони дробильного простору дробарки здійснюють з урахуванням кута сходження утворюючих β . При цьому від точки B догори проводять утворюючу нерухомого конусу під кутом до утворюючої рухомого конусу.

Висота прийомної зони дробильного простору з умови надійного захвату найбільшого шматка живлення становитиме:

$$h_{zn} = \frac{1}{2} (d_{max} - b) \sin \left(\tau'_n + \frac{\beta}{2} \right) \cot \frac{\beta}{2}. \quad (3.23)$$

Радіус нерухомого конусу по верхньому торцю камери дроблення:

$$r_{нв} = r_{hi} - h_{zn} \cot(\tau'_n + \beta). \quad (3.24)$$

Розглянутий профіль дробильного простору складається з двох зон, що й утворюють загальну висоту дробильного простору:

$$H = h_{zn} + h_{зк}. \quad (3.25)$$

Важливим параметром конусних дробарок є кут прецесії (кут нахилу осі дробильного конусу відносно осі дробарки). Його величина залежить передусім від необхідності створення такого переміщення рухомого конусу, при якому буде з достатньою гарантією руйнуватися найбільший шматок живлення, що потрапляє у машину. Разом із тим, має забезпечуватися й умова пропускання недробимих тіл. Тому хід рухомого конусу у перетині, де відбувається заклинення максимального за розмірами шматка, повинен перевищувати величину його руйнівної деформації.

Відстань від верхнього торцю дробильного простору до місця розташування шматка в момент його заклинення між конусами та подальшого руйнування визначається за допомогою наступної формули:

$$h' = \frac{1}{2} d_{max} \cos \left(\tau'_n + \frac{\beta}{2} \right) + l_k \sin \left(\tau'_n + \frac{\beta}{2} \right). \quad (3.26)$$

Переміщення рухомого конусу у точці, що розташовується на відстані h' від верхнього торця камери дроблення, має перевищувати необхідну руйнівну деформацію для цього шматка. Тому величина ексцентриситету у цьому перетині повинна дорівнювати:

$$l_{max} = \frac{1}{2} k \varepsilon_p \left(\tau'_n + \frac{\beta}{2} \right). \quad (3.27)$$

Для визначення кута прецесії та координат точки хитання рухомого конусу для випадку пропускання недробимого тіла потрібно знайти переміщення (ексцентриситет) рухомого конусу у найвужчому місці камери дроблення з боку розкритої щілини (для дробарки типу КМД це початок зони калібрування). Для цього необхідно, щоби під час розкриття щілини розмір недробимого тіла не перевищував розмір щілини на відкритому боці. Лише у такому випадку недробиме тіло зможе переміщатися у бік розвантаження у процесі кожного наступного оберту ексцентрика.

Кут прецесії α можна визначити з трикутника ABC , показаного вище на рис. 3.6:

$$\alpha = \arctan \left[\frac{(k_{\text{HT}} d_{\text{HT}} - b) \cos \tau'_n}{2r_{\text{HT}} - (k_{\text{HT}} d_{\text{HT}} + b) \sin \tau'_n} \right], \quad (3.28)$$

де d_{HT} – розмір недробимого тіла, мм; $k_{\text{HT}} = 1,5-2$ – коефіцієнт що враховує гарантоване перевищення щілини з відкритого боку камери дроблення у площині ексцентриситету розмір недробимого тіла.

Діаметр рухомого конусу на початку зони калібрування визначають за допомогою наступної формули:

$$r_{\text{П}} = \frac{1}{2 \cos \alpha} [2r_{\text{ні}} - (k_{\text{HT}} d_{\text{HT}} + b) \sin \tau'_n]. \quad (3.29)$$

Шляхом проведення із середини відрізка AC перпендикуляра, який представляє собою вісь рухомого конусу, можна отримати точку перетинання цієї осі з віссю дробарки (точку хитання рухомого конусу O).

Відстань від верхньої кромки нерухомого конусу до точки хитання рухомого може бути знайдена з виразу:

$$h_{\text{yc}} = \frac{r'_{\text{ні}} - r_n}{\sin \alpha} - r_n \sin \alpha - h_{\text{zn}} - \Delta h. \quad (3.30)$$

Кут нахилу утворюючої рухомого конусу до його підстави:

$$\tau_n = \tau'_n + \alpha. \quad (3.31)$$

Радіус підстави рухомого конусу:

$$R_{\text{П}} = r_{\text{П}} + k_{\text{H}} l_{\text{K}} \cos \tau_{\text{П}}. \quad (3.32)$$

Якщо в результаті перевірки з'ясується, що ексцентриситет на рівні дроблення найбільшого шматка d_{max} недостатній для його руйнування, то розрахунок щодо визначення куту прецесії та координат точки хитання потрібно вести у наступному порядку:

- провести пряму A_1E_1 перпендикулярно до бісектриси кута сходження утворюючих конусів у прийомній зоні через умовний центр шматка, розташованого на закритому боці камери дроблення, аж до перетинання з віссю дробарки;

- з точки E провести симетричну пряму D_1E до перетинання з утворюючою нерухомого конусу на відкритому боці камери дроблення. Точки D_1 і C_1 перетинання вказаних допоміжних прямих з утворюючими конусів є точками передачі навантаження на шматок;

- далі потрібно на відкритому боці камери дроблення відкласти від утворюючої нерухомого конусу (від точки D_1) уздовж допоміжної лінії розмір максимального шматка живлення d_{max} і в результаті отримати точку C_1 – точку контакту шматка і рухомого конусу у даному перетині. Відрізок A_1C_1 буде діаметром рухомого конусу;

- нарешті, слід провести перпендикуляр від середини відрізка A_1B_1 . Це буде вісь рухомого конусу, яка нахилена до осі дробарки під кутом прецесії α . Точка O перетину вказаних осей буде точкою хитання рухомого конусу.

Уточнення характеру руху матеріалу у камері дроблення конусних дробарок дрібного та середнього дроблення може бути зроблено за допомогою теорії вібраційного переміщення матеріалу по поверхні футерівки рухомого конусу, який здійснює малі періодичні коливання [19].

Висновки:

- питомі витрати на технічне обслуговування та ремонт дробарок конусного типу складають 30-50% загальних витрат на використання цього обладнання. У таких умовах пристосованість машин до ремонтних заходів набуває дуже важливого значення. В якості кількісних показників експлуатаційної технологічності можуть бути використані такі як середня питома трудомісткість ремонту T_{num} (чол·г/млн. т) та середня питома вартість ремонту C_{num} (грн./млн. т). За питомою трудомісткістю ремонту дробарки середнього та дрібного дроблення знаходяться на приблизно однаковому рівні з дробарками крупного дроблення. Однак питома вартість їх ремонтів удвічі більша. Витрати на ремонт зростають із збільшенням продуктивності та маси дробарок;

- основною причиною відмов дробарок конусного типу можна вважати поступовий абразивний знос їх деталей та вузлів, що безпосередньо контактують з

гірничої масою під час дроблення. Важливою інформацією для визначення величин напрацювання конструктивних елементів конусних дробарок є граничні стани цих елементів та можливі наслідки після їх досягнення;

- дослідження процесу зносу футерівок конусних дробарок показують, що найбільш інтенсивному зносу піддаються нижні зони футерувального простору дробарок крупного дроблення. Для установок середнього та дрібного дроблення така картина спостерігається дещо вище нижньої підстави;

- знос футерівок дробильного обладнання конусного типу безпосередньо впливає на технологічні показники процесу дроблення. Особливо це стосується останньої стадії дроблення. Зростання ширини розвантажувальної щілини внаслідок зносу футерівок знижує ступінь дроблення матеріалу та кількість дрібних фракцій у готовому продукті;

- окрім фізико-механічних властивостей та гранулометричного складу перероблюваного матеріалу на ефективність процесу його дроблення та термін служби футерівок значний вплив має геометрія дробильного простору дробарки, у тому числі конусної. Для найкращого узгодження роботи усього технологічного ланцюга підготовки мінеральної сировини до збагачення геометричні параметри дробильної камери кожної установки повинні бути обґрунтовані з урахуванням робочих показників попередніх та наступних машин у цьому ланцюзі. В роботі розглянуті шляхи раціонального конструювання камер дроблення конусних дробарок крупного, середнього та дрібного дроблення розрахунковим і графічним методами з метою суттєвого покращання технологічних та експлуатаційних показників цих машин.

4 РОЗРОБКА ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ КОНУСНИХ ДРОБАРОК

4.1 Удосконалення процесу організації ремонту конусних дробарок

4.1.1 Обґрунтування раціональних термінів проведення ремонтів

У вітчизняній гірничій промисловості прийнята комбінована схема планово-попереджувального ремонту (ППР) механічного обладнання, яка передбачає проведення комплексу організаційно-технічних заходів профілактичного характеру, спрямованих на підтримку обладнання у працездатному стані, підвищення якості, скорочення термінів та вартості ремонтів [6,12-15,17]. Дотримання основних положень ППР унеможливорює роботу обладнання в умовах прогресуючого зносу, дозволяє планувати ремонтні роботи та потребу у трудових та матеріальних ресурсах, а також у запасних частинах.

Зокрема для дробильного обладнання використовується система ППР, що містить елементи після оглядової та періодичної систем ремонту і передбачає проведення оглядів і планових поточних та капітальних ремонтів. Таке поєднання дає можливість забезпечити тривалий міжремонтний період дробильного обладнання та знизити витрати на його утримання.

Конусні дробарки в умовах експлуатації на підприємствах чорної металургії змушені переробляти руди, коефіцієнт міцності яких досягає максимального значення – 20. Ремонтний цикл такого обладнання коливається у межах від 3 до 5 років у залежності від типу дробарок. У табл. 4.1 приведені періодичність та тривалість ремонтів конусних дробарок у вітчизняних умовах роботи гірничорудних і гірничо-збагачувальних підприємств [14].

Наприклад, для дробарок крупного та редуційного дроблення структура трирічного ремонтного циклу має наступний вигляд: $K-2T_1-T_2-2T_1-T_3-2T_1-T_2-2T_1-T_3-2T_1-T_2-2T_1-T_3-2T_1-T_2-2T_1-T_3-2T_1-T_2-2T_1-T_3-2T_1-T_2-2T_1-K$, де проміжки між поточними T_1 , T_2 , T_3 і капітальними ремонтами K дорівнюють відповідно 1, 3, 6 і 36 місяців.

Таблиця 4.1 – Періодичність та тривалість ремонтів конусних дробарок на вітчизняних підприємствах чорної металургії

Тип дробарки	Поточний ремонт $\left(\frac{\text{періодичність, доби}}{\text{тривалість, г}}\right)$			Капітальний ремонт $\left(\frac{\text{періодичність, доби}}{\text{тривалість, г}}\right)$ К	Коефіцієнт міцності за шкалою проф. М.М. Протод'яконова
	T ₁	T ₂	T ₃		
ККД	30/8	90/16	180/24	3/5	16-20
КРД	45/8	180/24	-	4/5	15
КСД	45/8	90/16	180/24	4/5	16-20
КМД	60/8	180/16	-	5/5	15

Для дробарок середнього та дрібного дроблення з п'ятирічним ремонтним циклом його структура наступна: К-2T₁-T₂-2T₁-T₂-2T₁-T₂-2T₁-T₂-2T₁-T₂-2T₁-T₂-2T₁-T₂-2T₁-K. Поточні ремонти T₁ і T₂ виконуються відповідно через 2 і 6 місяців, а капітальний К – через 60 місяців.

Незважаючи на те, що вказані нормативи розроблені з урахуванням тривалого виробничого досвіду, режиму роботи дробарок, дотримання правил технічної експлуатації та технологічних інструкцій, вони у багатьох випадках недостатньо оптимальні в умовах частого змінення характеру перероблюваних руд, а конструкції дробарок погано пристосовані до виконання ремонтних заходів. Наприклад, для заміни таких недовговічних деталей, як конічна та циліндрична втулки ексцентрикових вузлів дробарок КСД-2200 і КМД-2200, потрібне практично повне розбирання установок. Крім того, терміни служби численних деталей дробарок не кратні, що ускладнює узгодження їх замін з періодичністю прийнятих ремонтних заходів.

Діюча на підприємствах чорної металургії система ППР дробильного обладнання передбачає проведення наступних заходів підтримки та відновлення працездатного стану машин:

- огляди обладнання протягом зміни та між змінами з перевіркою ступенів нагріву вузлів, наявності змащувальних матеріалів, кріплень деталей і вузлів, ре-

гулюванням механізмів;

- щотижневі ремонтні огляди (РО) з регулюванням вузлів, заміною легкодоступних елементів, усуненням дрібних несправностей;

- поточні ремонти (T_1 , T_2 , T_3) згідно з графіком ППР на місці роботи обладнання для відновлення його працездатного стану з промиванням і ревізією механізмів, заміною масла у системах, частковою заміною швидкозношуваних деталей та вузлів;

- капітальні ремонти (К) з повним розбиранням машини, заміною або ремонтом базових деталей, заміною усіх зношених деталей та вузлів, усуненням усіх помічених під час роботи обладнання дефектів, з необхідною модернізацією конструкцій машин.

Підприємства, що випускають конусні дробарки, повинні гарантувати їх тривалу та безпечну роботу у міжремонтні періоди, а також передбачати взаємозамінність таких вузлів та змінних деталей, як дробильні конуси, приводні вали, підшипники, футерівки, ексцентрики, з'єднувальні муфти.

Згідно з ГОСТ 6937 гарантійний термін експлуатації конусних дробарок складає 15 місяців. Термін служби до першого капітального ремонту дробарок типу ККД і КРД має бути не менше 4 років, а для дробарок типу КСД і КМД – не менше 3 років (для КСД-2200 і КМД-2200 – не менше 3,5 років).

Науково обґрунтована система технічного обслуговування та ремонту дробильного обладнання повинна забезпечувати:

- кратність термінів служби деталей і вузлів установок для узгодження їх з періодичністю ремонтів і термінами служби дробарок у цілому;

- економічне обґрунтування термінів служби деталей при їх заміні за фізичним зносом;

- взаємозв'язок оптимального терміну служби сумісних деталей з економічно доцільним терміном служби усього вузла;

- об'єднання деталей у ремонтні групи з метою зближення їх термінів служби на основі порівняння втрат від заміни частини таких елементів раніше граничного зносу та економії від скорочення кількості ремонтів.

Ефективне використання дробильного обладнання та скорочення непродуктивних витрат часу і коштів у значному ступені залежать від того, наскільки відповідають види технічного обслуговування і ремонту, їх періодичність і перелік виконуваних при цьому робіт типу дробарок, їх технічному стану та умовам роботи.

Для встановлення міжремонтних періодів враховуються терміни служби швидкозношуваних деталей та вузлів. При плануванні міжремонтних періодів потрібно відшукати оптимальне або близьке до нього напрацювання, при якому були б забезпечені відповідний рівень безвідмовної роботи, мінімальні витрати на ремонт та максимальний коефіцієнт технічного використання.

Що стосується дробарок конусного типу, то для них достатньо точним критерієм оптимальності є питома вартість експлуатації, тобто витрати на плановий ремонт та усунення відмов, що припадають на одиницю напрацювання. При цьому оптимальний варіант технічного обслуговування і ремонту вибирається таким чином, щоби сумарні витрати на одиницю напрацювання були мінімальними.

Вказаний критерій оптимальності може бути виражений через коефіцієнт сумарних витрат $K_{сз}$, який представляє собою відношення питомих витрат під час проведення планових ремонтів до питомих витрат на усунення відмов. На рис. 4.1 приведені графіки залежності коефіцієнту $K_{сз}$ від інтервалу заміни деталей конусної дробарки [14]. З них випливає, що мінімальні значення коефіцієнту $K_{сз}$ відповідають мінімальним напрацюванням.

Зміст поточних ремонтів однотипних дробарок та їх періодичність неоднакові і залежать від фізико-механічних властивостей перероблюваних руд: із зростанням міцності та абразивності матеріалів міжремонтні періоди зменшується. Користуючись графіками залежності міжремонтного періоду різних типів дробарок від міцності та абразивності руди можна визначати періодичність ремонту T_1 , що співпадає з міжремонтним періодом дробарок у цілому. Періодичність наступних ремонтів T_2 , T_3 і т.д. буде представляти ряд відповідних кратних чисел.

Для визначення раціональних міжремонтних періодів та структури ремонтного циклу конусних дробарок можна користуватися наступною методикою [14]:

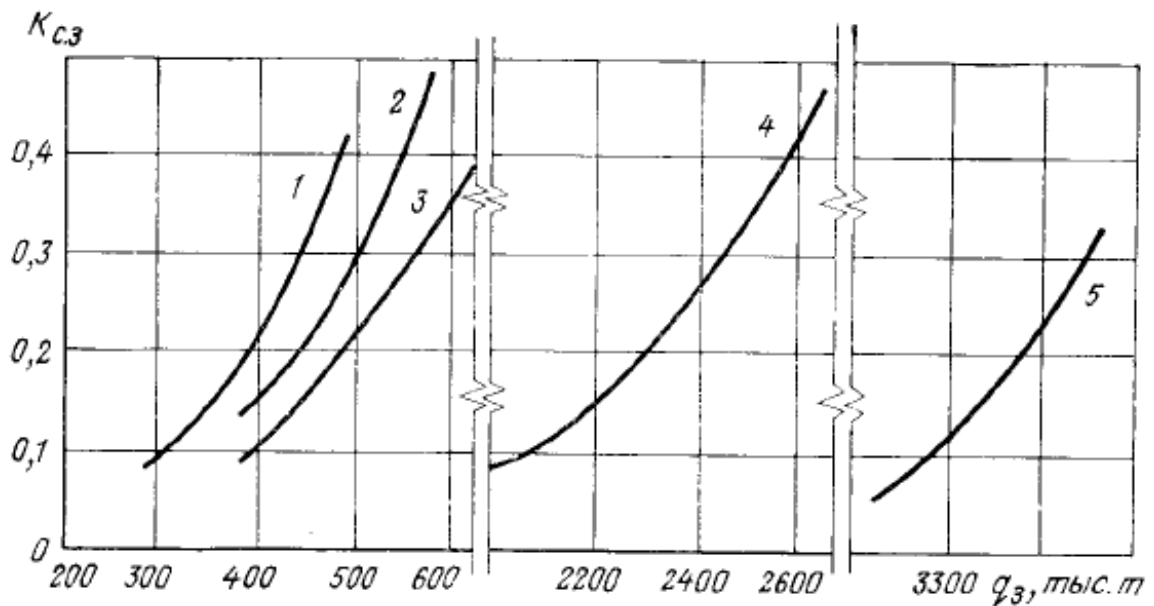


Рисунок 4.1 – Графіки залежності коефіцієнту сумарних витрат $K_{сз}$ від інтервалу заміни деталей конусної дробарки:
 1 – броня конусу; 2 – розподільна тарілка; 3 – броня ребра;
 4 – шестірня приводу; 5 – циліндрична втулка

- згідно зі встановленими закономірностями зносу та його інтенсивності від фізико-технічних властивостей перероблюваних руд, а також режимів експлуатації обладнання, визначають середнє напрацювання (q , тис. т) деталей I групи (найбільш уразливих під час дроблення міцних абразивних матеріалів – футерівок усіх типів, захисних ковпаків, розподільних тарілок);

- середнє напрацювання деталей II групи приймають згідно з даними статистичної інформації;

- далі визначають гарантоване напрацювання деталей, яке забезпечує відповідний рівень ймовірності безвідмовної роботи згідно з ГОСТ 13216. В якості критерію оптимальності приймають питому вартість експлуатації, виражену через коефіцієнт сумарних витрат $K_{сз}$. Гарантоване напрацювання q_e повинно відповідати мінімальному значенню цього коефіцієнту, тобто:

$$q_e = \varphi(K_{сз} = \min); \quad (4.1)$$

- у залежності від групи складності деталей приймають 95%-ий або 90%-ий γ -ресурс;

- здійснюють групування деталей у вузли, а вузлів у машину за напрацюванням таким чином, щоби забезпечувалася кратність замін різних деталей по відношенню до деталі з найменшим напрацюванням. Це визначатиме мінімальний міжремонтний період машини у цілому.

4.1.2 Використання прогресивних методів проведення ремонтів

Ремонт дробильного обладнання на гірничих підприємствах здійснюється здебільшого вузловим методом. Це дозволяє звести процес ремонту в основному до монтажно-демонтажних робіт, скоротити тривалість та трудомісткість ремонтів, а також підвищити їх якість. Комплектування вузлів ведеться на спеціалізованих ремонтних базах, які забезпечують високу якість ремонтних і складальних робіт. Сам ремонт може здійснюватися як силами підприємств, що експлуатують дробарки, так і спеціалізованими ремонтними підприємствами (наприклад, рудо-ремонтними заводами).

У табл. 4.2 приведені найбільш характерні несправності конусних дробарок та способи їх усунення [14].

Прогресивним методом підтримки працездатності механічного обладнання є контроль технічного стану машин без їх розбирання, що дозволяє здійснювати заміну деталей та вузлів за їх фактичним станом, а також прогнозувати ресурс їх безвідмовної роботи. Для цього потрібно використовувати методи і засоби технічної діагностики, які в гірничій промисловості поки ще не отримали гідного поширення. Разом із тим, в умовах використання масивного обладнання, ремонт якого відрізняється значною трудомісткістю, запровадження методів діагностування дасть можливість:

- знизити простої машин за рахунок правильно встановлених ресурсів безвідмовної роботи деталей та своєчасної їх заміни і регулювання;
- обґрунтовано встановлювати види та обсяги ремонтів;
- повніше використовувати міжремонтні ресурси деталей і вузлів;
- скоротити витрати запасних частин;
- правильно планувати роботу ремонтних служб;

- знизити трудомісткість ремонтів за рахунок скорочення демонтажно-монтажних робіт до дійсно необхідних обсягів;
- удосконалити систему ППР.

Для контролю ступеня зносу нерухомих футерівок конусних дробарок у процесі експлуатації та визначення їх граничного допустимого зносу рекомендується використовувати спеціальні контрольні пристрої, що складаються з датчика та показуючого приладу.

Більш прогресивними є прилади телеметричного та електронного контролю, які можуть передавати інформацію про вібрації та напруженості у деталях працюючої дробарки. Отримані дані дозволяють шляхом відповідного підбору навантаження та споживаної потужності зменшити втому металу цих деталей.

Свого часу в МГІ була проведена робота з визначення технічного стану підшипників і зубчастих коліс передач приводів конусних дробарок віброакустичним методом. Заміри вібрації здійснювалися за схемою, що складалася з п'єзоелектричного датчика для перетворення механічних коливань в електричні сигнали, аналізуючого пристрою та блоку реєстрації.

Амплітуда віброакустичного сигналу датчика залежала від низки експлуатаційних факторів, що характеризували процеси роботи підшипників та зубчастих коліс. Отримані за допомогою множинного кореляційно-регресійного аналізу залежності дозволили скласти відповідні рівняння регресії і на їх основі збудувати номограму для визначення залишкового ресурсу цих деталей. Номограма і ключ для її користування представлені на (рис. 4.2) [14].

4.2 Підвищення довговічності деталей та вузлів дробарок

Однією з найважливіших науково-технічних проблем є удосконалення існуючих та створення нових високоякісних конструкційних матеріалів з високими механічними властивостями, які б забезпечували підвищення надійності та довговічності деталей дробильного обладнання.

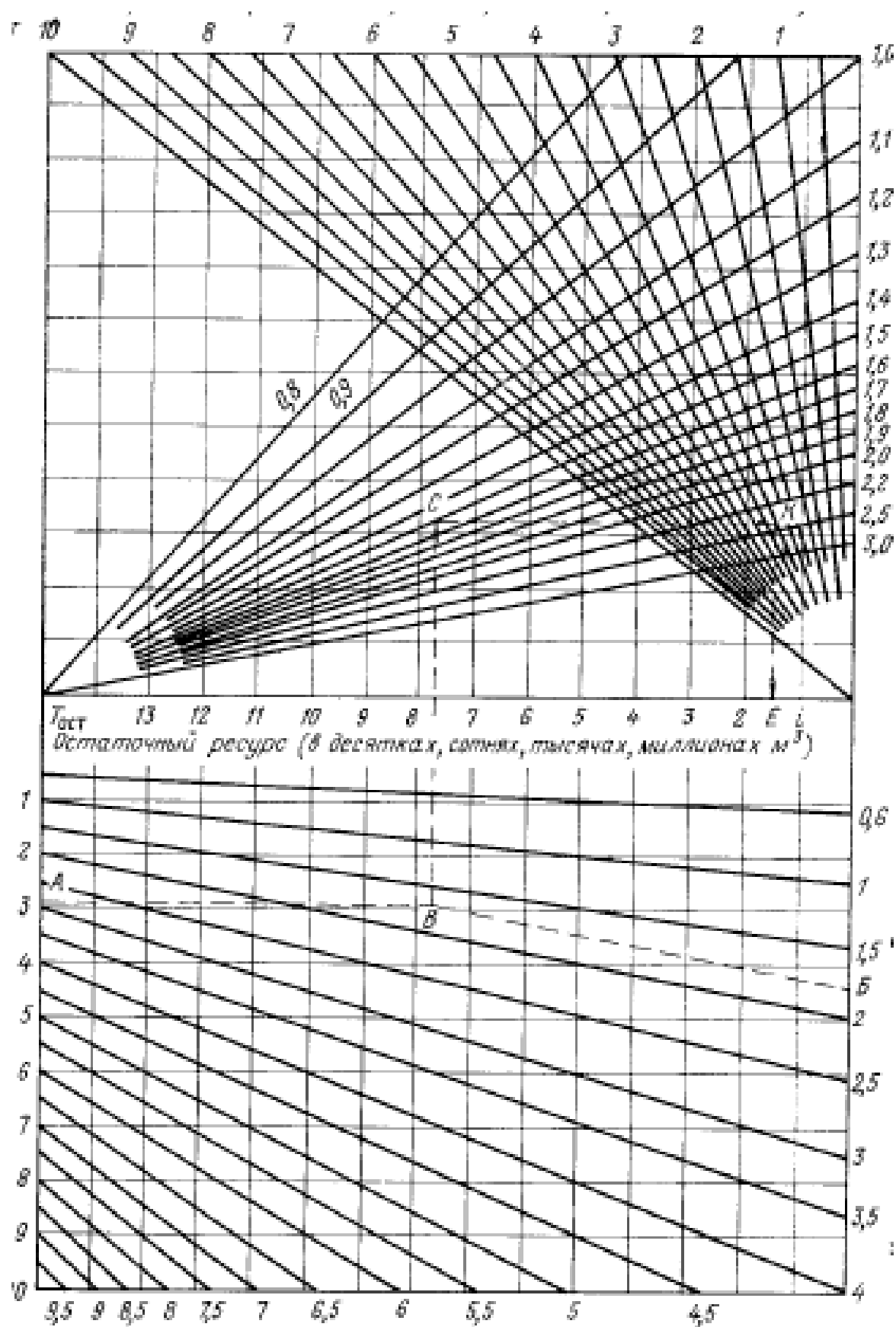


Рисунок 4.2 – Номограма для визначення технічного стану (ресурсу) підшипників та зубчастих коліс конусних дробарок:

$\Pi_{пр}$, Π_n – величина відповідно граничного та встановленого зносу;

$T_{ост}$ – величина залишкового ресурсу

4.2.1 Зміцнення деталей під час ремонтів

Широкого розповсюдження на гірничих підприємствах країни дістали методи удосконалення існуючих та відновлення зношених деталей механічного обладнання, у тому числі дробильно-помольного, за допомогою наплавлення на їх поверхні зносостійких матеріалів різного типу. Така технологія актуальна також під час ремонтів обладнання, коли деталі відновлюють до номінальних розмірів для забезпечення необхідного запасу міцності.

В якості наплавочних матеріалів застосовують:

- сталі – вуглецеві, марганцевисті, хромомарганцевисті, хромисті, високовуглецеві, хромонікелеві низьковуглецеві, високовольфрамісті, молібденові;
- сплави на основі заліза – високохромисті чавуни, вольфрамові та молібденові чавуни, сплави з бором і хромом, сплави з кобальтом і молібденом або вольфрамом;
- сплави на основі нікелю і кобальту – ніхромі і німоніки, сплави з бором і хромом (колмоної), сплави з молібденом (хастеної), сплави кобальту з хромом і вольфрамом (стеліти);
- карбідні псевдосплави – з карбідом вольфраму, з карбідом хрому;
- сплави на основі міді – алюмінієві та олов'яно-фосфористі бронзи.

Поверхні відновлювальних деталей очищують від іржі, окалини, масла і бруду, за необхідності піддають механічній обробці, а потім наплавляють за допомогою спеціальних електродів матеріалами з підвищеними міцністю та опором абразивному зносу. Для цього до їх складу уводять ферохром, феротитан, феробор, графіт та інші легуючі елементи. Наплавлення може здійснюватися як ручним, так і механізованим або автоматизованим способами. При цьому якісне відновлення деталей дробарок можливо лише при хорошому оснащенні ремонтних підприємств сучасними технічними засобами. Наприклад, використання спеціальних наплавочних автоматів, що працюють методом наплавлення під шаром флюсу, дає можливість у разі підняти продуктивність процесу із забезпеченням високої якості отриманих поверхонь.

Під час ремонту фізико-механічні властивості деталей дробарок можуть бу-

ти покращені такими відомими методами зміцнювальної обробки, як дробинно-струминний наклеп, обробка поверхонь різанням, механо-термічне та вибухове зміцнення тощо. Наприклад, сталь 110Г13Л після дробинно-струминної обробки демонструє зростаючу на 30-40% стійкість проти абразивного стирання, а після зміцнення вибухом набуває підвищеної твердості (у 2-3 рази більшої у порівнянні з необробленою) без втрати пластичності [14].

4.2.2 Використання зносостійких матеріалів

Для виготовлення зносостійких конструкційних елементів конусних дробарок, у тому числі захисних футерівок, широко використовується марганцевиста сталь 110Г13Л. Вона відрізняється високим тимчасовим опором розриву та удару, відсутністю магнітних властивостей і більш високим у порівнянні з іншими сталями опором зносу в умовах одночасного впливу деформацій стирання і значних питомих навантажень. Але досить низька початкова твердість цього матеріалу недостатньо задовольняє вимогам протистояння абразивному зносу. Крім того, сталь 110Г13Л, як й інші марганцевисті сталі, складна в операціях механічної обробки.

Для підвищення зносостійкості та технологічності обробки матеріалу рекомендується покращувати його фізико-механічні характеристики шляхом зниження вмісту фосфору, модифікації титаном та легування ванадієм і хромом, а також удосконалювати технологію отримання та термічної обробки відливок. У табл. 4.3 приведені характеристики деяких сплавів на основі сталі 110Г13Л, які широко використовуються для виготовлення футерівок дробильно-помольного обладнання [16].

Знаходять також застосування різні види зносостійких чавунів, які за характером мікроструктури та типом карбідів, що входять до їх складу, можуть бути розділені на:

- перлітні та мартенситні з карбідами M_3C ;
- білі з карбідами M_7C_3 і M_4C ;
- ванадієві з карбідами типу VC .

4.3 Удосконалення та забезпечення ремонтних робіт

Скорочення трудомісткості досить складних монтажних-демонтажних робіт, а, значить, і тривалості перебування дробарок у ремонті, суттєво залежить від наявності і досконалості використовуваних для цього ремонтних засобів (пристосувань, пристроїв, підйомно-транспортного обладнання тощо).

Особливо необхідна якісна механізація таких робіт, як демонтаж і монтаж футерівок, вузла приводного валу, розкручування та затягування гайок дробильних конусів (наприклад, дробарки ККД). Для цього силами спеціалістів та робітників рудоремонтних підприємств створені численні конструкції подібного обладнання, яке значно прискорює та полегшує виконання важких ремонтних операцій.

Деталі і вузли конусних дробарок зазвичай мають значні маси (табл. 4.4), тому для монтажних-демонтажних операцій потрібно використовувати електричні мостові крани відповідної вантажопідйомності та правильно користуватися методами стропування крупногабаритних вантажів.

Важливим питанням є забезпечення потреби у запасних частинах дробильного обладнання. Норми витрат запасних частин для конусних дробарок гірничих підприємств обґрунтовані недостатньо, а це ускладнює планування та виробництво таких виробів, а також підготовку і проведення ремонтів дробарок.

З огляду на це, рекомендується наступна методика визначення норм витрат запасних частин конусних дробарок, в основу якої покладена залежність напрацювання деталей дробарок від міцності та абразивності залізної руди та продуктивності установки [14]:

- спочатку встановлюють залежність середнього напрацювання деталей у тис. т дробленої руди від міцності, абразивності та гранулометричного складу гірничої маси та від продуктивності дробарки;

- потім визначають оптимальне напрацювання, яке відповідає мінімальному значенню коефіцієнту сумарних витрат $K_{сз}$ (див. п. 4.1.1) при 95 або 90%-ому γ -ресурсі у залежності від складності та вартості деталі;

- далі розраховують норму витрат деталей, що припадає на 1 млн. т дробленої руди;

- для базових (корпусних) деталей, термін служби яких близький до амортизаційного терміну служби машини у цілому, в якості вимірювача норми приймають роки експлуатації.

У табл. 4.5 приведені норми витрат запасних частин дробарок конусного типу, розраховані за допомогою вказаної методики [14].

Таблиця 4.5 – Норми витрат запасних частин конусних дробарок

Дробарка, деталі, вузли	Норми витрат, шт./рік	Дробарка, деталі, вузли	Норми витрат, шт./рік
<u>Дробарка ККД-1500/180:</u>		<u>Дробарка КРД-900/100:</u>	
корпус	0,06	корпус	0,07
траверса	0,10	траверса	0,12
дробильний конус	0,10	дробильний конус	0,14
ексцентрик	0,12	ексцентрик	0,12
приводний вал	0,20	приводний вал	0,25
<u>Дробарка КСД-2200:</u>		<u>Дробарка КМД-2200:</u>	
станина	0,07	станина	0,08
опорне кільце	0,07	опорне кільце	0,12
регулювальне кільце	0,10	регулювальне кільце	0,15
дробильний конус	0,10	дробильний конус	0,15
ексцентрик	0,10	ексцентрик	0,15
опорна чаша	0,20	опорна чаша	0,20
приводний вал у зборі	0,20	приводний вал у зборі	0,20

Висновки:

- використання у вітчизняній гірничій промисловості системи планово-переджувальних ремонтів механічного обладнання спрямовано на підтримку обладнання у працездатному стані. Дотримання основних положень ППР унеможливує роботу обладнання в умовах прогресуючого зносу, дозволяє планувати ремонтні роботи та потребу у трудових та матеріальних ресурсах, а також у запасних частинах;

- проте, система ППР для дробильного обладнання гірничої промисловості має свої недоліки і потребує наукового обґрунтування та удосконалення, у першу чергу з метою визначення раціональних міжремонтних періодів та структури ремонтного циклу конусних дробарок. Запропонована в роботі методика дає можливість у певній мірі вирішити це питання;

- прогресивним методом підтримки працездатності механічного обладнання є контроль технічного стану машин без їх розбирання за рахунок використання різноманітних методів діагностування, які дають можливість у підсумку суттєво удосконалити усю систему заходів технічного обслуговування в ремонтів;

- суттєвим механізмом впливу на рівень експлуатаційної надійності дробильного обладнання залишається підвищення довговічності його деталей і вузлів за рахунок різних способів зміцнювальної обробки та застосування зносостійких конструкційних матеріалів.

ВИСНОВКИ

Проведені під час виконання магістерської роботи дослідження дозволили зробити наступні висновки та сформулювати практичні рекомендації щодо підвищення експлуатаційної надійності такого обладнання:

- фізико-механічні властивості і гранулометричний склад руди, а також кліматичні умови роботи суттєво впливають на процес експлуатації та терміни служби найбільш відповідальних деталей і вузлів дробильного обладнання, тому система його технічного обслуговування та ремонту повинна враховувати усі ці негативні фактори;

- порівняльний аналіз трьох- і чотирьохстадійної схем дроблення мінеральної сировини на дробильних фабриках гірничо-збагачувальних підприємств показує переваги першої над другою з точки зору надійності. Спрощення технологічної схеми шляхом вилучення однієї з чотирьох стадій забезпечує зменшення кількості її ланок і тим самим зниження ймовірності відмови будь-якої з них;

- аналіз кінематичних схем конусних дробарок різних стадій дроблення свідчить про достатньо широку їх різноманітність та достоїнства найбільш поширених у світовій практиці дроблення мінеральної сировини;

- питомі витрати на технічне обслуговування та ремонт дробарок конусного типу складають 30-50% загальних витрат на використання цього обладнання. У таких умовах пристосованість машин до ремонтних заходів набуває дуже важливого значення. В якості кількісних показників експлуатаційної технологічності можуть бути використані такі як середня питома трудомісткість ремонту T_{num} (чол.г/млн. т) та середня питома вартість ремонту C_{num} (грн./млн. т). За питомою трудомісткістю ремонту дробарки середнього та дрібного дроблення знаходяться на приблизно однаковому рівні з дробарками крупного дроблення. Однак питома вартість їх ремонтів удвічі більша. Витрати на ремонт зростають із збільшенням продуктивності та маси дробарок;

- основною причиною відмов дробарок конусного типу можна вважати поступовий абразивний знос їх деталей та вузлів, що безпосередньо контактують з

гірничої масою під час дроблення. Важливою інформацією для визначення величин напрацювання конструктивних елементів конусних дробарок є граничні стани цих елементів та можливі наслідки після їх досягнення;

- дослідження процесу зносу футерівок конусних дробарок показують, що найбільш інтенсивному зносу піддаються нижні зони футерувального простору дробарок крупного дроблення. Для установок середнього та дрібного дроблення така картина спостерігається дещо вище нижньої підстави;

- знос футерівок дробильного обладнання конусного типу безпосередньо впливає на технологічні показники процесу дроблення. Особливо це стосується останньої стадії дроблення. Зростання ширини розвантажувальної щілини внаслідок зносу футерівок знижує ступінь дроблення матеріалу та кількість дрібних фракцій у готовому продукті;

- окрім фізико-механічних властивостей та гранулометричного складу перероблюваного матеріалу на ефективність процесу його дроблення та термін служби футерівок значний вплив має геометрія дробильного простору дробарки, у тому числі конусної. Для найкращого узгодження роботи усього технологічного ланцюга підготовки мінеральної сировини до збагачення геометричні параметри дробильної камери кожної установки повинні бути обґрунтовані з урахуванням робочих показників попередніх та наступних машин у цьому ланцюзі. В роботі розглянуті шляхи раціонального конструювання камер дроблення конусних дробарок крупного, середнього та дрібного дроблення розрахунковим і графічним методами з метою суттєвого покращання технологічних та експлуатаційних показників цих машин;

- використання у вітчизняній гірничій промисловості системи планово-переджувальних ремонтів механічного обладнання спрямовано на підтримку обладнання у працездатному стані. Дотримання основних положень ППР унеможливорює роботу обладнання в умовах прогресуючого зносу, дозволяє планувати ремонтні роботи та потребу у трудових та матеріальних ресурсах, а також у запасних частинах;

- проте, система ППР для дробильного обладнання гірничої промисловості

має свої недоліки і потребує наукового обґрунтування та удосконалення, у першу чергу з метою визначення раціональних міжремонтних періодів та структури ремонтного циклу конусних дробарок. Запропонована в роботі методика дає можливість у певній мірі вирішити це питання;

- прогресивним методом підтримки працездатності механічного обладнання є контроль технічного стану машин без їх розбирання за рахунок використання різноманітних методів діагностування, які дають можливість у підсумку суттєво удосконалити усю систему заходів технічного обслуговування в ремонтів;

- суттєвим механізмом впливу на рівень експлуатаційної надійності дробильного обладнання залишається підвищення довговічності його деталей і вузлів за рахунок різних способів зміцнювальної обробки та застосування зносостійких конструкційних матеріалів;

- практичне впровадження запропонованих за результатами проведеного дослідження рекомендацій має забезпечити помітне зниження ймовірності виникнення відмов, підвищення коефіцієнту готовності та продуктивності дробильного обладнання конусного типу.

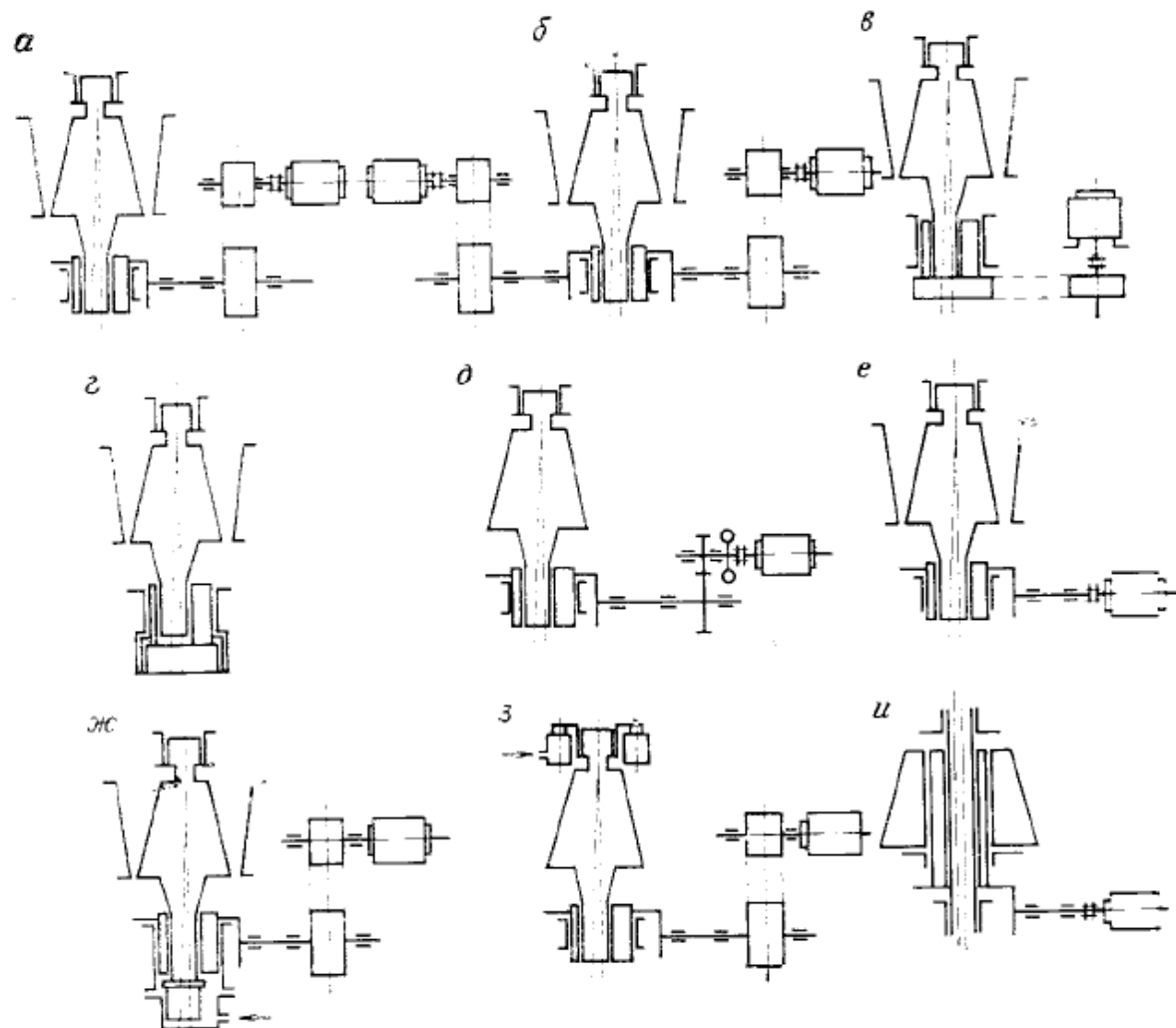


Рисунок 1.1 – Кінематичні схеми конусних дробарок крупного дроблення:

a – з верхнім жорстким підвісом дробильного конусу; *б* – те саме, з приводом від двох двигунів; *в* – з вертикальним приводом; *г* – із вбудованим приводом; *д* – з гідравлічною муфтою, трансформаторами та знижувальною зубчастою передачею; *е* – з еластичною муфтою; *ж* – з гідравлічним регулюванням розвантажувальної щілини без зупинки дробарки; *з* – з верхнім гідравлічним підвісом; *и* – ексцентрикова

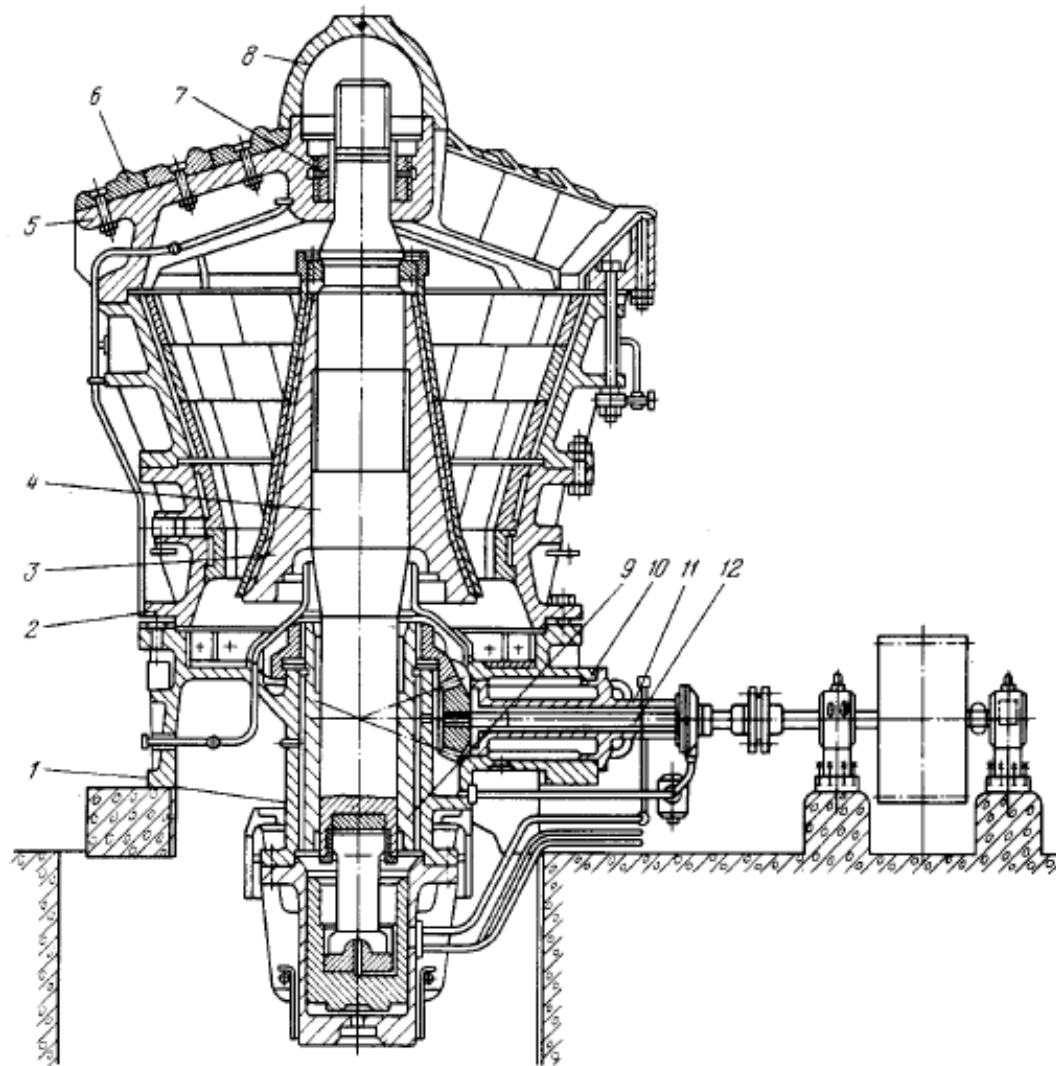


Рисунок 1.2 – Принципова схема конусної дробарки крупного дроблення:

1 – підстава станини; 2 – нерухомий конус з футерівкою; 3 – корпус дробильного конусу з футерівкою; 4 – вал дробильного конусу; 5 – траверса; 6 – футерувальні плити траверси; 7 – підвіс; 8 – ковпак; 9 – ексцентрикова втулка; 10, 11 – конічна передача; 12 – приводний вал

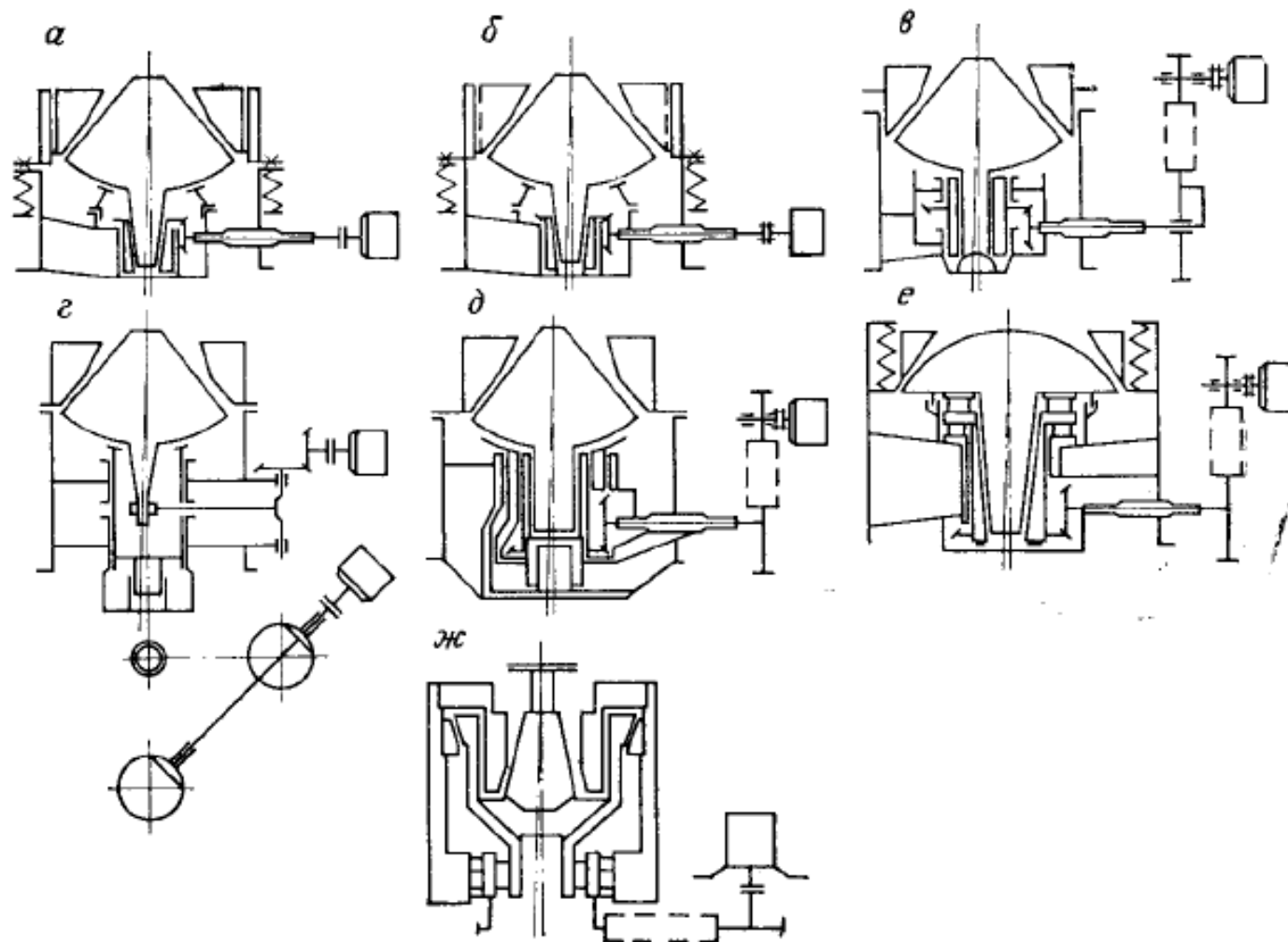


Рисунок 1.3 – Кінематичні схеми конусних дробарок середнього та дрібного дроблення:

а – з консольним валом і сферичною опорою дробильного конусу та пружинною амортизацією; *б* – те саме, але зі сферичною опорою на площині; *в* – зі сферичним шарніром з малим радіусом та плоскою робочою поверхнею; *г* – зі спиранням дробильного конусу на гідравлічний циліндр; *д* – із загальним блоком у складі опори дробильного конусу, ексцентрика та приводного валу; *е* – зі сферичною або близькою до сферичної робочою поверхнею дробильного конусу; *ж* – з циліндричною частиною хвостовика дробильного конусу, що охоплює нерухомий конус

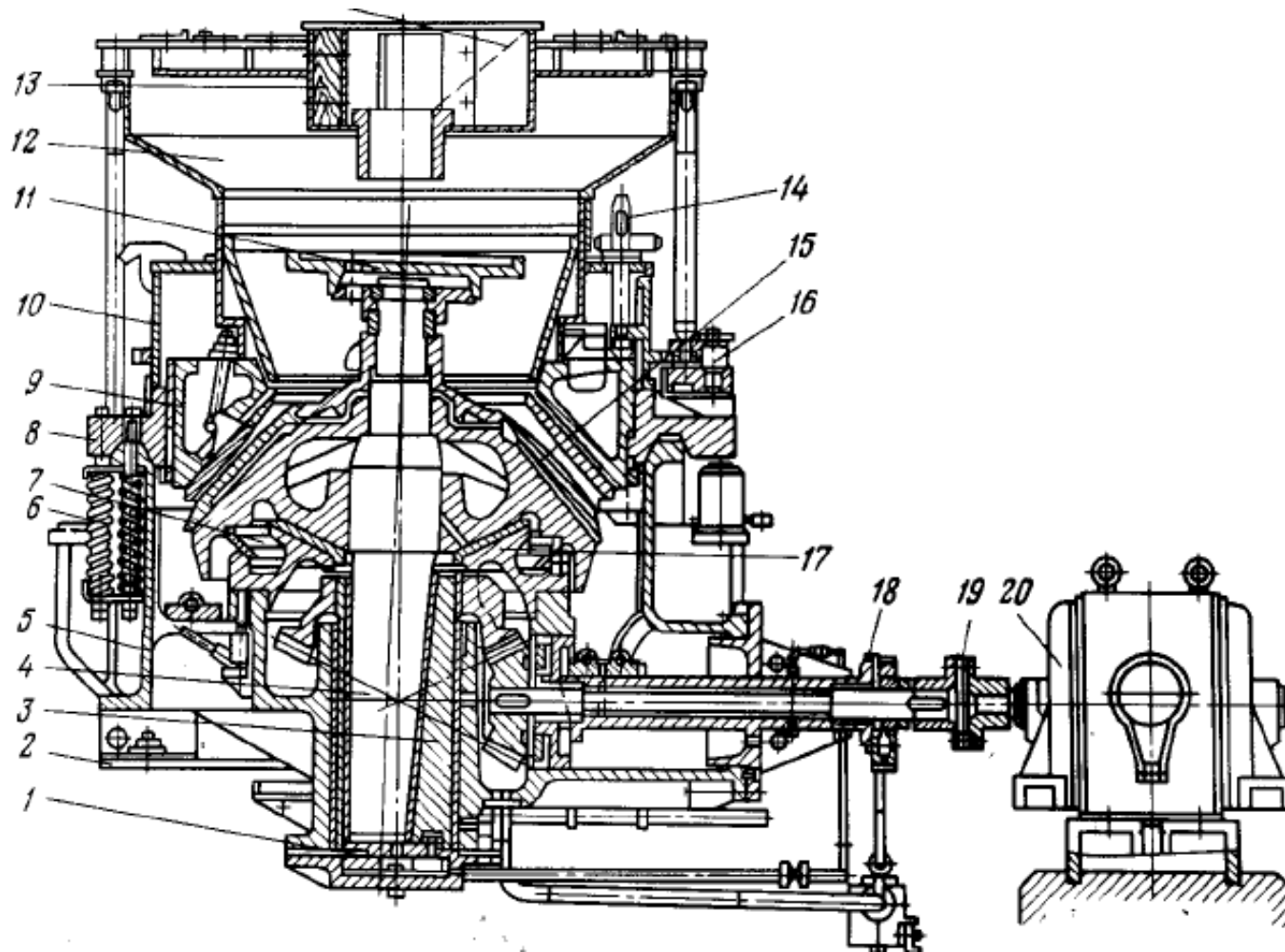


Рисунок 1.4 – Принципова схема конусної дробарки середнього та дрібного дроблення:

- 1 – підп'ятник валу ексцентрика; 2 – фундаментна плита; 3 – вал-ексцентрик; 4 – вал дробильного конусу; 5 – станина;
 6 – пружина; 7 – опорна чаша; 8 – опорне кільце; 9 – регулювальне кільце з футерівкою нерухомого конусу; 10 – кожух;
 11 – розподільний пристрій; 12 – завантажувальний пристрій; 13 – прийомна коробка; 14 – колонка;
 15 – корпус рухомого конусу х футерівкою; 16 – стопорний пристрій; 17 – сферичний підп'ятник;
 18 – приводний вал; 19 – еластична муфта; 20 - електродвигун

Таблиця 1.3 – Основні технічні характеристики деяких конструкцій конусних дробарок крупного дроблення

Показник	Значення показника				
	ККД- 500/75Б	ККД- 900/140	ККД- 1200/150	ККД- 1500/180Б	ККД- 1500/160-250
Технічна продуктивність* при дробленні матеріалу середньої міцності, м ³ /г	180	330 420 480	550 680 800	1200 1350 1500	1450 1650 1850 2000 2300
Ширина завантажувального отвору, мм	500	900	1200	1500	1500
Максимальний розмір шматків у продукті живлення дробарки, мм	420	750	1000	1300	1200
Діаметр підстави дробильного конусу, мм	1220	1700	1900	2520	2900
Ширина розвантажувальної щілини, мм	75	110 140 160	130 150 180	160 180 200	160 180 200 220 250
Частота обертання ексцентрикового стакану, об/хв.	180	140	120	100	90
Потужність електродвигуна, кВт	110	250	320	400	320 x 2
Маса, кг	41200	148000	240000	403200	516000

*Значення продуктивності відповідають розмірам розвантажувальних щілин

Таблиця 1.4 – Основні технічні характеристики деяких конструкцій конусних дробарок середнього дроблення

Показник	Значення показника				
	КСД-600Гр (СМ0561А)	КСД-900Гр (СМ-560А)	КСД-1200Т КСД-1200Гр	КСД-1750Т КСД-1750Гр	КСД-2200Т КСД-2200Гр
Технічна продуктивність при дробленні матеріалу середньої міцності (робота у відкритому циклі), м ³ /г	до 35	30-45	38-85 (Т) 70-105 (Гр)	100-190 (Т) 170-320 (Гр)	180-360 (Т) 360-610 (Гр)
Ширина завантажувального отвору, мм	75	130	125 (Т) 185 (Гр)	200 (Т) 250 (Гр)	275 (Т) 350 (Гр)
Максимальний розмір шматків у продукті живлення дробарки, мм	75	100	100 (Т) 150 (Гр)	160 (Т) 200 (Гр)	250 (Т) 300 (Гр)
Ширина розвантажувальної щілини, мм	12-35	15-40	10-25 (Т) 20-50 (Гр)	15-30 (Т) 25-60 (Гр)	15-30 (Т) 30-60 (Гр)
Діаметр підстави дробильного конусу, мм	600	900	1200	1750	2200
Частота обертання ексцентрика, об/хв.	350	330	260	260	242
Потужність електродвигуна, кВт	30	55	75	160	250

Таблиця 3.3 – Граничні стани деталей конусних дробарок та можливі наслідки при їх досягненні

Найменування та матеріал деталі	Характеристика граничного стану деталі	Можливі наслідки під час експлуатації при досягненні граничного стану
Футерівка дробильного простору (конусу і чаші, сталь 110Г13Л, НВ 180-220), розподільна тарілка КСД і КМД (сталь 35Л)	Зменшення початкової ваги на 60-65% або зменшення товщини футерівки у зоні дроблення на 65-70%	Утворення тріщин та можливість появи раптової відмови; збільшення крупності дробленого продукту вище заданої; порушення умов живлення
Футерівка станини, траверси, завантажувальних пристроїв, ребра, приводу (сталь 110Г13Л, НВ 180-220)	Зменшення початкової товщини на 70-75%	Руйнування футерівки та можливість зносу базових деталей дробарки
Корпус ексцентрика дробарок крупного дроблення (матеріал заливки – бабіт Б-83), конусна втулка дробарок середнього та дрібного дроблення (бабіт Б-16), зубчасте колесо (сталь 35Л)	Місцеве руйнування бабітової заливки, наплавки або конусної втулки (КСД, КМД), знос товщини зуба зубчастого колеса на величину $\Delta = (0,19-0,24)m$ (m – модуль зачеплення)	Порушення нормального режиму роботи підшипника ковзання; потрапляння часток бабіту у маслопровід і порушення режиму змащення; порушення нормального зачеплення у зубчастій передачі
Втулка (вкладиш) приводного валу (БрОЦС-6-6-3), шестірня (сталь 34ХН1М, НРС 25-30)	Знос товщини зуба приводної шестірні на аналогічну величину; знос втулки приводного валу на 0,4-0,6 мм	Те саме
Захисний ковпак дробарок ККД (сталь 35Л)	Знос ковпака на 65-70%	Потрапляння пилу та часток руди у вузол верхнього підвісу, руйнування вузла
Втулка циліндрична дробарок КСД і КМД (бабіт Б-16)	Знос або місцеве руйнування бабітової заливки	Порушення нормального режиму роботи підшипника ковзання; порушення зубчастого зачеплення
Підп'ятник сферичний дробарок КСД і КМД (бабіт Б-16)	Місцеве руйнування, тріщини, знос бабітової заливки	Порушення режиму роботи дробильного конусу; знос сферичної поверхні його корпусу
Ущільнювальні кільця дробильного конусу дробарок ККД і КРД (сталь 40, НРС 48-353)	Знос кілець до 1,2-1,5 мм, руйнування дюритового шлангу	Проникнення пилу у масляні ванни та абразивний знос ексцентрика, зубчастих передач, валу конуса

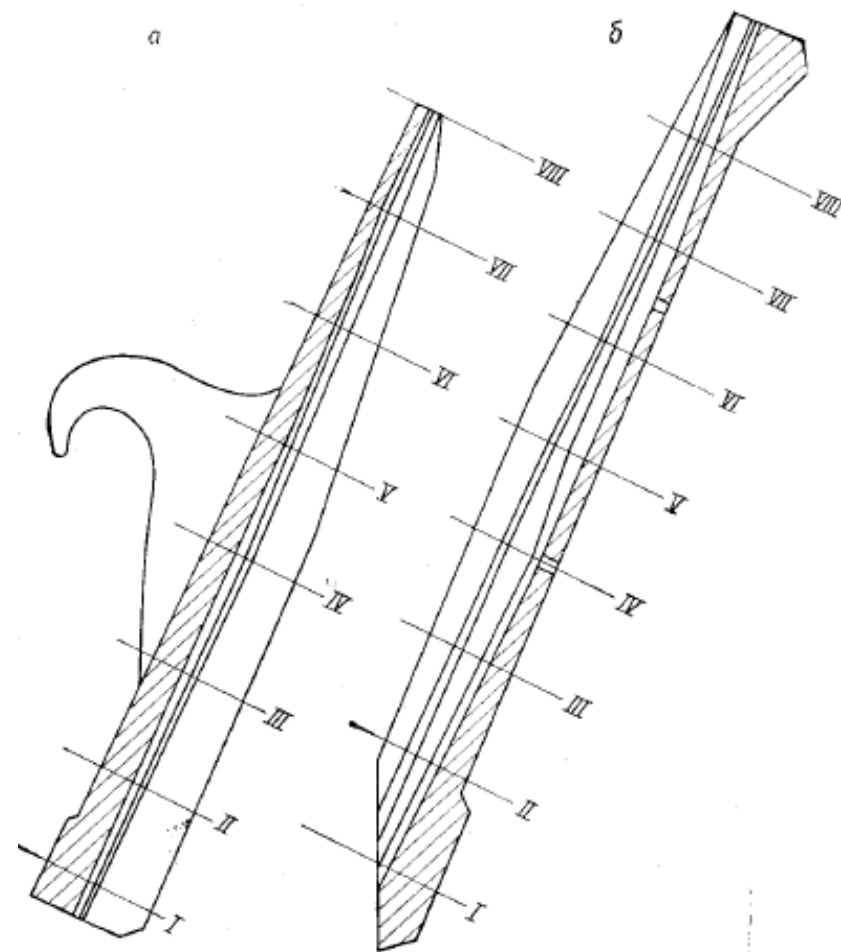
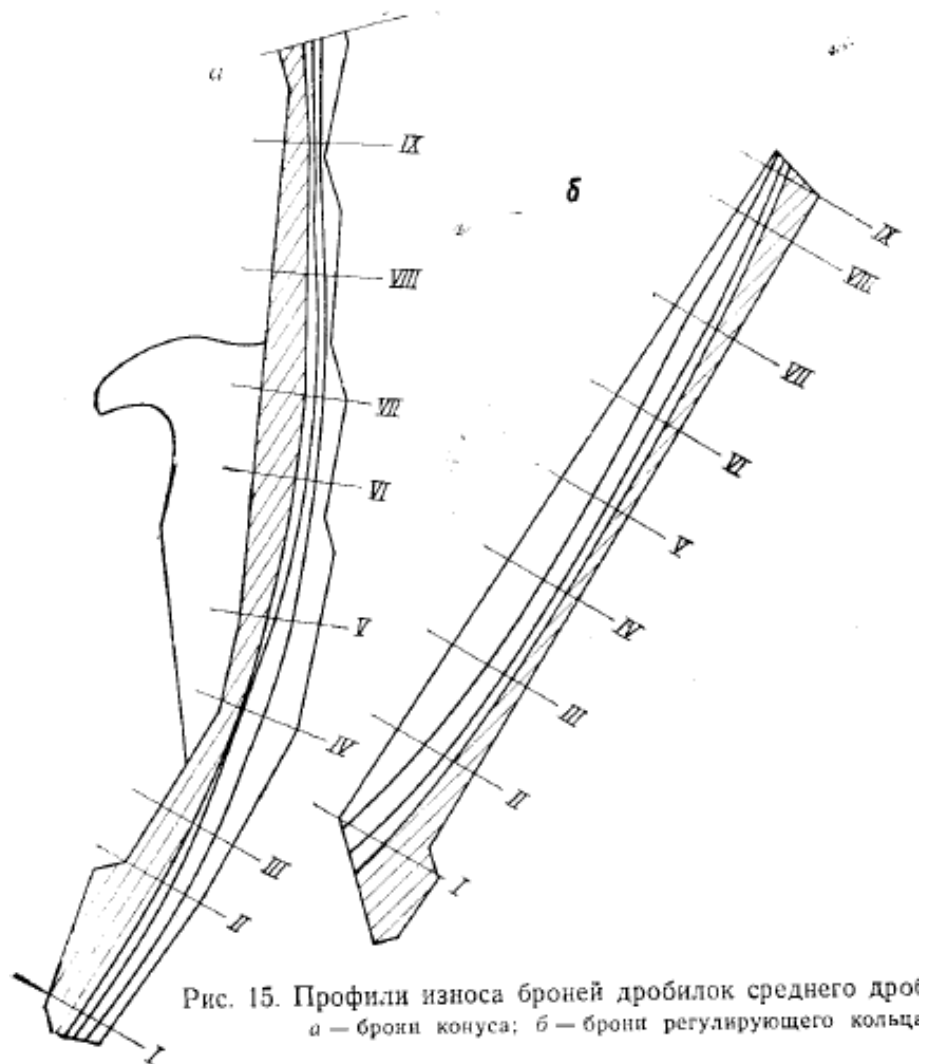


Рисунок 3.3 – Профілі зносу футерівок дробарок КСД-2200 (а) та КМД-2200 (б) в умовах ЦГЗК та НКГЗК:
 зліва – футерівка конусу; справа – футерівка регулювального кільця

Таблиця 3.4 – Величини зносу футерівок дробарок КСД-2200 та КМД-2200 в умовах ЦГЗК та НКГЗК

Перетин броні (див. рис. 3.3)	Величина зносу футерівок дробарки, мм					
	КСД-2200		КМД-2200			
	регулювального кільця	конусу	регулювального кільця		конусу	
	НКГОК	НКГОК	НКГОК	ЦГОК	НКГОК	ЦГОК
<i>I</i>	29	45	51,5	59	22,5	32,5
<i>II</i>	42	52,5	53	62	26,5	40
<i>III</i>	45,5	57	51,5	58	32,5	46,5
<i>IV</i>	47,5	57	47,5	54	34	48
<i>V</i>	46,5	54	40,5	47	33	47
<i>VI</i>	40	46	30,5	37	30	42,5
<i>VII</i>	33	36	18	22,5	23,5	34,5
<i>VIII</i>	22	24	5	10	17,5	24,5
<i>IX</i>	12	12	-	-	-	-

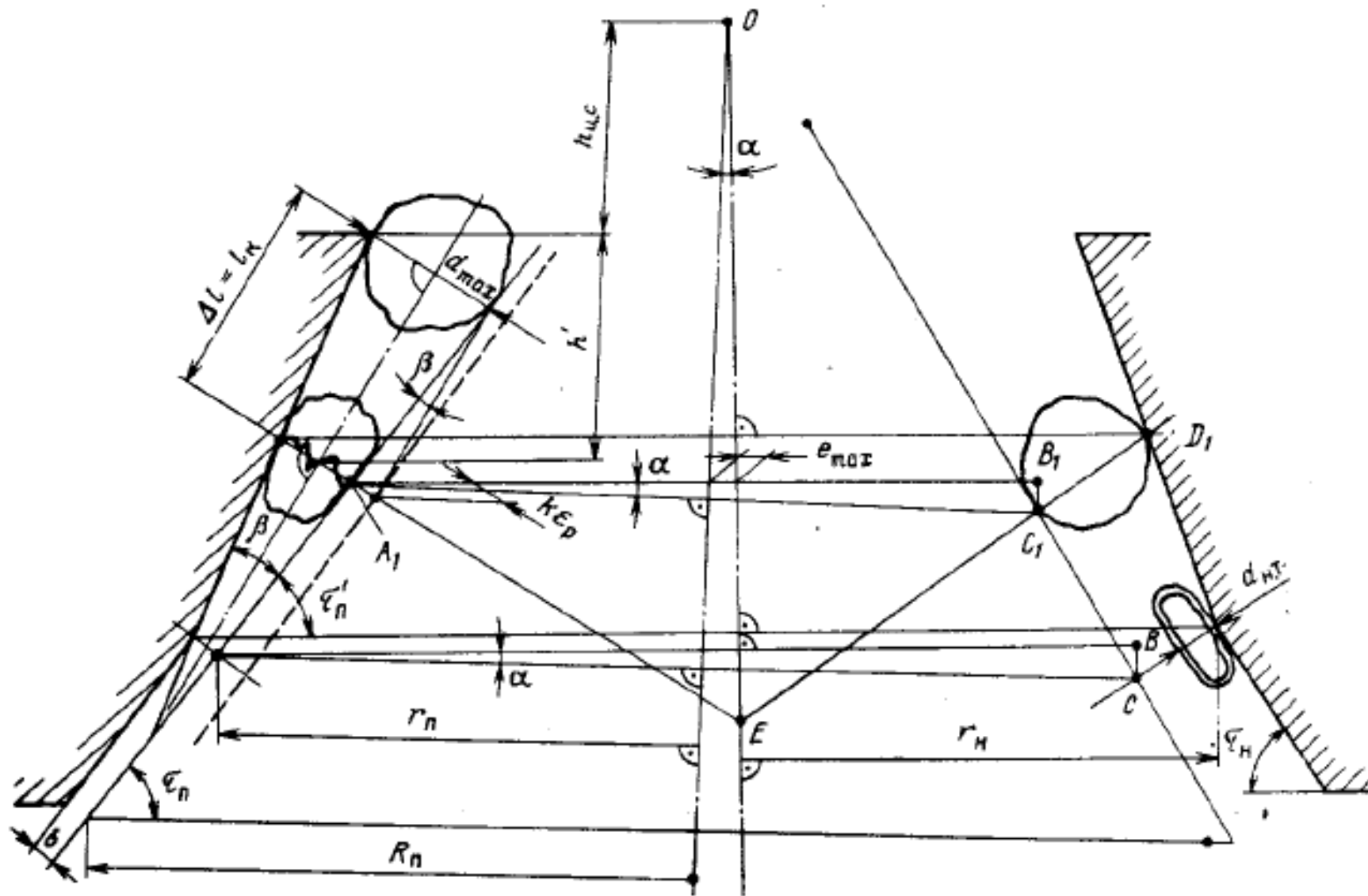


Рисунок 3.6 – Розрахункова схема для визначення числа хитань рухомого конусу та кута прецесії конусної дробарки дрібного дроблення

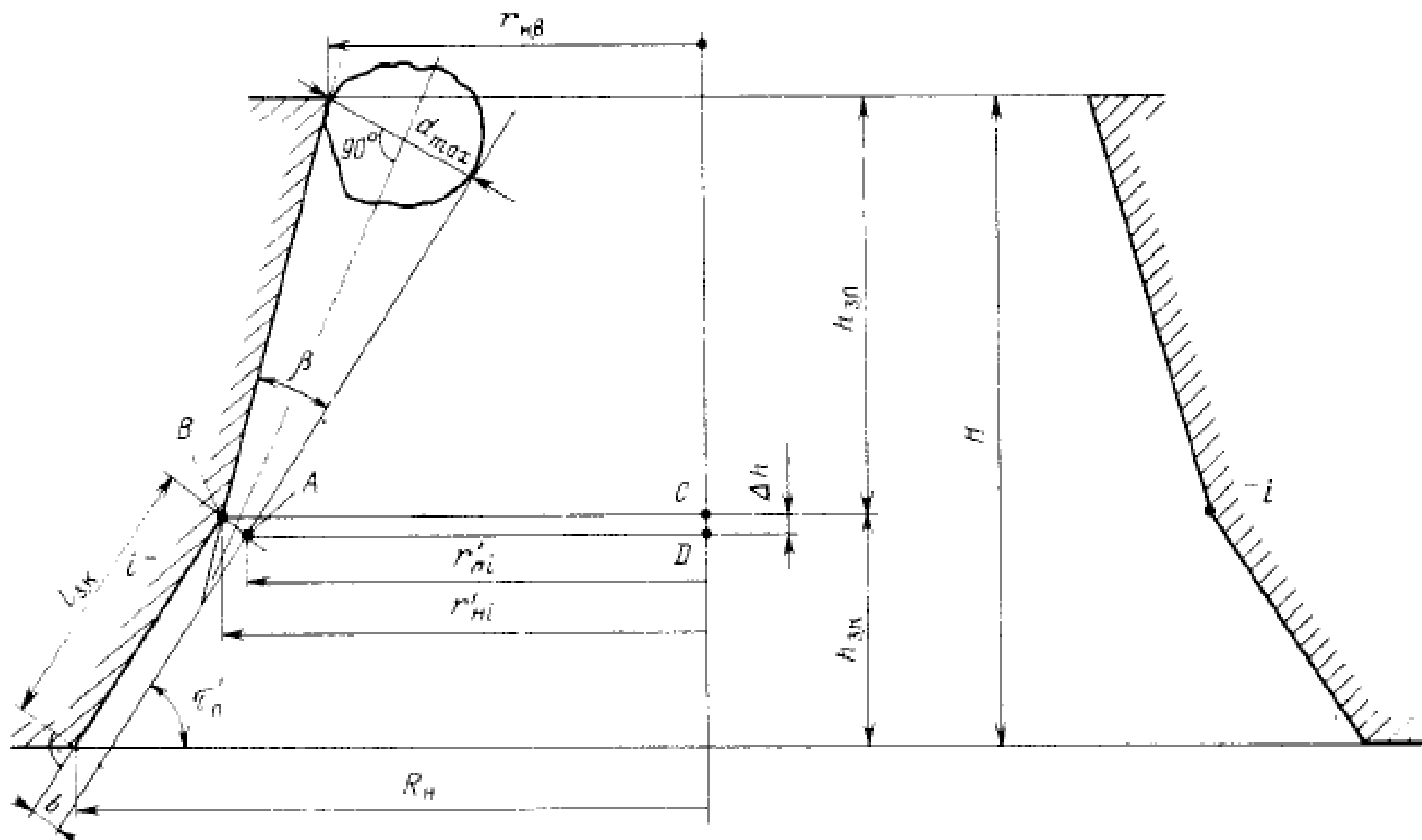


Рисунок 3.7 – Схема побудови профілю камери дроблення дробарки типу КМД

Таблиця 4.2 – Найбільш характерні несправності конусних дробарок та способи їх усунення

Характерні несправності	Причини несправностей та способи їх усунення
Сильний стук у конічній зубчастій передачі	Надмірний радіальний зазор у зачепленні; послаблені анкерні болти; нерівномірне живлення дробарки; невідцентрований привод – відрегулювати зазор; затягнути болти; відрегулювати подачу матеріалу; відцентрувати привод
Приводний вал має надмірний осьовий хід	Значний осьовий зазор – встановити шайбу більшої товщини між втулкою приводу та торцем шестірні
Дробильний конус не обертається	Зірвана шпонка кріплення шківу або зубчастого колеса – встановити нову шпонку
Дробильний конус обертається прискорено	Відсутнє масло або зменшений зазор між валом конусу та конічною втулкою – перевірити подачу масла і величину зазору
У дробленому матеріалі значна кількість крупних шматків	Знос броні конусу – замінити броню, відрегулювати розмір розвантажувальної щілини
Глухий стук у процесі дроблення матеріалу	Послаблене регулювальне кільце або броня дробильного конусу – затягнути гайки та перевірити стан цинкової заливки
Масло швидко забруднюється пилом	Не працює пилозахисне ущільнення – виправити ущільнення
Температура масла на зливі перевищує 50-60° C	Недостатня кількість масла, що подається до вузлів тертя; підвищення тертя у вузлах вала-ексцентрика та інших – перевірити масляну магістраль і масляний насос, а також втулки вала-ексцентрика
Металевий скрип у вузлі верхнього підвісу	Порушення установки дробарки; недостатня кількість мастила; ушкодження поверхонь деталей – перевірити установку дробарки; додати мастило; відшліфувати ушкоджені поверхні деталей

Таблиця 4.3 – Характеристики сплавів на основі сталі 110Г13Л

Марка сталі	Хімічний склад, %						Механічні властивості			
	С	Мп	Si	Р	Cr	Ti	$\sigma_s \cdot 10^7$, Па	δ , %	ψ , %	a_n , кДж/м ²
110Г13Л	0,9-1,3	11,5-14,5	0,4-1,0	до 0,10	до 0,50	-	65,5	18,0	17,5	1600
110Г13Л	0,9-1,3	11,5-14,5	0,4-1,0	до 0,10	до 0,50	0,07-0,15	75,0	27,0	29,0	2270
110Г13ФЛ	0,9-1,3	11,5-14,5	0,4-1,0	до 0,10	до 0,50	-	83,0	32,4	29,4	2270
110Г13ТЛА	1,2-1,3	12,5-13,5	0,3-0,6	0,02-0,05	до 0,50	0,10-0,15	80,0	36,0	35,0	3010
110Г13ТЛА	1,2-1,3	12,5-13,5	0,3-0,6	0,02-0,05	0,8-1,2	0,10-0,15	87,3	30,2	28,3	2630
110Г13ТФЛ	0,9-1,3	11,5-14,5	0,4-1,0	до 0,10	до 0,50	0,04-0,07	83,6	30,1	31,7	2370

Примітка: σ_s – межа міцності при розтяганні; δ – відносне подовження після розриву; ψ – відносне звуження після розриву; a_n – ударна в'язкість

Таблиця 4.4 – Маса деталей та вузлів деяких конусних дробарок крупного дроблення, т

Деталі та вузли	ККД-1500А	ККД-1500Б	ККД-1200	ККД-900	ККД-500	КРД-900
Дробильний конус:						
у зборі	133,13	79,78	41,82	25,70	7,74	50,30
вал	50,60	34,55	18,00	10,50	3,06	21,00
корпус	51,50	24,50	12,70	8,00	2,10	16,26
броня	17,12	11,66	6,90	3,75	1,47	7,05
Станина:						
нижня частина у зборі	96,90	66,00	38,67	30,20	9,72	56,70
середня частина у зборі	192,45	140,00	78,08	32,81	8,54	57,70
броня середньої частини	30,80	25,28	17,96	9,80	2,52	127,90
Ексцентрик у зборі	16,08	11,11	6,28	4,69	1,41	9,13
Траверса у зборі	96,67	73,78	37,11	27,08	8,33	48,58
Нижня частина станини у зборі	17,47	11,71	6,06	17,47	11,71	6,06
Опорна чаша у зборі з підшипником	3,20	2,03	1,09	3,20	2,03	1,00
Кільце опорне	7,34	4,00	2,24	7,34	4,00	2,24
Корпус рухомого конусу	6,80	3,30	1,20	7,80	3,70	1,30
Рухомий конус у зборі	14,43	7,80	3,03	15,57	8,45	3,37
Кільце регулювальне	14,34	8,93	3,81	13,71	8,66	3,62
Корпус регулювального кільця	7,80	4,50	1,91	7,80	4,35	1,89

