

Міністерство освіти і науки України
Криворізький національний університет
Кафедра відкритих гірничих робіт

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА до кваліфікаційної (магістерської) роботи

зі спеціальності 184 – Гірництво

Тема роботи: «Аналіз та обґрунтування ефективних технологій
відкритих гірничих робіт на основі удосконалення процесу
видобутку гірських порід».

Виконав: студент групи ГІВ-23-1м Дмитрієв В.О. _____ / _____ /

Керівник випускної роботи к.т.н, доцент Єременко Г.І. / _____ /

Завідувач кафедри д.т.н, доцент Жуков С.О. _____ / _____ /

Кривий Ріг
2024 р.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до випускної магістерської роботи Дмитрієва В.О. на тему: «Аналіз та обґрунтування ефективних технологій відкритих гірничих робіт на основі удосконалення процесу видобутку гірських порід».

«Випускна робота на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня магістра. Кривий Ріг. Криворізький національний університет, 2024».

Актуальність роботи.

Застосовувані технології та технічні засоби здебільшого не відповідають комплексу сучасних вимог економіки, екологічної та соціальної безпеки. На родовищах природного, природно-техногенного і техногенного типів застосовується найчастіше бульдозерний спосіб виконання розкривних робіт. Відомо, що бульдозери є неефективними з точки зору енерговитрат машинами, оскільки ті переміщують гірничу масу волоком.

Ефективна дальність переміщення гірничої маси бульдозерами мала. Застосування більш потужних бульдозерів з метою підвищення ефективності розкривних робіт де потрібне валове переміщення породи, не приносить істотної економії.

Практика розкривних робіт на родовищах постійно вимагає зниження витрат на види робіт шляхом застосування нової менш енергоємної техніки, вдосконалення технологій розкриву.

В де яких випадках, на кар'єрі розкривні породи складається переважно з наносних порід, а саме глинисті, суглинисті, супіщані породи з коефіцієнтом міцності $f=6$ за шкалою М.М. Протодьяконова. На де яких родовищах розупрочнення розкривного масиву здійснюється із застосуванням буропідривних робіт .

Встановлено, що механічний спосіб руйнування розкривних порід середньої міцності шляхом розпушування, наприклад, навісними обладнанням на базі тракторів промислового призначення в 1,7...2 рази дешевше, ніж буро вибухові роботи. Буропідривний спосіб, крім того, є

одним із найшкідливіших за впливом на навколишнє середовище. Разом з тим важливо знизити витрати на розкривні роботи шляхом впровадження на кар'єрах безвибухових, екологічно чистих технологій і прогресивної гірничої техніки .

Проблема підвищення ефективності та екологічної безпеки розкривних робіт порід із коефіцієнтом міцності породи $f < 8$ за шкалою М. М. Протодьяконова вимагає науково обґрунтованих технічних і технологічних рішень зі створення та застосування нових виїмкових і виїмково-транспортних машин, схем виїмки та переміщення зруйнованої гірничої маси на кар'єрах.

Вирішенню цієї проблеми присвячена ця робота і її розв'язання може бути знайдено дослідженням процесу розкривних робіт шляхом виїмки порід різного стану і складу розпушуванням, черпанням, навантаженням, переміщенням гірничої маси, удосконалення цього процесу і робочого обладнання.

Метою роботи є створення ефективних технологій освоєння розкривних порід з коефіцієнтом міцності порід до $f = 8$ одиниць за шкалою М.М. Протодьяконова на основі вдосконалення процесу виїмки.

Основна ідея роботи полягає в тому, що поставлена мета досягається застосуванням нових технічних засобів з удосконаленим робочим устаткуванням, яке дає змогу більш раціонально, з погляду енергоємності, впливати на масив породи механічним шляхом, розпушуванням, черпанням, вивантаженням або переміщенням гірничої маси.

Завдання дослідження:

1. Розробити аналітичні залежності для розрахунку максимальних опорів черпанню гірничої породи (з експериментальною перевіркою) та шляхи удосконалення цього процесу в зниженні енергоємності під час роботи гірничих машин з різним робочим обладнанням.

2. Обґрунтувати залежність зусиль для виїмки блоків із розузміцнених укосів уступів кар'єра від розподілу значень міцнісних характеристик породи .

3. Виконати техніко-економічне обґрунтування можливості збільшення місткості ковшів і відповідно продуктивності скреперів інтенсифікаторами завантаження у вигляді проміжних стін, що підгрибають (ППС). Розробити аналітичні залежності для визначення опорів переміщенню гірничої маси всередині ковша за допомогою ППС .

4. На основі теоретичних та експериментальних досліджень встановити технічні параметри гірничих машин і обладнання, розробити й апробувати у виробничих умовах ефективні технології розкривних робіт.

Методи досліджень:

аналіз теорій взаємодії робочих органів гірничих машин з породою і технологій відкритої розробки із застосуванням техніки;

теоретичні дослідження питань взаємодії робочих органів гірничих машин з породою;

експерименти в лабораторних і польових умовах на стендах і натурних машинах;

розробка й обґрунтування нових технологічних рішень;

розробка методик для визначення основних параметрів машин;

натурні спостереження, вимірювання та випробування;

проекування дослідних зразків робочих органів машин і дослідно-експлуатаційних робіт;

випробування модернізованих машин і технологій у виробничих умовах;

техніко-економічна та екологічна оцінка результатів досліджень.

Основні наукові положення, представлені у роботі:

1. Максимальний опір виїмці порід різних типів і стану, зокрема і з крупноуламковими включеннями, блокованим, стільниковим або щілинним

способами розпушування розкривних порід розраховується шляхом інтегрування напружень по поверхні розпушених гірських порід.

2. Метод розрахунку необхідних зусиль для виїмки блоків із знезмцнених укосів уступів з урахуванням розподілу міцних характеристик породи.

3. Ефективність скреперування на гірничих виробках на розкривних роботах забезпечується збільшенням довжини і, отже, місткості ковшів скреперів з інтенсифікаторами завантаження у вигляді проміжних стінок, опір переміщенню гірничої маси всередині ковшу аналітично визначається з використанням принципів пасивного відпору породи на підпірну стінку.

5. Професійні технологічні рішення з обґрунтуванням:

- виїмки і транспортування порід ($f=6...8$) і ($f=2...3$) машинами скреперами пошарово;

- розкривних робіт на кар'єрі бульдозерно-скреперно-розпушувальними агрегатами.

Наукова новизна роботи:

1. Виявлено характер і ступінь залежності середньомаксимальної складової опору розпушуванню породи від кількості в ній крупноуламкових включень.

3. Встановлено закономірності зміни металоємності, енергоємності, продуктивності та ефективності роботи скреперів від довжини ковша і, отже, його місткості, за незмінної потужності двигуна та встановлено раціональну довжину ковша скрепера з інтенсифікатором завантаження у вигляді проміжної підгрібаючої стінки.

4. Виявлено вплив кута нахилу днища ковша скрепера на коефіцієнт його заповнення. Визначено найбільш раціональну, з погляду енергоємності, траєкторію руху проміжної підгрібаючої стінки у ковші та розроблено аналітичні залежності для визначення опору переміщення породи всередині ковша за допомогою ППС з використанням законів механіки сипучого середовища.

Ключові слова: кар'єр, рудопотік, руда, видобуток руд, проміжна підгрібаюча стінка (ППС), скрепери, бульдозери, ковш, максимальний опір виїмки порід, розпушування розкривних порід, розкривні породи, гірничі маса, бульдозерно-скреперно-розпушувальні агрегати, транспортування порід, скрепер з інтенсифікатором завантаження.

ЗМІСТ

	стор.
РЕФЕРАТ.....	2
ВСТУП.....	10
1 ВВЕДЕННЯ ТА ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ	12
1.1 Сучасний стан технологій розкривних робіт і практики застосування гірничої техніки на відкритих розробках.....	12
1.2 Сучасний стан технологій та практики застосування гірничої техніки на розкривних роботах	18
1.3 Вивченість процесу виїмки порід скреперами, оснащеними пристроями, що інтенсифікуються у вигляді проміжних підгортуючих стін	21
1.4 Цілі, задачі та методи досліджень	22
2 ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИЄМКИ ПОРОДИ РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ ГІРНИЧИХ МАШИН	26
2.1 Визначення опорів розпушування гірничої породи	26
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИЙМАННЯ ГІРНИЧИХ ПОРІД ПРИ РОЗКРИВНИХ РОБОТАХ	41
3.1 Конструкція стенду та методика досліджень руйнування порід одиночним зубом	41
4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИЄМКИ ПОРІД У ЛАБОРАТОРНИХ І ПОЛЬОВИХ УМОВАХ	45
4.1 Конструкція стенду та методика досліджень опорів черпанню породи моделлю ковша скрепера та проміжною підгрібаючою стінкою (ППС) усередині ковша	45
4.2 Результати досліджень опорів та енергоємності черпання породи ковшами скреперів з ППС та ступеня наповнення ковша при різних кутах нахилу днища	47
4.3 Влаштування стенду та методика дослідження вдосконаленої конструкції ковша гідравлічного екскаватора в процесі розвантаження породи	53
4.4 Результати досліджень часу розвантаження породи з розкривних одноковшових гідравлічних ковшів екскаваторів і зусиль, що виникають на штоках гідроциліндрів підйому козирка	55
5 ПРОПОНУЮЧІ ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ВИРОБНИЦТВА ВІДКРИТИХ ГІРНИЧИХ РОБОТ	58

5.1 Підвищення ефективності розкривних робіт на м'яких породах із застосуванням скреперів	58
5.2 Технологічні рішення щодо підвищення ефективності розкривних та видобувних робіт на попередньо підірваних породах з застосуванням одноковшових гідравлічних екскаваторів, скреперів з підвищеною місткістю ковша та бульдозерно-скреперних агрегатів	60
4 ВИСНОВКИ	66
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	68

ВСТУП

Гірничодобувна промисловість є провідною галуззю народного господарства України.

Однак, гірничодобувна промисловість, як і інші види промисловості, потрапила в смугу глибокої кризи, викликаной військовим станом, високими витратами виробництва та відсутністю ринків збуту виробленої продукції.

Порушення господарських зв'язків зіграли додаткову деструктивну роль на хід соціально-економічних процесів в гірничодобувній промисловості. Гірничо-металургійний комплекс характеризується використанням застарілої технологічного устаткування, при цьому зношеність морально застарілої гірничої техніки на окремих кар'єрах досягла 70%. Із-за обмеження джерел фінансування і різкого зниження об'ємів геолого-розвідувальних робіт прослідковується тенденція зменшення приросту запасів мінеральної сировини. На внутрішньому і зовнішньому ринках істотно помінялися кон'юнктура споживання металів і вугілля. Сучасні ринкові умови, що склалися, викликають необхідність істотного зниження собівартості товарної продукції гірничих підприємств.

Відкритий спосіб розробки родовищ корисних копалини негативно впливає на стан довкілля викликаючи забруднення прилеглих до гірського підприємства територій, повітряного і водного басейнів. Доцільно розглядати два напрями підвищення рентабельності освоєння родовищ корисних копалини.

Перший напрям пов'язаний з відпрацюванням багатих родовищ корисних копалини, при цьому в надрах залишиться бідна за змістом мінеральна сировина, яка, найімовірніше, в перспективі вже не буде видобуватися. Цей шлях освоєння родовищ був широко поширений в Україні і в чималих масштабах практикується в даний час на родовищах.

Другий напрям - це підвищення рентабельності гірничих робіт за рахунок впровадження нової гірничої техніки і прогресивних технологій видобутку і переробки мінеральної сировини.

1 ВВЕДЕННЯ ТА ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

1.1 Сучасний стан технологій розкривних робіт і практики застосування гірничої техніки на відкритих розробках

На більшості кар'єрів на розкривних роботах використовується транспортна система. Основним технологічним процесом по розкриву є транспортування.

Переміщення розкривної породи здійснюється залізничним або автомобільним транспортом. Відвалоутворення зовнішнє.

Технологія розкривних робіт із зовнішнім відвалоутворенням є економічно недоцільною та екологічно шкідливою. Дальність транспортування породи в зовнішні відвали сягає 8... 10 км, при цьому транспортні витрати в сумі з витратами на відвалоутворення становлять 60...70% від вартості розкривних робіт.

У міру відпрацювання кар'єру утворюється глибокий, багатокілометровий по простяганню і впоперек простяганню вироблений простір. Землі виробленого простору і під відвалами назавжди виводяться з сільськогосподарського і лісового користування.

З усіх об'єктів підприємств з відкритого видобутку корисних копалин найбільшою мірою шкідливий вплив на навколишнє середовище чинять зовнішні відвали пустих порід, які займають до 50-70% порушеної поверхні. Приблизно стільки ж займають непрямі порушення відвалами прилеглих територій за рахунок їхнього інтенсивного запилення та інших негативних чинників.

При зовнішньому відвалоутворенні значною мірою порушується гідрологічний режим прилеглих територій, включно з малими річками, забруднюються поверхневі та підземні води.

На розкривних роботах застосовують переважно екскаватори: кар'єрних марок ЕКГ-8І, ЕКГ-12У, ЕК-20А; крокуючі драглайни марок ЕШ-20.90; роторні марок ЕР1250, ЕР-1250Д, ЕР-1250-ОЦ.

Більшість моделей гірничих машин пропрацювали по 10-15 років, а окремі моделі 20 років. Зношеність техніки складає 60-80%.

Поломки пов'язані найчастіше з підвищеними динамічними навантаженнями під час роботи з породами і зниженням ударної в'язкості металоконструкцій робочого обладнання.

Якщо підсумувати всі витрати на буропідривні роботи, включно з вартістю вибухових речовин, складські приміщення та їхню охорону, транспорт, вартість вибухового і бурового обладнання, утримання бригади підривників і буровиків, простої гірничої техніки в очікуванні вибуху то розрахункова собівартість руйнування прошарку породи становить не менше ніж 0,7 умовної од. /м.

У розрахунках собівартості, природно, не враховано шкідливий вплив вибухових робіт на навколишнє середовище і здоров'я людини, який важко уявити в грошовому вираженні.

Підвищення вартості вибухових речовин останніми роками призвело до спроб відмови від буропідривних робіт. У цій ситуації може бути два шляхи.

Перший шлях - певний час проводилися розкривні роботи кар'єрними екскаваторами . Цей шлях згубний для дорогих екскаваторних машин і без того зношених тривалим терміном служби.

Другий шлях використання спеціальних машин, що працюють за принципом механічного руйнування поверхневого шару породи.

За даними різних дослідників собівартість руйнування порід розпушувачами та бульдозерно-розпушувальними агрегатами становить 0,2...0,3 умовної одиниці/м .

На відкритих гірничих виробках найбільш перспективні великовантажні, колісні, самохідні скрепери, що володіють великою силою

тяги і здатні працювати в більшості випадків без штовхачів. При використанні скреперів низькі капітальні витрати, однак експлуатаційні витрати можуть бути досить високими через низький коефіцієнт їхньої технічної готовності, високих витрат на ремонти, гуму і дизельне паливо.

Технології відкритих гірничих робіт з використанням скреперів можливі також після попереднього механічного розпушування породи. Таку технологію робіт, наприклад, використано на міднорудному кар'єрі Твін Б'ют (США), розкривні породи після їхнього попереднього механічного розпушування розробляють скреперами з місткістю ковша $30,6 \text{ м}^3$

Мала місткість ковшів по відношенню до власної ваги є одним із суттєвих недоліків самохідних колісних скреперів. Низька надійність скреперів вітчизняного виробництва і неможливість використовувати скрепери на виїмкових роботах .

Крім того, у наявних самохідних скреперів, ковші яких заповнюються за рахунок реалізації тягового зусилля, у багатьох випадках з'являється необхідність використання трактора-штовхача під час набору породи. У зв'язку з цим збільшується собівартість виймальних робіт, виникає залежність технологічного процесу від штовхача, простої в очікуванні штовхача, неможливість автономного використання скрепера. Завдання забезпечення самозавантаження за допомогою різних спеціальних завантажувальних пристроїв, встановлених безпосередньо в ковші скрепера, є актуальним.

Практично єдине реалізоване розв'язання цього завдання полягає в застосуванні скребкових ланцюгових елеваторів на скреперах, які понад 20 років випускаються всіма основними скреперобудівними зарубіжними фірмами. Обсяг випуску скреперів з елеваторним завантаженням у США досяг понад 50%.

У США освоєно випуск скреперів, обладнаних шнековим завантажувальним пристроєм. Дослідження щодо скреперів такого типу

також проведено, в результаті яких отримано дані щодо їхньої енергоємності, ефективності та низки інших показників.

Застосування механізованої запуску гірничої маси в ківш є одним із шляхів підвищення ефективності скреперів, що забезпечують можливість високого ступеня заповнення ковша без використання штовхача.

Скрепери зі скребковим елеватором набули найбільшого поширення під час виконання виймальних робіт і транспортування породи без великих крупноуламкових включень (до 100-150 мм). За наявності в породі більших включень можлива поломка скребків елеватора.

Скрепери зі шнековими елеваторами забезпечують високий коефіцієнт заповнення ковшів наявних конструкцій машин, однак у разі збільшення довжини ковша в 1,5-2,5 рази вплив роботи шнеків на заповнення ковша зникає.

Крім того, шнеки займають значний корисний об'єм ковша і необхідно передбачати спеціальні пристрої, що запобігають заклинюванню крупноуламкових включень між лопаттю шнека і днищем. Істотним недоліком скреперів зі шнековим інтенсифікатором завантаження є велика енергоємність процесу розвантаження ковша, оскільки за допомогою задньої стінки гірничу масу необхідно продавлювати крізь отвори між шнеком і бічними стінками ковша. Скрепери з активною заслінкою характеризуються тим, що порода, яка накопичується в призмі волочіння, захоплюється керованою заслінкою і переміщується всередину ковша.

Першим недоліком скреперів з активною заслінкою є складність управління рухами заслінки.

По-друге, у скреперів між заслінкою і поперечною балкою тягової рами існує мінімальний зазор 50-100 мм, а щоб захопити активною заслінкою призму волочіння попереду ножа, необхідно просувати її вперед на 1000... 1500 мм.

Скрепери з активним днищем забезпечують послідовне заповнення кожного ступеня ковша з розсуванням днищ у міру їх заповнення, однак, мають складну і металоємну конструкцію.

Окрему групу скреперів, які за конструкцією різко відрізняються від усіх розглянутих типів, представляють скрепери з гребковим ротором, із секційним барабаном і з завантажувальним лотком. Усі ці конструкції інтенсифікаторів не дають змоги заповнювати довгі ковші, у яких довжина ковша перевищує ширину в 2...3 рази. Недоліками цих конструкцій є низька ефективність при роботі на зв'язних породах (глинах, суглинках).

Найперспективніші, з точки зору заповнення довгих ковшів, скрепери з проміжною підгрібаючою стінкою. Проміжні підгрібаючі стінки переміщують породу тільки всередині ковша від підніжкової плити у бік задньої стінки. Траєкторія руху проміжних підгрібаючих стінок визначається напрямними на бічних стінках ковша і може бути такою, щоб забезпечити найменшу енергоємність переміщення гірничої маси, що надійшла в передню частину ковша під дією сили тяги машини. У вихідному і в проміжних положеннях проміжні стінки не перешкоджають розвантаженню, а навпаки можуть сприяти виштовхуванню породи з ковшу.

Аналіз сучасного стану технологій і практики застосування гірничої техніки на розкривних роботах, а також перспективних технологій і техніки дає змогу зробити наступні висновки:

- В кар'єрі на розкривних породах мають місце не зовсім економічні та екологічні технології виконання робіт із переміщенням розкривної породи в зовнішні відвали з використанням залізничного транспорту;
- зношеність парку екскаваційних машин становить не менше 70%;
- розпушування гірської породи поверхонь робочих майданчиків здійснюється буропідривним способом;
- нова перспективна техніка мало впроваджується;
- незважаючи на низьку міцність розкривних порід на родовищах скрепери як виїмково-транспортні машини не

знаходять застосування через їхню неефективність, яка у свою чергу визначається малою ємністю ковшів та відсутністю інтенсифікаторів завантаження.

З існуючих тенденцій розвитку технологій відкритих гірничих робіт рудних кар'єрах слід виділити ряд основних:

- впровадження ресурсозберігаючих, природозберігаючих та маловідходних технологій, які мають базуватися на комплексному освоєнні надр;

- впровадження безвибухових технологій розкривних та видобувних робіт;

- всіляке використання складування розкривних порід у внутрішні відвали з наступною рекультивацією земель.

Таким чином, аналіз основних тенденцій розвитку технологій та застосування гірничої техніки для розкривних порід родовищ свідчить про корінну перебудову в найближчому майбутньому цієї галузі гірничої промисловості.

1.2 Сучасний стан технологій та практики застосування гірничої техніки на розкривних роботах

З інших тенденцій сучасного перехідного періоду слід зазначити:

- високий ступінь зношеності основних фондів;
- неритмічність роботи підприємств через перебої з постачанням дизельного палива та відпусткою електроенергії;
- зниження на підприємстві необхідного ремонтного фонду запасних частин для гірничої техніки та промислового обладнання;
- високий рівень оподаткування;

Як відомо, у гірничодобувній промисловості при розробці корисних копалин розрізняють два методи розробки. Найбільше поширення має відкритий спосіб. На другому місці зараз знаходиться підземний спосіб, яким видобувають 15-20% корисної копалини.

При відкритому способі розкривні породи розробки розрізняють наступні способи виконання робіт: бульдозерно-скреперний; екскаваторний; комбінований.

Парк машин складається переважно з вітчизняних бульдозерних та бульдозерно-розпушувальних агрегатів. За продуктивністю та технологією виконання робіт ці машини пов'язані з використанням обладнання для розпушування гірських порід.

Загалом у разі бульдозери доцільно застосовувати на розкривних роботах при досить стійких наносних відкладеннях та розміщенні відвалів на бортах розрізу або на відпрацьованих площах, коли дальність транспортування порід вбирається у 50... 100 м, які потужність дорівнює 3-4 м.

При використанні бульдозерів з потужністю двигуна 200-400 кВт та вище доцільна глибина розробки досягає 6-10 м, а дальність транспортування гірничої маси 100-150 м.

Недоліками бульдозерного способу розкривних та видобувних робіт є:

- обмежені розміри видобуткового блоку, у зв'язку з чим необхідна часта перестановка обладнання;
- обмежена глибина розробки;
- підвищені енерговитрати переміщення гірничої маси, оскільки транспортування здійснюється волоком;
- значні витрати на дизельного палива.

При великих дальностях транспортування гірничої маси, важких рельєфах та дорожніх умовах може з успіхом застосовуватися гусеничний самохідний бульдозерно-скреперний агрегат, ківш якого розташований між гусеницями. Опускання ковша для роботи проводиться одночасно з підйомом заслінки при піднятому бульдозерному відвалі.

Бульдозування може виконуватися як з наповненим ковшем, так і порожнім. Розвантаження проводиться поворотом задньої стінки ковша з піднятою заслінкою на передньому чи задньому ході. Регулювання товщини висипання прошарку породи при передньому або задньому ході машини здійснюється підйомом опусканням бульдозерного відвалу. Машина може бути забезпечена механічним розпушувачем та реалізує тягове зусилля до 200 кН. Маса машини 18 т при ємності ковша 6,4 м³ і потужності двигуна 110 кВт. Швидкість переднього ходу 2,5-9 км/год, заднього 3,5-11 км/год. Оскільки порода переміщається не волоком, а у ковші, то опір переміщенню значно менше. У зв'язку із цим з'являється можливість підвищити швидкість переміщення. Завдяки високим швидкостям заднього ходу та розвантаженню як на передньому, так і на задньому ході машина зручна для човникової роботи без розворотів.

За ваговими показниками машина ближче до причіпним скреперам, але реалізує, проте, більші зусилля, ніж звичайні скрепери тієї ж ємності ковша, що працюють на причепі тракторів потужністю 70-80 кВт із силою тяги до 120-130 кН.

Враховуючи більш вигідну універсальність і маневреність цієї машини, можливість роботи в таких важких дорожніх умовах, де використовувати колісні машини не можна, слід вважати застосування гусеничних бульдозерно-скреперних агрегатів на відкритих розкривних родовищах перспективним, тим більше, що вони можуть агрегатуватися в основному з вузлів тракторів.

Дуже важливою особливістю розробки розсипних родовищ є систематичне погіршення умов роботи, збільшення її трудомісткості та обсягу, необхідні збереження видобутку на досягнутому рівні. Це відбувається через те, що геологорозвідка виявляє, а експлуатація відпрацьовує насамперед ті родовища, які залягають у найпростіших умовах, мають підвищені середні змісти корисної копалини.

При прямокутних у плані крилах видобувних блоків заїзди бульдозерів по діагональному напрямку крила займають більше часу, ніж по сторонам крила, що викликає нерівномірність подачі пісків до приймального бункеру. Крім того, схема розробки двокрилого, трикрилого та чотирьокрилого видобувних блоків вимагає у свою чергу принаймні двосторонньої подачі пісків на гідровашгерд. Двостороння подача до приймального бункеру обумовлює суттєве перекомпонування та модернізацію гідроустановки.

Аналіз сучасного стану технологій та практики застосування гірничої техніки на відкритих розкривних родовищах дозволяє зробити ряд висновків:

- необхідні перспективні конструкції гідровашгердів, що забезпечують підвищення продуктивності первинного збагачення та дозволяють збільшити розміри видобуткового блоку;

- доцільно впровадження замість бульдозерів бульдозерно-скреперних агрегатів (цілого параметричного ряду), що комплектуються за продуктивністю з гідровашгердами та гідромоніторами;

- важливе значення має питання розміцнення шляхом розпушування гірських порід і порід з великоуламковими включеннями з метою

раціонального вибору ефективного розпушувального обладнання та збільшення тривалості сезону промивання;

- доцільно впровадження бульдозерно-скреперних агрегатів замість бульдозерів

1.3 Вивченість процесу виїмки порід скреперами, оснащеними пристроями, що інтенсифікуються у вигляді проміжних підгортуючих стін

Існує значна кількість методик визначення опорів виїмки породи скреперами.

Незважаючи на відмінність методик визначення опору черпання породи ковшами скреперів і значна розбіжність результатів розрахунку різними методиками, у всіх методиках загальний опір виїмки породи розподіляють на три складові: опір різання породи ножем ковша; опір переміщенню призми волочіння, що формується перед ковшем; опір переміщенню породи усередині ковша.

Залежно від методики розрахунку і типу породи ці три складові опору черпання змінюються досить широкому діапазоні. Опір переміщенню призми волочіння може досягати 40% від загального опору черпанню. Наявність пристроїв, що інтенсифікуються, на ковші скрепера може значно зменшити опір переміщенню призми волочіння або довести до нульового значення, наприклад, за наявності завантажувального елеватора з нижньою горизонтальною гілкою.

Методика визначення опорів черпанню породи Зеленіна О.М. базується на фізичній картині виїмки ковшем незв'язної дрібнозернистої породи (пісок, супесь), а методика Петерса Є.Р., Домбровського Н.Г. на фізичній картині виїмки зв'язкової дрібнозернистої породи (суглинок, глина). Ці дві фізичні картини суттєво і принципово відрізняються одна від одної, тому спостерігається великий розкид у результатах розрахунку та, особливо при

визначенні складової опору черпання, пов'язаної з просуванням породи всередині ковшу.

Існуючі методики визначення опорів черпанню породи придатні для серійних скреперів, з короткими ковшами, довжина яких, рахуючи від ріжучої кромки ножа до задньої стінки, не перевищує ширини ковша.

Заповнення довгих ковшів можливе лише за допомогою спеціальних інтенсифікаторів типу підгортаючих проміжних стінок.

Таким чином, дослідження опорів виїмки порід подовженими ковшами скреперів за наявності інтенсифікаторів у вигляді проміжних підгрібаючих стін є завданням актуальним.

1.4 Цілі, задачі та методи досліджень

В результаті аналізу виявлено низку невирішених питань у галузі відкритих гірничих розкривних робіт, пов'язаних,

- по-перше, з безвибуховою технологією розуміщення уступів кар'єрів з дрібнозернистими породами (з великоуламковими включеннями або без них) із застосуванням одноковшових гідравлічних екскаваторів з розпушувальними зубами або роторних траншейних екскаваторів у комплекті з буровими верстатами;

- по-друге, із застосуванням технології для виконання видобувних робіт на відкритих розкривних родовищах з відпрацюванням двокрилих блоків по віяло-кільцевій схемі -бульдозерно-скреперно-розпушувальними агрегатами,

- по-третє, із застосуванням технологій розкривних на міцних породах з використанням виїмкових машин фрезерного типу в комплекті з приводними бункерами або великовантажними скреперами

- по-четверте, з застосуванням на попередньо підірваних дуже міцних породах (при коефіцієнті міцності вище 8 одиниць за шкалою М. М. Протодьяконова) великовантажних скреперів з інтенсифікаторами

завантаження в комплекті з бульдозерноскреперними агрегатами або одноковшовими кар'єрними гідравлічними екскаваторами з розкривними ковшами.

Проведений аналіз сучасного стану технологій та практики застосування гірничої техніки на відкритих гірничих розробках дозволяє сформулювати головну мету виконуваної роботи, яка полягає у підвищенні ефективності відкритих гірничих розкривних робіт на основі вдосконалення процесу виїмки гірських порід, техніки та технологій.

Та ціль може бути використана шляхом виконання 3-х задач:

- створення безвибухової технології та вдосконаленої гірничої техніки для зміцнення промерзлого поверхневого шару породи;
- створення безвибухової технології розкривних при відкритій розробки рудних родовищ на базі новітньої гірничої техніки з великовантажних колісних скреперів з примусовим завантаженням ковшів, а також гідравлічних екскаваторів з розкривними ковшами;
- створення технології розкривних робіт на відкритих розробках родовищ природного, природно-техногенного та техногенного характеру шляхом застосування бульдозерно-скреперно-розпушувальних агрегатів.

Для вирішення цих питань потрібні більш ефективні великовантажні колісні скрепери, здатні конкурувати з комплектом машин екскаватор-самоскид і, нарешті, для підвищення ефективності роботи гідравлічних кар'єрних екскаваторів потрібне їх удосконалення, здатне знизити енерговитрати з виконання робіт.

Рішення цих задач потребує:

- експериментального дослідження процесу черпання порід роторними траншейними екскаваторами з різними

- розстановками зубів з виявленням менш енергоємного режиму роботи;
- теоретичного та експериментального дослідження процесу завантаження довгих ковшів скреперів за допомогою інтенсифікаторів типу підгребаючих проміжних стін;
 - експериментального дослідження впливу кута нахилу ковша скрепера на коефіцієнт заповнення ковша;
 - теоретичного та експериментального дослідження процесу розвантаження ковшів кар'єрних екскаваторів з ексцентричним закріпленням козирка;
 - визначення раціональних параметрів робочих органів гірничих машин для розробки порід, ковшів колісних скреперів та кар'єрних екскаваторів;
 - обґрунтування застосування бульдозерно-скреперних та бульдозерно-скріперно-розпушувальних агрегатів;
 - економічного та екологічного обґрунтування пропонованих гірничих машин та технологій виконання робіт за допомогою цих машин;
 - аналізу впровадження запропонованих удосконалень машин та технологій.

ВИСНОВКИ.

1. Необхідність залучення в експлуатацію більш глибоких, складних, техногенних розсипів викликають потребу створення та впровадження більш продуктивної гірничої техніки, зокрема бульдозерно-скреперно-розпушувальних агрегатів, модернізації промивного обладнання первинного збагачення та технології виконання робіт.

2. Висока вартість буро-вибухових робіт при руйнуванні розкривних порід слабкої міцності веде до пошуку більш ефективних, механічних способів впливу на масив породи, заснованих на принципі

різання, застосування нової або модернізованої техніки (великовантажних скреперів, комбайнів, траншейних екскаваторів, дискофрезерного обладнання тощо), а також розроблення професійних технологічних схем руйнування, виїмки та транспортування гірничої маси.

3. Необхідність підвищення ефективності технологій виїмки та транспортування попередньо підірваних м'яких і дуже м'яких порід на кар'єрах вимагає застосування прогресивної техніки (бульдозерно-скреперних агрегатів, скреперів з інтенсифікаторами завантаження, кар'єрних гідравлічних екскаваторів з ковшами, що розкриваються) і нових технологічних рішень.

4. Розробка та обґрунтування нової або модернізованої техніки на відкритих розкривних роботах виробках викликає необхідність низки досліджень: виїмки гірничих порід шляхом різання та черпання з визначенням найменшої енергоємності цього процесу; щодо удосконалення виїмки порід за допомогою скреперів, обладнаних інтенсифікаторами загрузки; працездатності бульдозерно-скреперних агрегатів та машин пошарового фрезерування; процесу виїмки породи одноковшовими гідравлічними екскаваторами на стадії розвантаження ковшу.

2 ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РУЙНУВАННЯ ПОРОДИ РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ ГІРНИЧИХ МАШИН

2.1 Визначення опору руйнування гірничої породи

В розділі наведено метод розрахунку дотичної та нормальної складових опору руйнування стільниковим способом з урахуванням зменшення обсягу та поверхні відділення елемента попереднім відділенням. У зв'язку з уточненням і, отже, розвитком методу розрахунку похибка обчислень за аналітичними залежностями щодо експериментальних даних знизилася на 5...6%.

Форму елемента руйнування можна уявити як половину зрізаного прямого конуса заввишки $(h-h_2)$ обмеженого бічними поверхнями CC_1, DD_1, FF_1, EE_1 двох суміжних, попередніх вищележачих стільникових різів, а також поверхнею $F; E_1; D_1; C$ відділення елемента стружки безпосередньо попереднього аналізованого.

Допущення, які мають місце при такому поданні форми відокремленої стружки, такі ж, як і при блочному руйнуванні, за винятком припущення того, що поверхні CC_1, DD_1 і FF_1, EE_1 , утворені попередніми стільниковими різамі є площинами.

Для визначення складових зусиль руйнування P_{01} і P_{02} доцільно розділити поверхню відділення на чотири зони.

Відносну та нормальну складові опору руйнування в зонах 1 і 2 та опір, пов'язаний із затупленням робочого органу, можна визначити так само, як і при блокованому руйнуванні.

Зона 3 являє собою поверхню зрізаного півконуса заввишки H_2 , обмеженого двома вертикальними площинами, лінії FF_1 та CC_1 .

Відносну P_{x3} і нормальну P_{y3} складові опору руйнування в зоні 3 можна визначити шляхом інтегрування напруг σ_p і τ окремо по поверхнях $F_1F_1'C_1'C_1, FF_1F_1'$ і CC_1C_1'

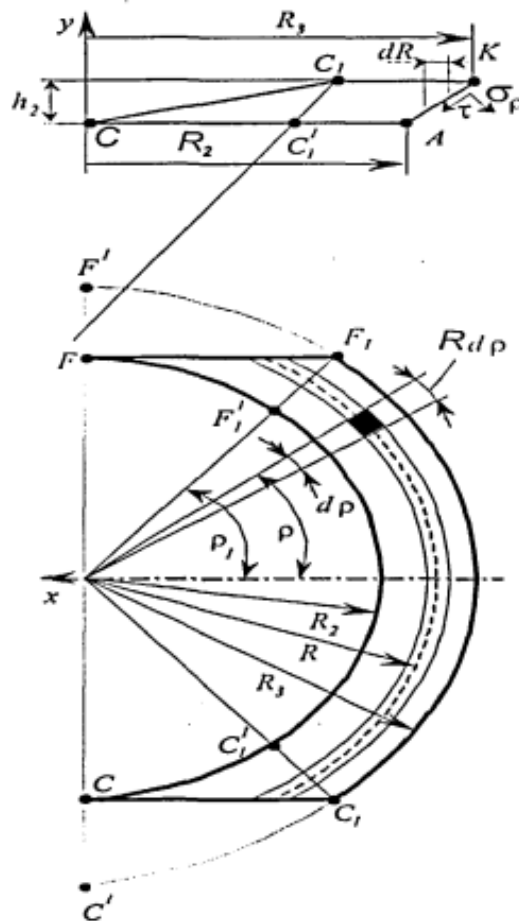


Рисунок 2.1 Поверхня відділення у зоні 3

Для спрощення розрахунків фактично параболічні відрізки FF_1 та CC_1 бічних поверхонь замінено прямими. Крім того, було встановлено, що площі конічної поверхні $FF_1F_1^*$ і $CC_1C_1^*$ орієнтовно втричі менше площ $FF_1^*F_1F^*$ і $CC_1^*C_1C^*$

Ці припущення не можуть викликати помітної зміни P_{x3} та P_{y3} , оскільки площі $FF_1F_1^*$ і $CC_1C_1^*$ малі порівняно із загальною площею відділення стружки у зоні 3.

Тоді

$$P_{x3} = (\tau - \sigma_p \operatorname{tg} \theta) \left[2 \int_{R_2}^{R_1} \int_0^{\rho_1} R \cos \rho dR d\rho - \frac{2}{3} \int_{R_2}^{R_1} \int_0^{\frac{\pi}{2}} R \cos \rho dR d\rho \right], \quad (2.1)$$

Аналогічно

$$P_{y_3} = -(\tau \operatorname{tg} \theta + \sigma_p) \left[2 \int_{R_2}^{R_1} \int_0^{\rho_1} R \cos \rho dR d\rho - \frac{2}{3} \int_{R_2}^{R_1} \int_0^{\frac{\pi}{2}} R \cos \rho dR d\rho \right]. \quad (2.2)$$

Враховуючи що

$$R_3 = R_2 - \frac{h_2}{\operatorname{tg} \theta} = \frac{s}{2} + \frac{h}{2\operatorname{tg} \theta}, \quad (2.3)$$

$$\text{а } \rho_1 = \arcsin \frac{R_2}{R_3} \quad (2.4)$$

Можна отримати

$$P_{x_3} = (\tau - \sigma_p \operatorname{tg} \theta) \frac{h_2}{\operatorname{tg} \theta} \left(s + \frac{h}{\operatorname{tg} \theta} - \frac{h_2}{\operatorname{tg} \theta} \right) \left(1 + \frac{2h_2}{3s\operatorname{tg} \theta + 3h} \right);$$

$$P_{x_3} = -(\tau \operatorname{tg} \theta + \sigma_p) \frac{h_2}{\operatorname{tg} \theta} \left(s + \frac{h}{\operatorname{tg} \theta} - \frac{h_2}{\operatorname{tg} \theta} \right) \left(1 + \frac{2h_2}{3s\operatorname{tg} \theta + 3h} \right). \quad (2.5)$$

Зона 4 є конусною поверхнею, яка обмежена двома бічними площинами FF_1EE_1 і CC_1DD_1 .

Лінії перетину пересічної площини з конусною поверхнею є, як відомо, парабола.

Проекції відрізків F_1E та C_1D на площину xz можуть бути описані квадратичною функцією вида $z = ax^2$

Значення коефіцієнта a можна визначити за умови:

$$x_1 = R_3 \cos \rho_1, \quad z_1 = \frac{h_2}{2\operatorname{tg} \theta},$$

$$x_2 = R_4 \cos \rho, \quad z_2 = \frac{h - h_2}{2\operatorname{tg} \theta} \quad (2.6)$$

При цьому

$$a = \frac{\operatorname{tg} \theta}{2(S\operatorname{tg} \theta + h - h_2)}. \quad (2.7)$$

Параметри R_4 , ρ_0 , ρ_1 визначаються з розгляду, що

$$\begin{aligned} R_4 &= \frac{s}{2} + \frac{h-h_2}{\operatorname{tg}\theta} = \frac{\rho \operatorname{tg}\theta + 2h - 2h_2}{2\operatorname{tg}\theta}; \\ \rho_0 &= \arcsin \frac{s}{2R_4} = \arcsin \left(\frac{\operatorname{tg}\theta}{\operatorname{tg}\theta + 2h - 2h_2} \right); \\ \rho_1 &= \arcsin \frac{R_2}{R_3} = \arcsin \left(\frac{\operatorname{tg}\theta + h - 2h_2}{\operatorname{tg}\theta + h} \right). \end{aligned} \quad (2.8)$$

У загальному вигляді P_{x4} і P_{y4} дорівнюватимуть:

$$\begin{aligned} P_{x4} &= (\tau - \sigma_p \operatorname{tg}\theta) 2 \left[\int_{R_3}^{R_4} \int_0^{\rho_0} R \cos \rho dR d\rho + \int_{R_3}^{R_4} R \left(\int_{\rho_0}^{\rho(R)} \cos \rho d\rho \right) dR \right]; \\ P_{x3} &= -(\tau \operatorname{tg}\theta + \sigma_p) 2 \left[\int_{R_3}^{R_4} \int_0^{\rho_0} R \cos \rho dR d\rho + \int_{R_3}^{R_4} R \left(\int_{\rho_0}^{\rho(R)} \cos \rho d\rho \right) dR \right]. \end{aligned} \quad (2.9)$$

Залежність $\rho(R)$ може бути встановлена із співвідношень:

$$z = ax^2, \quad x = R \cos \rho, \quad R = \sqrt{z^2 + x^2}. \quad (2.10)$$

Після підстановки

$$R = R \cos \rho \sqrt{a^2 R^2 \cos^2 \rho + 1}, \quad (2.11)$$

Або інакше

$$a^2 R^2 \cos^4 \rho + \cos^2 \rho - 1 = 0. \quad (2.12)$$

Звідси

$$\rho = \arccos \sqrt{\frac{2}{\sqrt{1+4a^2R^2}+1}}$$

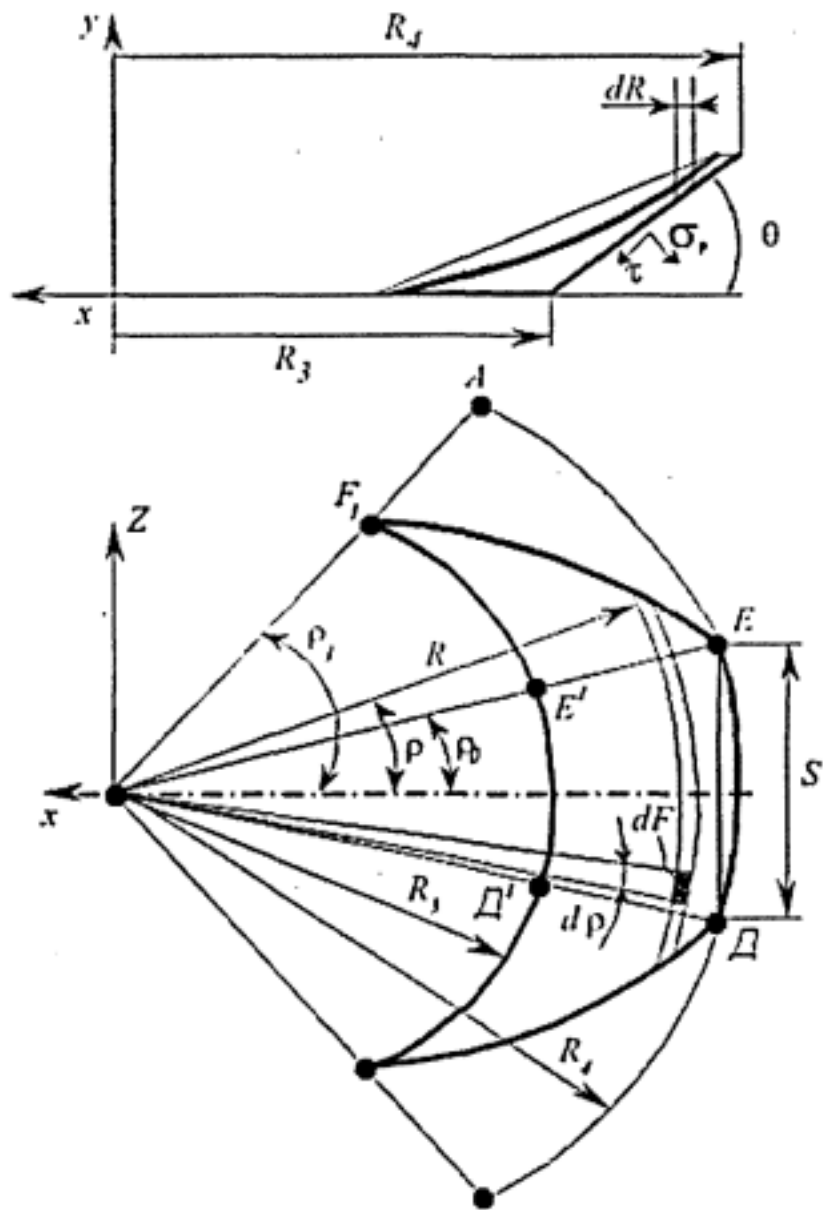


Рисунок 2.2 Поверхня відділення елемента у зоні 4.

Вираз можна записати у вигляді:

$$P_{x4} = (\tau - \sigma_p \operatorname{tg} \theta) 2 \left\{ \frac{R^2}{2} \Big|_{R_3}^{R_4} \sin \rho \Big|_0^{\rho_0} + \int_{R_3}^{R_4} R [\sin \rho(R) - \sin \rho_0] dR \right\},$$

або

$$\begin{aligned} P_{x4} &= (\tau - \sigma_p \operatorname{tg} \theta) 2 \left\{ \frac{R_4^2 - R_3^2}{2} \sin \rho_0 + \int_{R_3}^{R_4} R (\operatorname{arccos} \sqrt{\frac{2}{\sqrt{1+4a^2R^2} + 1}} - \sin \rho_0) dR \right\} = \\ &= (\tau - \sigma_p \operatorname{tg} \theta) 2 \int_{R_3}^{R_4} R \left(\frac{2aR}{\sqrt{1+4a^2R^2} + 1} \right) dR = (\tau - \sigma_p \operatorname{tg} \theta) 4a \int_{R_3}^{R_4} \frac{R^2 dR}{\sqrt{1+4a^2R^2} + 1} = \\ &= (\tau - \sigma_p \operatorname{tg} \theta) 4a \int_{R_3}^{R_4} \frac{\sqrt{1+4a^2R^2} - 1}{4a^2} dR = (\tau - \sigma_p \operatorname{tg} \theta) \left(-\frac{R_4 - R_3}{a} + \frac{1}{a} \int_{R_3}^{R_4} \sqrt{1+4a^2R^2} dR \right) = \\ &= (\tau - \sigma_p \operatorname{tg} \theta) \left(-\frac{R_4 - R_3}{a} + \frac{1}{a} \int_{R_3}^{R_4} \sqrt{\frac{1}{4a^2} + R^2} dR \right) = (\tau - \sigma_p \operatorname{tg} \theta) \left\{ \left(-\frac{R_4 - R_3}{a} \right) + \right. \\ &\quad \left. + \frac{1}{2a} \left[R \sqrt{R^2 + \frac{1}{4a^2}} + \frac{1}{4a^2} \ln \left(R + \sqrt{R^2 + \frac{1}{4a^2}} \right) \right] \Big|_{R_3}^{R_4} \right\} = \\ &= (\tau - \sigma_p \operatorname{tg} \theta) \left\{ \left(-\frac{R_4 - R_3}{a} \right) + \frac{1}{2a} \left[R_4 \sqrt{R_4^2 + \frac{1}{4a^2}} - R_3 \sqrt{R_3^2 + \frac{1}{4a^2}} + \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + \frac{1}{4a^2} \ln \frac{R_4 + \sqrt{R_4^2 + \frac{1}{4a^2}}}{R_3 + \sqrt{R_3^2 + \frac{1}{4a^2}}} \right] \right\}. \end{aligned} \tag{2.13}$$

Після підстановки значень R_3 , R_4 і a :

$$\begin{aligned}
P_{x4} = & (\tau - \sigma_p \operatorname{tg} \theta) \frac{\operatorname{Stg} \theta + h - h_2}{\operatorname{tg}^2 \theta} \left\{ - (h - 2h_2) + \frac{1}{4 \operatorname{tg} \theta} \left[(\operatorname{stg} \theta + 2h_2) \times \right. \right. \\
& \times \sqrt{5(\operatorname{stg} \theta)^2 + 12 \operatorname{stg} \theta (h - h_2) + 8(h - h_2)^2} - \\
& - (\operatorname{stg} \theta + h) \sqrt{(\operatorname{stg} \theta + h)^2 + 4(\operatorname{stg} \theta + h - h_2)^2} + 4(\operatorname{stg} \theta + h - h_2)^2 \times \\
& \left. \left. \times \ln \frac{(\operatorname{stg} \theta + 2h - 2h_2) + \sqrt{5(\operatorname{stg} \theta)^2 + 12 \operatorname{stg} \theta (h - h_2) + 8(h - h_2)^2}}{(\operatorname{stg} \theta + h) + \sqrt{(\operatorname{stg} \theta + h)^2 + 4(\operatorname{stg} \theta + h - h_2)^2}} \right] \right\}. \quad (2.14)
\end{aligned}$$

Якщо позначити вираз у фігурних дужках через A , то

$$P_{x4} = (\tau - \sigma_p \operatorname{tg} \theta) \frac{\operatorname{stg} \theta + h - h_2}{\operatorname{tg}^2 \theta} A. \quad (2.15)$$

Аналогічно

$$-P_{x4} = -(\tau \operatorname{tg} \theta + \sigma_p) \frac{\operatorname{stg} \theta + h - h_2}{\operatorname{tg}^2 \theta} A. \quad (2.16)$$

Складові загального опору стільникового різання будуть відповідно рівні:

$$\begin{aligned}
P'_{01} = -P_{01} = & P_{x1} + P_{x2} + P_{x3} + P_{x4} + P_x^{n3}; \\
P'_{02} = -P_{02} = & P_{y1} + P_{y2} + P_{y3} + P_{y4} + P_y^{n3}. \quad (2.17)
\end{aligned}$$

Після підстановки доданків та найпростіших перетворень, значення

P_{01} та P_{02} будуть відповідно рівні:

$$\begin{aligned}
-P_{01} = & \sigma_{cm} \left[sh_2 + \frac{\xi_1 h_2^2 \operatorname{tg} \varphi \sin(2\alpha_p + \varphi)}{\sin(\alpha_p + \varphi)} + \frac{\xi_1 \pi^2 \operatorname{tg} \varphi_2}{8} + \frac{\pi h_2 \operatorname{tg} \varphi \operatorname{ctg}(2\alpha_p + \varphi)}{2} + \frac{b \sin(\delta_1 + \mu)}{\cos \mu} \right] + \\
& + \frac{\tau - \sigma_p \operatorname{tg} \theta}{\operatorname{tg}^2 \theta} \left[\frac{h - 2h_2}{4} (2 \operatorname{stg} \theta + h - 2h_2) + (\operatorname{stg} \theta + h - h_2)(h_2 + A) \right]; \quad (2.18)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
P_{02} = & \sigma_{cm} \left[\frac{8sh_2 \operatorname{ctg}(\alpha_p + \varphi) + \pi^2}{8} - \frac{\xi_1 \pi h_2 \operatorname{tg} \varphi_2}{2} - \frac{\xi_1 h_2^2 \sin(2\alpha_p + \varphi) \operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg} \alpha_p \sin(\alpha_p + \varphi)} + \frac{b \cos(\delta_1 + \mu)}{\cos \mu} \right] - \\
& - \frac{\tau \operatorname{tg} \theta + \sigma_p}{\operatorname{tg}^2 \theta} \left[\frac{h - 2h_2}{4} (2 \operatorname{stg} \theta + h - 2h_2) + (\operatorname{stg} \theta + h - h_2)(h_2 + A) \right]. \quad (2.19)
\end{aligned}$$

Однак обчислення складових загального опору різання одним зубом за формулами дещо важко через досить тривале обчислення коефіцієнта A .

З метою спрощення обчислень значень P'_{01} і P'_{02} було проведено планиметрування розгорток поверхонь відділення елементів стружки в зоні 4 на спеціально виготовлених для цього картонних моделях елементів стружки.

Планиметрування показало, що при всіх можливих Q , h і S , що змінюються відповідно в межах $15^\circ < \Theta < 30^\circ$, $2 < h < 00$, $2 \text{ см} < S < 15 \text{ см}$, частина площі зони 4 F_1EE' в 3,5 рази менша за площу $AEE'F$.

З урахуванням останньої обставини можна виразити залежністю:

$$\begin{aligned}
 P_{x4} &= (\tau - \sigma_p \operatorname{tg} \theta) \left[\frac{2}{3,5} \int_{R_3}^{R_4} \int_{\rho_0}^{\rho_1} R \cos \rho dR d\rho + 2 \int_{R_3}^{R_4} \int_0^{\rho_0} R \cos \rho dR d\rho \right] = \\
 &= (\tau - \sigma_p \operatorname{tg} \theta) \left[\frac{R^2}{3,5} \Big|_{R_3}^{R_4} \sin \rho \Big|_{\rho_0}^{\rho_1} + R^2 \Big|_{R_3}^{R_4} \sin \rho \Big|_{R_3}^{R_4} \right] = \\
 & \hspace{15em} (2.20)
 \end{aligned}$$

$$= (\tau - \sigma_p \operatorname{tg} \theta) (R_4^2 - R_3^2) \left(\frac{\sin \rho_1 + 2,5 \sin \rho_0}{3,5} \right).$$

Після підстановки значень R_4 , R_3 , ρ_1 , ρ_0 :

$$\begin{aligned}
 P_{x4} &= \frac{\tau - \sigma_p \operatorname{tg} \theta}{\operatorname{tg}^2 \theta} \left[\frac{(\operatorname{stg} \theta + 2h - 2h_2)^2 - (\operatorname{stg} \theta + h)^2}{4} \right] \times \\
 &\times \left[\frac{\operatorname{stg} \theta + h - 2h_2}{3,5(\operatorname{stg} \theta + h)} + \frac{2,5 \operatorname{stg} \theta}{3,5(\operatorname{stg} \theta + 2h - 2h_2)} \right]. \\
 & \hspace{15em} (2.21)
 \end{aligned}$$

Відповідно

$$\begin{aligned}
 P_{y4} &= -\frac{\tau \operatorname{tg} \theta - \sigma_p}{\operatorname{tg}^2 \theta} \left[\frac{(\operatorname{stg} \theta + 2h - 2h_2)^2 - (\operatorname{stg} \theta + h)^2}{4} \right] \times \\
 &\times \left[\frac{\operatorname{stg} \theta + h - 2h_2}{3,5(\operatorname{stg} \theta + h)} + \frac{2,5 \operatorname{stg} \theta}{3,5(\operatorname{stg} \theta + 2h - 2h_2)} \right]. \\
 & \hspace{15em} (2.22)
 \end{aligned}$$

Слід також зазначити, що визначення напруг руйнування дрібнозернистої породи є досі недостатньо вивченим питанням. У зв'язку з цим напруги зминання визначають як інтегральну характеристику впровадження зубу у породу з урахуванням сил тертя. За даними деяких досліджень ця напруга дорівнює $\sigma_{cm} = (5...11) \sigma_{cm}$ і може бути орієнтовно прийнята:

$$\sigma'_{cm} = 7\sigma_{cm}$$

Інтегральну характеристику впровадження зубу в породу з напругою σ_{cm} можна визначити за формулою:

$$\sigma'_{cm} = k_{\sigma} = 2l\sigma_p \sqrt{\frac{t_{cm}}{t_{раз}}}, \quad (2.23)$$

де t_{cm} - середня температура породи в шарі h_2 ;

$t_{раз}$ - середня температура шару ґрунту завтовшки $(h-h_2)$.

Таким чином, замінюючи у формулах σ_{cm} на σ'_{cm} і виключаючи сили тертя у сфері ущільненого ядра, і навіть підставляючи значення P_{x4} і P_{y4} , можна отримати остаточні і досить зручні для розрахунку залежності для визначення P_{01} і P_{02} :

$$P'_{01} = \sigma'_{cm} \left[sh_2 + \frac{bs \sin(\delta_1 + \mu)}{\cos \mu} \right] + \frac{(\tau - \sigma_p \operatorname{tg} \theta)}{\operatorname{tg}^2 \theta} \left\{ \left[\frac{h}{2} (\operatorname{stg} \theta + \frac{h}{2}) + \frac{2h_2^2 (\operatorname{stg} \theta + h - h_2)}{3(\operatorname{stg} \theta + h)} \right] + \right. \\ \left. + \left[\frac{(\operatorname{stg} \theta + 2h - 2h_2)^2 - (\operatorname{stg} \theta + h)^2}{4} \right] \times \right. \\ \left. \left[\frac{\operatorname{stg} \theta + h - 2h_2}{3,5(\operatorname{stg} \theta + h)} + \frac{2,5 \operatorname{stg} \theta}{3,5(\operatorname{stg} \theta + 2h - 2h_2)} \right] \right\}; \quad (2.24)$$

$$\begin{aligned}
 P'_{02} = \sigma'_{cv} & \left[sh_2 \operatorname{ctg}(\alpha_p + \psi) + \frac{\xi_1 \pi S^2}{8} + \frac{bs \cos(\delta_1 + \mu)}{\cos \mu} \right] - \frac{(\tau \operatorname{tg} \theta + \sigma_p)}{\operatorname{tg}^2 \theta} \left\{ \left[\frac{h}{2} (\operatorname{stg} \theta + \frac{h}{2}) + \right. \right. \\
 & \left. \left. + \frac{2h_2^2 (\operatorname{stg} \theta + h - h_2)}{3(\operatorname{stg} \theta + h)} \right] + \left[\frac{(\operatorname{stg} \theta + 2h - 2h_2)^2 - (\operatorname{stg} \theta + h)^2}{4} \right] \times \right. \\
 & \left. \times \left[\frac{\operatorname{stg} \theta + h - 2h_2}{3,5(\operatorname{stg} \theta + h)} + \frac{2,5 \operatorname{stg} \theta}{3,5(\operatorname{stg} \theta + 2h - 2h_2)} \right] \right\}.
 \end{aligned}
 \tag{2.25}$$

Значення σ суглинка за нормальної температури t практично рівні між собою.

Визначення σ для суглинку значення P'_{01} і P'_{02} , знаходяться ближче до експериментальних даних.

Все різноманіття форм поперечних перерізів стружок, що утворюються при різних комбінаціях товщини стружки h , ширини зуба S і кроку різання t між двома суміжними лініями проходу зуба зводилося до чотирьох найбільш типових.

Під час розгляду форми стружки, не віднімається об'єм породи в елементі, що виймається попереднім відділенням. Це призводило до значних похибок. У цій роботі зазначене вище припущення було знято, внаслідок чого точність обчислень за отриманими залежностями підвищилася на 5...6%.

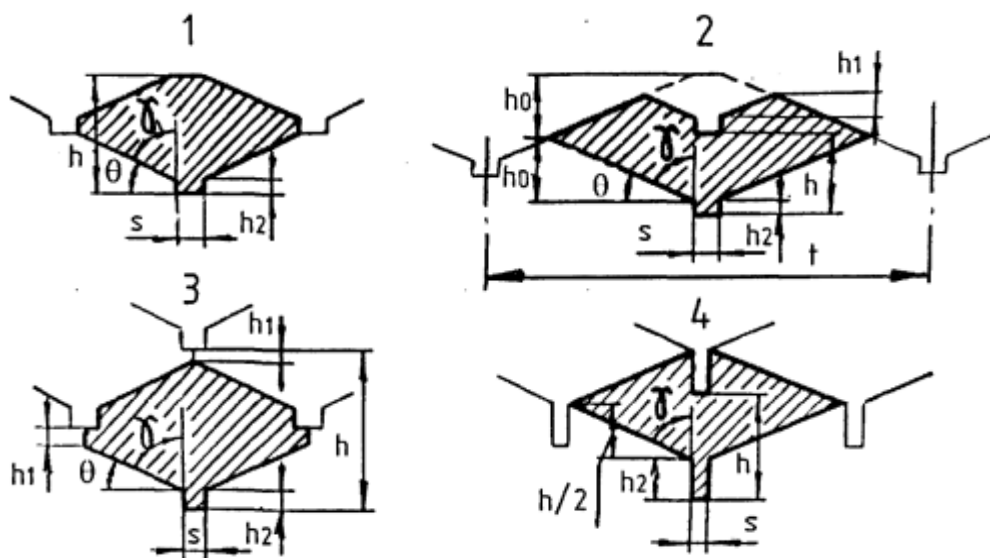


Рисунок 2.3 Характерні форми поперечних перерізів прошарків при руйнуванні одним зубом

Певна розбіжність у кінцевих формулах визначення P'_{01} , і P'_{02} відбувається через те, що поверхня відриву елементів стружки має своєрідну конфігурацію для кожного з розглянутих випадків стружкоутворення. Однак ті додатки P'_{01} , і P'_{02} які виникають в області ядра (зона 1) та на майданчику затуплення визначаються за отриманими формулами однотипно для всіх чотирьох характерних випадків прошаркоутворення.

Значення величин h_2 і Q , що входять до отриманих формул, можна визначити за залежностями, отриманими експериментально.

Значення σ_p , φ , μ і c_0 для основних типів дрібнозернистих порід і різного їх стану досить повно наведено у літературі.

Визначення P'_{01} , і P'_{02} за цією методикою передбачає (особливо для траншейних екскаваторів) попередня побудова сітки скола породи та поперечного перерізу стружки, та був вибір відповідної формули розрахунку (табл. 1).

Таблиця 1 Формули для визначення зусиль розпушування для різних перерізів прошарків

Номер сечення стружки	Формула для определения P'_{01}
2	$P'_{01} = \sigma'_{cv} \left[sh_2 + \frac{8s \sin(\delta_1 + \mu)}{\cos \mu} \right] + (\tau - \sigma_p \operatorname{tg} \theta) \left\{ \left[\frac{h_0}{\operatorname{tg}^2 \theta} (s \cdot \operatorname{tg} \theta + h_0) \right] + \right.$ $+ \frac{3h_0 (s \cdot \operatorname{tg} \theta + h_0)}{\operatorname{tg}^2 \theta} \left(\frac{s \cdot \operatorname{tg} \theta + 1,14h_0}{s \cdot \operatorname{tg} \theta + 4h_0} \right) - \frac{h_2 s}{\operatorname{tg} \theta} - \frac{h_1}{\operatorname{tg}^2 \theta} (s \cdot \operatorname{tg} \theta + h_1) -$ $\left. - \frac{s \cdot h_1 (s \cdot \operatorname{tg} \theta + h_1)}{\operatorname{tg}^2 \theta} \left(\frac{s \cdot \operatorname{tg} \theta + 1,14h_1}{s \cdot \operatorname{tg} \theta + 4h_1} \right) \right\}$
3	$P'_{01} = \sigma'_{cv} \left[sh_2 + \frac{8s \sin(\delta_1 + \mu)}{\cos \mu} \right] + \frac{\tau - \sigma_p \operatorname{tg} \theta}{\operatorname{tg}^2 \theta} \left\{ \left[\left(\frac{h}{2} - h_2 - h_1 \right) \times \right. \right.$ $\left. \left(s \cdot \operatorname{tg} \theta + \frac{h}{2} - h_2 - h_1 \right) \right] + (h_2 + h_1) \left(s \cdot \operatorname{tg} \theta + \frac{h}{2} - h_2 - h_1 \right) \left[1 + \frac{2(h_2 + h_1)}{3(s \cdot \operatorname{tg} \theta + h)} \right] +$ $\left. + \left[\frac{(s \cdot \operatorname{tg} \theta + h - h_1)^2 - (s \cdot \operatorname{tg} \theta + h + 2h_2)^2}{14} \right] \frac{(h - 2h_2 - 2h_1)}{(s \cdot \operatorname{tg} \theta + h + 2h_2)} \right\}$

У порівнянні з блочним різанням крихких порід відмінність полягає в розриві елемента стружки. В даному випадку при визначенні опору різанню необхідно враховувати додаткові зусилля на розрив породи за площею фігури, обмеженою точками П, С, А, О. Площа фігури $S_{псаоо_1}$ може бути визначена за формулою:

$$S_{псаоо_1} = \frac{(h-h_2)^2}{2tg\theta} + (h-h_2) \left[\frac{s}{2} + h_2 ctg(\alpha_p + \psi) \right] + \frac{h^2 ctg^2 \alpha_p ctg\theta}{2(ctg^2\theta - ctg^2\alpha_p)} + \frac{h^2 ctg^2\theta ctg\alpha_p}{2(ctg^2\theta - ctg^2\alpha_p)} - \frac{h_2^2}{2tg\alpha_p}. \quad (2.26)$$

Якщо припустити, що ущільнене ядро перед лобовою поверхнею зуба має у перерізі напівкруглу форму, то проінтегрувавши напруги $\sigma_{см}$ по поверхні ущільненого ядра отримаємо рівнодіючі R по обидві сторони поздовжнього розриву елемента стружки. Розклавши кожен R на складові R_1 і R_2 , відповідно вздовж і поперек напрямку руху зуба, можна записати, що

$$2R_1 = \sigma_p S_{псаоо_1}.$$

Однак $R_1 = R_2$ і тоді

$$2R_2 = \sigma_p S_{псаоо_1}.$$

Формули для визначення спротиву блокування різанню порід має такий вид:

$$P_{01} = \sigma_{см} \left[sh_2 + \frac{\xi_1 h_2^2 tg\varphi_2 \sin(2\alpha_p + \psi)}{\sin(\alpha_p + \psi)} + \frac{\xi_1 s^2 tg\varphi_2}{8} + \frac{\pi sh_2 tg\varphi_2 ctg(\alpha_p + \psi)}{2} \right] + (\tau - \sigma_p tg\theta) \left[\frac{h-h_2}{tg^2\theta} (stg\theta + h-h_2) \right] + \frac{\sigma_{см} bs \sin(\delta_1 + \mu)}{\cos\mu} + \sigma_p \cos\theta \times \left\{ \frac{(h-h_2)^2}{2tg\theta} + (h-h_2) \left[\frac{s}{2} + h_2 ctg(\alpha_p + \psi) \right] + \frac{h^2 ctg^2 \alpha_p ctg\theta}{2(ctg^2\theta - ctg^2\alpha_p)} + \right.$$

$$\left. + \frac{h^2 \operatorname{ctg}^2 \theta \operatorname{ctg} \alpha_p}{2(\operatorname{ctg}^2 \theta - \operatorname{ctg}^2 \alpha_p)} - \frac{h_2^2}{2 \operatorname{tg} \alpha_p} \right\}; \quad (2.27)$$

$$\begin{aligned} P_{02} = \sigma_{\text{сш}} & \left[sh_2 \operatorname{ctg}(\alpha_p + \psi) + \frac{\pi s^2 \xi_1}{8} - \frac{\pi sh_2 \operatorname{tg} \varphi_2}{2} - \frac{\xi_1 h_2^2 \sin(2\alpha_p + \psi) \operatorname{tg} \varphi_2}{\operatorname{tg} \alpha_p \sin(\alpha_p + \psi)} \right] - \\ & - (\tau \operatorname{tg} \theta + \sigma_p) \left[\frac{h - h_2}{\operatorname{tg}^2 \theta} (\operatorname{stg} \theta + h - h_2) \right] + \frac{\sigma_{\text{сш}} b \operatorname{scos}(\delta_1 + \mu)}{\operatorname{cos} \mu} + \\ & + \sigma_p \sin \theta \left\{ \frac{(h - h_2)^2}{2 \operatorname{tg} \theta} + (h - h_2) \left[\frac{s}{2} + h_2 \operatorname{ctg}(\alpha_p + \psi) \right] + \frac{h^2 \operatorname{ctg}^2 \alpha_p \operatorname{ctg} \theta}{2(\operatorname{ctg}^2 \theta - \operatorname{ctg}^2 \alpha_p)} + \right. \\ & \left. + \frac{h^2 \operatorname{ctg}^2 \theta \operatorname{ctg} \alpha_p}{2(\operatorname{ctg}^2 \theta - \operatorname{ctg}^2 \alpha_p)} - \frac{h_2^2}{2 \operatorname{tg} \alpha_p} \right\}. \quad (2.28) \end{aligned}$$

При руйнуванні тріщини розриву елемента стружки йдуть лініями найменшого опору, тобто у сторони перпендикулярні до напрямку руху зуба. У цьому випадку при визначенні опору різанню необхідно враховувати додаткові зусилля на розрив породи за площею фігури, яка обмежена точками F, C, N, M. Площа фігури S_{FCNM} рівна

$$S_{FCNM} = \left(\frac{h}{2} - h_2 \right) \left[\frac{\operatorname{stg} \theta + \frac{h}{2} - h_2}{\operatorname{tg} \theta} \right]. \quad (2.29)$$

Формули для визначення максимального опору руйнування порід приймуть вигляд:

$$\begin{aligned} P'_{01} = \sigma'_{\text{сш}} & \left[sh_2 + \frac{bs \sin(\delta_1 + \mu)}{\operatorname{cos} \mu} \right] + \frac{(\tau - \sigma_p \operatorname{tg} \theta)}{\operatorname{tg}^2 \theta} \left\{ \left[\frac{h}{2} (\operatorname{stg} \theta + \frac{h}{2}) + \right. \right. \\ & \left. \left. + \frac{2h_2^2 (\operatorname{stg} \theta + h - h_2)}{3(\operatorname{stg} \theta + h)} \right] + \left[\frac{(\operatorname{stg} \theta + 2h - 2h_2)^2 - (\operatorname{stg} \theta + h)^2}{4} \right] \left[\frac{\operatorname{stg} \theta + h - 2h_2}{3,5(\operatorname{stg} \theta + h)} + \right. \right. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
P'_{02} = & \sigma'_{cu} \left[sh_2 ctg(\alpha_p + \psi) + \frac{\xi_1 \pi s^2}{8} + \frac{sb \cos(\delta_1 + \mu)}{\cos \mu} \right] - \frac{\tau tg \theta + \sigma_p}{tg^2 \theta} \times \\
& \times \left\{ \left[\frac{h}{2} \left(stg \theta + \frac{h}{2} \right) + \frac{2h_2^2 (stg \theta + h - h_2)}{3(stg \theta + h)} \right] + \left[\frac{(stg \theta + 2h - 2h_2)^2 - (stg \theta + h)^2}{4} \right] \right\} \times \\
& \times \left[\frac{stg \theta + h - 2h_2}{3,5(stg \theta + h)} + \frac{2,5 stg \theta}{3,5(stg \theta + 2h - 2h_2)} \right] + \sigma_p \left(\frac{h}{2} - h_2 \right) \left[\frac{stg \theta + \frac{h}{2} - h_2}{tg \theta} \right] \times \\
& \times \sin \theta.
\end{aligned}
\tag{2.30}$$

Обґрунтування застосування довгих ковшів на скреперах та визначення опорів переміщенню підгортуючих проміжних стін усередині ковша скрепера при зачерпуванні породи

Як зазначалося, сучасні скрепери мають ковші, довжина яких визначається умовами черпання породи та тягово-зчіпними якостями ходового обладнання. Оскільки черпання породи для кожного скрепера можливе у важких умовах, а тягово-зчіпні якості скреперів, низькі, то з метою задовільного завантаження ковші проектуються короткими. Довжина скреперних ковшів, рахуючи від ріжучої кромки ножа до задньої стінки, не перевищує або трохи перевищує ширину ковша. Потужність двигунів скреперів, вибрана з умови черпання породи, зазвичай дозволяє транспортувати значно більший об'єм породи, ніж той, який знаходиться в короткому ковші, навіть при високому коефіцієнті заповнення. Збільшення довжини і, отже, ємності ковша, веде з одного боку збільшення продуктивності скрепера.

З іншого боку, збільшення ємності ковша веде до збільшення часу процесу черпання породи, збільшення вантажопідйомності та власної ваги скрепера, до зниження транспортних швидкостей, зростання часу робочого і холостого пробігу, збільшення загального часу циклу роботи та, отже, до зниження продуктивності. Таким чином, існує оптимальна довжина ковша при якій продуктивність і економічна ефективність досягає максимального

значення. Певний інтерес становить залежність енергоємності роботи скрепера від довжини ковша. З метою визначення такої залежності для скреперів з пристроєм, у вигляді проміжної підгрібаючої стінки (ППС) було проведено тягові, потужнісні та міцнісні розрахунки, а також визначено техніко-економічні показники для варіантів скрепера з різними довжинами ковшів. Такі дослідження із застосуванням ЕОМ було проведено всім типів самохідних і причіпних скреперів вітчизняного виробництва. Розрахунки були виконані для переміщення скреперів у транспортному режимі по щільній зв'язній свіжозрізаній дрібнозернистій породі, при цьому коефіцієнт опору коченню коліс приймався рівним 0,05. Для всіх типів і модифікацій скреперів були отримані явні оптимуми довжин ковшів, при яких річна експлуатаційна продуктивність $P_{e.g.}$, Річна економічна ефективність $E_{e.g.}$, мали максимальне значення, а питома металомісткість $G/P_{e.g.}$ мінімальне значення.

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИЙМАННЯ ГІРНИЧИХ ПОРІД ПРИ РОЗКРИВНИХ РОБОТАХ

3.1 Конструкція стенду та методика досліджень руйнування порід одиночним зубом

У зв'язку з уточненням та розвитком теоретичних положень з руйнуванням порід різними способами руйнуванням та порід різного стану та гранулометричного складу, були потрібні значні додаткові експериментальні дослідження з визначення форми елементів прошарку та геометричних параметрів поперечного перерізу прорізів після проходу зуба, розширення діапазону досліджуваних параметрів у питанні визначення енергоємності та коефіцієнтів питомого опору для різних способів різання, уточнення оптимальних співвідношень між товщиною і шириною стружки тощо. . До завдань експериментальних досліджень руйнування порід входило:

- отримання якісної картини процесу руйнування порід;
- отримання чисельних значень енергоємності та опорів порід різання та наявності великоуламкових включень;
- визначення впливу міцності породи, відстані між паралельними лініями різання, товщини стружки та ширини зуба на енергоємність та коефіцієнти питомого опору;
- Визначення геометричних параметрів перерізу прорізу, що залишається після проходу зуба у породі;
- Визначення переднього кута сколу перед зубом;
- Виявити загальну фізичну картину руйнування порід з великоуламковими включеннями;
- встановити вплив розмірів великоуламкового включення та його місцезнаходження перед руйнованої кромкою зуба, при якому досягається максимальне значення дотичної та нормальної складових опорів різання;
- Виявити залежність середньомаксимальних опорів різання породи від процентного вмісту великоуламкових включень.

Параметри стенду: швидкість руйнування 0...0,8 м/с, зусилля руйнування до 180 кН, глибина руйнування 0...0,4 м. Стенд складається із тензометричної візки 1 та рами 2 (рис. 3.1), встановленої в робочому положенні на лижах 3 і пов'язаної з трактором кульовим шарніром 4. У транспортному положенні рама спирається на пневматичні колеса 5. За допомогою гвинтових домкратів 6, пов'язаних з лижами, регулюється висота встановлення рами над поверхнею породи. Тензовізок пересувається по напрямних рами гідроциліндром 7 який живиться від гідросистеми трактора. У рамі тензометричного візка 1 (рис. 3.4а) просувається стійка 3 гвинтом 2. До фланця 4 стійки приєднана через вимірювальну вісь 9 та задню вісь 10 підвіска робочого органу яка складається з фланця 5 (рис. 3.2) з чотирма вушами 6 і направляючими 7. До напрямних пальцями приєднано робочий орган.

Напрявні мають три отвори для кріплення робочого органу, завдяки чому можлива установка останнього з кутом різання 30 °, 35 °, 45 °. Система підвіски робочого органу дозволяє незалежно вимірювати дотичну та нормальну складові зусилля руйнування. Дотична складова вимірюється тензометричними датчиками 8, наклеєними на лисках осі 9 у вертикальній площині. Вісь 9 закріплена в вухах фланця стійки нерухомо, а вісь 10 може переміщатися щодо фланця стійки по напрямних на підшипниках кочення 11 і тому дотична складова опору різання сприймається лише віссю 9.

Деформації осі 9, вимірювані датчиками, пропорційні згинальний момент, що виникає від дотичної складової P_{01} . Оскільки між P_{01} і згинальним моментом на осі пряма пропорційна залежність, деформації осі пропорційні P_{01} .

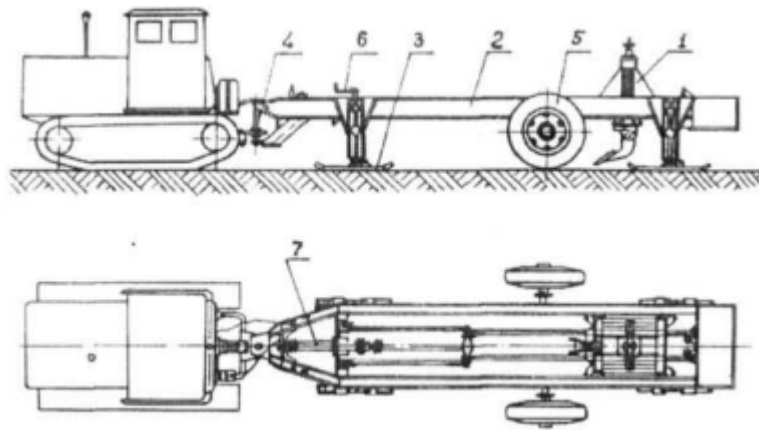


Рисунок 3.1 Схеми експериментального стану

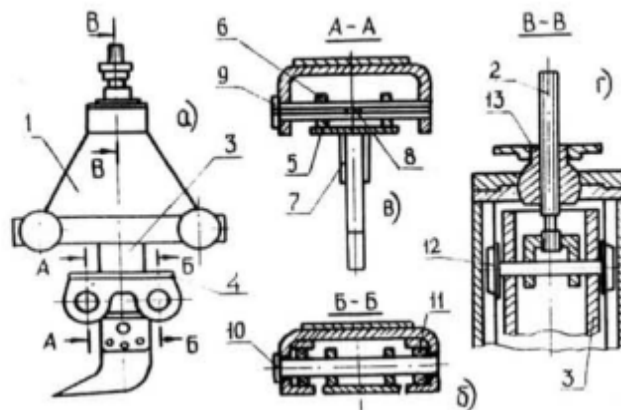


Рисунок 3.2 Пристрій тензометричної підвіски

З розрахункової схеми (рис. 3.3) дотична P_{01} , і нормальна P_{02} складові визначаються з рівнянь:

$$2\left(\frac{R_x}{2}\right) - P_{01} = 0; P = R_x; 2\left(\frac{R_y}{2}\right)a - P_{01}b - P_{02}c = 0; P = \frac{R_y a - P_{01}b}{c}. \quad (3.1)$$

Нормальна складова P_{02} вимірюється датчиками, наклеєними на лиски осі 9 горизонтальній площині, і її величина визначається з урахуванням того, що деформації осі 9 у вертикальній площині відбуваються під дією сили P_{01} . Вимірювання сил P_{01} , і P_{02} дублювалося датчиками, наклеєними відповідно на тязі, що шарнірно з'єднує шток гідроциліндра з рамою тензотележки, та на гвинті 2 (рис. 3.3). Гвинт 2 служить для регулювання глибини різання. Поступальний рух гвинта 2 здійснюється гайкою 13, що є кульовою опорою. Гвинт сприймає тільки вертикальне навантаження, т.к. зі стійкою він з'єднаний шарнірно, а другий кінець гвинта спирається на опору кульову гайки. Горизонтальні навантаження сприймаються котками 12.

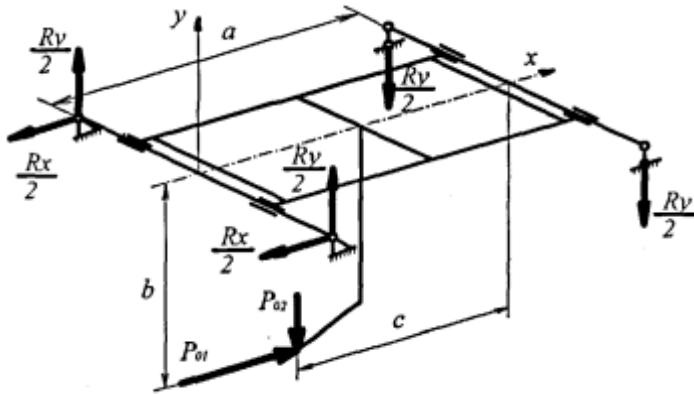


Рисунок 3.3 Розрахункова схема для визначення зусиль у тензoeлементax підвіски робочого органу

4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИЄМКИ ПОРІД У ЛАБОРАТОРНИХ І ПОЛЬОВИХ УМОВАХ

4.1 Конструкція стенду та методика досліджень опорів черпанню породи моделлю ковша скрепера та проміжною підгрібаючою стінкою (ППС) усередині ковша

В цілі експериментальних досліджень черпання породи ковшем скрепера входило:

- встановлення траєкторії руху ППС усередині ковша, при якій опір черпанню та енергоємність цього процесу були б мінімальними;
- встановлення величин опорів руху ППС за оптимальною траєкторії для підтвердження теоретичних залежностей щодо визначення цих опорів;
- визначення опорів та енерговитрат черпанню ковшем скрепера з наявністю інтенсифікатора типу ПКС.
- Встановлення залежності обсягу породи, що надійшла в ківш, залежно від кута нахилу днища ковша;
- Встановлення залежності коефіцієнта наповнення ковша в залежності від кута нахилу днища.

Експерименти проводились у лабораторних умовах на стенді, основою якого був стенд для різання порід, але замість розпушувального зуба до тензометричного візка закріплювалася модель скреперного ковша, яка могла переміщатися в лотку з породою на відстань 3...4 м залежно від кратності запасування каната приводу тензометричного візка.

Коефіцієнт лінійної подоби моделей ковшів був не менше $1/7... 1/10$ по відношенню до натурних зразків ковшів. Довжина ковша могла перевищувати ширину 2,8...3 разу.

Експерименти проводились у лабораторних умовах на просіяному річковому піску, а польових умовах на суглинці. Вологість породи становила 12...18%. Тензометрична підвіска ковша забезпечувала визначення дотичної складової опору черпанню, а також опір переміщенню ППС.

Конструктивна схема вимірювального ковша скрепера зображена на рис. 4.1. До тензометричного візка 2 станда 1 для різання порід за допомогою проміжної рами 15 і тензометричної підвіски 6 закріплена рама 16 с направляючими для коліс каретки 17 пересування ГПС 5 в поздовжній площині вимірювального ковша 4. ППС має три ступені свободи: з переміщенням вздовж ковша за допомогою механізму 9 з канатно-блоковою системою; переміщення вгору-вниз за допомогою механізму 8 з канатно-блоковою системою; поворот у вертикальній площині за допомогою механізму 10 з гвинтовою парою (Гвинт-гайка). ППС закріплена до каретки 17 за допомогою тензометричної підвіски 7. Кут нахилу днища ковша змінюється в межах від -2° до 20° за допомогою тяг 18. Черпання-породи здійснюється в лотку 3. Переміщення ППС фіксувалися датчиками: переміщення у горизонтальній площині датчиком 12; переміщення у вертикальній площині датчиком 13; кут повороту датчиком 14

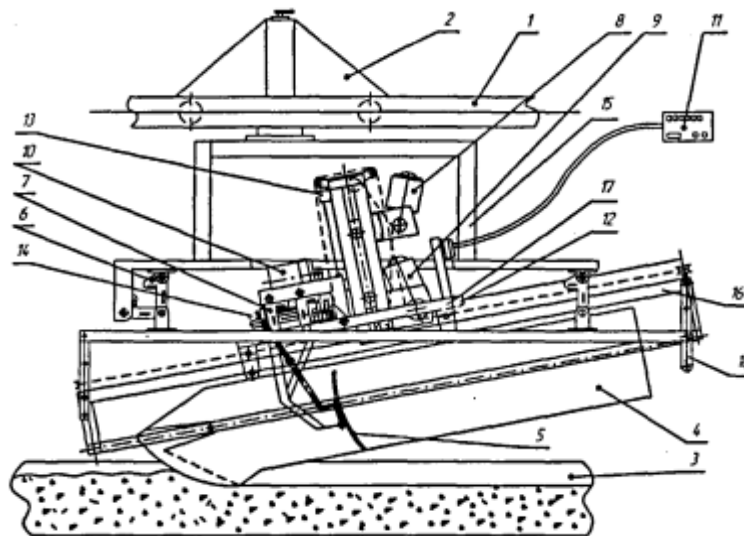


Рисунок 4.1 Конструктивна схема вимірювального ковша скрепера

Опір черпанню породи ковшем вимірювався тензометричною підвіскою 6, а опір черпанню породи ППС всередині ковша, тензометричною підвіскою 7. Управління переміщенням ППС здійснювалося з пульта управління 11. Стенд із моделлю вимірювального ковша в польових умовах (рис. 4.2) відрізнявся від лабораторного стенду наявністю напрямних довжиною 12 м та планувальником породи. Вимірювальний ківш за

допомогою проміжної рами закріплювався до візка, здатного переміщатися за допомогою лебідки з канатно-блоковою системою. Під час експериментів використовувалася тензометрична апаратура: підсилювачі ТА-5, ТОПАЗ 3-01, осцилографи Н700, Н-117/1. У процесі виконання експериментальних робіт спочатку здійснювалося черпання породи ковшем скрепера. Після припинення надходження породи в ківш при даній товщині зрізання стружки в роботу включалася ППС, яка могла переміщатися в ковші по двом траєкторіям: паралельно днищу; з кутом підйому у бік задньої стінки 40...45°. Початкове становище ППС знаходилося в області заслінки, але нижня кромка ППС не перешкоджала надходженням породи всередину ковша.

Траєкторія руху ППС вибиралася таким чином, щоб за один прохід вона могла перемістити такий обсяг породи з передньої частини ковша, який б повністю заповнив задню частину ковша. Визначення необхідних обсягів гірничої маси для переміщення ППС здійснювалося побічно шляхом планиметрування площ, які займає контур породи на бічній стінці ковша. При дослідженні процесу заповнення ковша скрепера породою залежно від кута нахилу днища використовувалися два типи ковшів: довгі, коли задня стінка не перешкоджає проникненню породи всередину ковша і короткі, коли відношення довжини ковша, що визначається відстанню від ножа до задньої стінки, до ширини ковша дорівнювала 0,88. Перехід від довгих ковшів до коротким проводився шляхом перестановки задньої стінки. Кут нахилу днища змінювався через п'ять градусів у діапазоні від -2° до 20° .

У процесі досліджень за різних товщин стружки від 2-х до 4-х см контури породи, що заповнила ківш, фіксувалися на бічних стінках.

4.2 Результати досліджень опорів та енергоємності черпання породи ковшами скреперів з ППС та ступеня наповнення ковша при різних кутах нахилу днища

У процесі експериментальних досліджень у каналі з дрібнозернистою породою (суглинок та пісок) на моделях скреперного ковша було встановлено, що заповнення задньої частини ковшів можливе за рахунок підтискання породи до задньої стінки при руху ППС паралельно днищу (рис. 4.2а) або за рахунок черпання ППС породи, що заповнила ківш, складною траєкторією, що має відрізок шляху під кутом $35...40^\circ$ до площини днища. В останньому випадку відбувається пересип породи з передньої частини ковша в задню, а стиснення породи перед задньою стінкою виключається (рис. 4.2б).

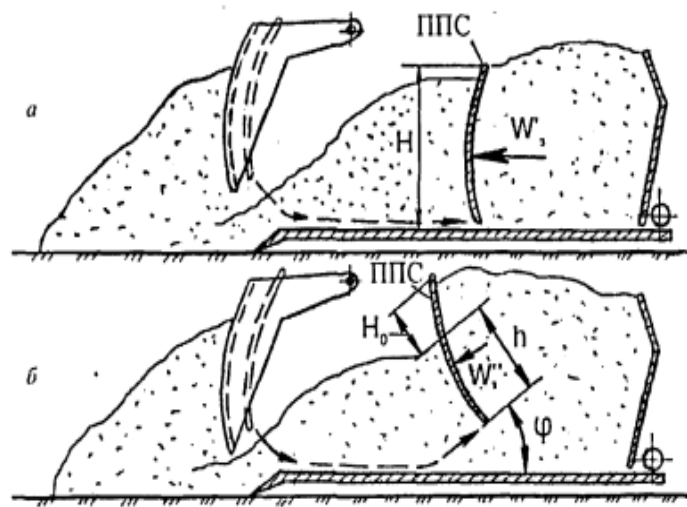


Рисунок 4.2 Схеми заповнення задньої частини ковша скрепера за допомогою підгортуючої проміжної стіни: а - за рахунок стиснення породи; б - за рахунок зачерпування та пересипання породи

При ширині моделі ковша 0,4 м, висоті бічної стінки 0,28 м максимальний опір просуванню ППС паралельно днищу при заповненні задньої частини довгого ковша W_3^I становило 1030 Н (рис. 4.2а), тоді як за складної траєкторії руху ППС (рис. 4.2б) опір W_3^{II} становило лише 330...350 Н. Зменшення опору W_3^{II} в порівнянні з W_3^I у 2,9...3,1 рази пов'язане з винятком процесу роздавлювання та випирання вгору породи перед задньою стінкою, яка по енергоємності значно вище, ніж процес черпання та пересипання породи за допомогою ППС.

Аналіз експериментальних даних дозволив зробити висновок про можливість визначення опорів W_3^I і W_3^{II} по спрощеним залежностям. У першому випадку

$$W_3^I = K_{сж} \cdot B_K \cdot H,$$

де $K_{сж}$ - коефіцієнт граничного опору породи стиску B_K – ширина ковша; H – висота ППС.

У другому випадку опір переміщенню ППС може бути оцінено залежністю

$$W_3^I = K \cdot h \cdot B_K + G_{пр} \cdot \mu_2 \cdot \cos \varphi + G_{пр} \cdot \sin \varphi,$$

де K - коефіцієнт питомого опору різання; h – товщина стружки, що зрізається; $G_{пр}$ – вага призми волочіння перед ППС; φ - кут нахилу траєкторії руху ППС до днища.

Певний інтерес мають результати експериментів по визначенню повної енергоємності процесу зачерпування ковшем скрепера з урахуванням енергоємності зачерпування породи ППС всередині ковша. Повна енергоємність E процесу зачерпування ковшем скрепера з урахуванням роботи ППС, віднесена до маси породи, що заповнює ківш, залежно від товщини стружки, що зрізається, визначалася з одного боку теоретично (залежність 10 рис. 4.3а) . Крім того, енергоємність визначалася експериментальним шляхом. В останньому випадку енергоємність визначалася шляхом складання енергоємностей на процес черпання породи ковшем скрепера та процес черпання ППС усередині ковша (точки X на рис. 4.3а). Аналогічно, розрахунковим та експериментальним шляхом визначався і опір зачерпування T породи ковшем загалом з урахуванням роботи ППС. На малюнку 4.3б: 10 – розрахункова залежність T ; x – експериментальні значення T .

Зіставлення розрахункових залежностей E та T з експериментальними значеннями E та T , отриманими для випадку роботи ППС, свідчать про їх

хорошої збіжності та правильності теоретичних положень щодо визначення опорів черпанню породи ППС. Крім того, зіставлення отриманих залежностей E і T та експериментальних значень E і T при різних значеннях товщини зрізаного ножом ковша стружки (при роботі ППС

Скрепери з інтенсифікаторами типу ППС мають показники енергоємності E , близькі до кращих, які були досягнуті для скрепери зі скребковим елеватором з нижньою завантажувальною гілкою. За величиною споживаного тягового зусилля T скрепери з ППС поступаються (рис. 4.36) тільки скреперам зі скребковими елеваторами (СП1, СП2) і зовсім трохи скреперам з чотирма вертикальними елеваторами шнековими (4ШП) та чотирма вертикальними похилими елеваторами (4ВН). Значне зменшення споживаного тягового зусилля T і енергоємності E для скрепера з інтенсифікаторами пояснюється різким зниженням, а в ряді випадків до нуля, опорів, пов'язаних із переміщенням призми волочіння, а також деяким зменшенням опорів пересування породи всередині ковша. Як зазначалося раніше, значного підвищення продуктивності скреперів при черпанні породи можна досягти і за рахунок зменшення кута нахилу днища у бік підніжкової плити. Зменшення кута нахилу днища ковша можна досягти за рахунок застосування заднього механізму підйому-опускання ковша або за рахунок застосування двох механізмів підйому-опускання ковша: переднього та заднього. Переваги заднього розташування механізму підйому-опускання ковша відомі, проте недоліки, пов'язані з торканням днища з поверхнею породи в початковий момент черпання та при роботі «клювками», перешкоджають впровадженню подібних скреперів. Ці недоліки зникають за наявності двох механізмів підйому-опускання ковша

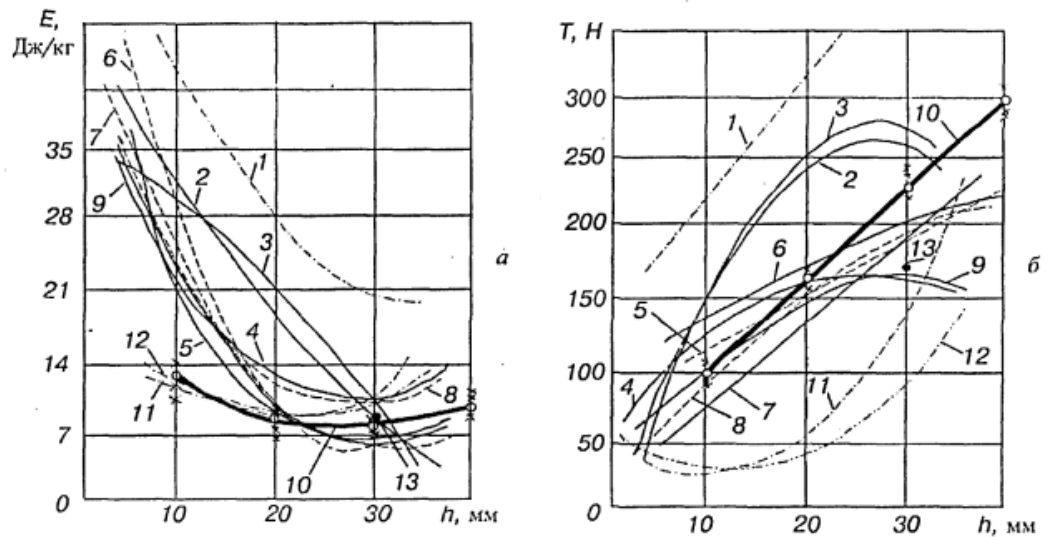


Рисунок 4.3 Залежності енергоємності $E(a)$ та опір черпанню ковшем $T(b)$

від товщини стружки h , що зрізається, для моделей ковша скрепера, обладнаних механізмами завантаження: 1 - скрепер з ковшем, що заповнюється за допомогою тягового зусилля; 2 - 1ВП; 3 - 1ШП; 4 - 2ВП; 5 - 2ШП; 6 - 4ВП; 7 - 4ШП; 8 - 4ВН; 9 - 4ШНП; 10 - ПКС (розрахункові залежності); 11 - СП 1; 12 - СП2; 13 - АЗ; X - експериментальні значення E і T під час роботи ПП

З метою вивчення впливу кута нахилу днища ковша скрепера на заповнюваність його породою в процесі черпання були проведені експериментальні дослідження на моделі скріперного ковша в каналі з дрібнозернистою породою. В результаті експериментальних досліджень було встановлено, що зменшення нахилу днища ковша у бік підніжкової плити сприяє значному підвищенню наповнення ковшу породою переважно за рахунок кращого заповнення задньої верхньої частини ковша перед задньою стінкою (рис. 4.4а).

У процесі черпання незв'язної дрібнозернистої породи (піску) з вологістю 6...8% коефіцієнт наповнення $K_{ц}$ для ковша зі ставленням $L_K/V_K=0,88$ підвищується (рис. 4.5) більш ніж у півтора рази, якщо змінити кут днища α у межах 22° , тобто. від кута нахилу днища рівного 20° , у бік підніжної плити, до кута нахилу днища, що дорівнює 2° , у бік задньої стінки.

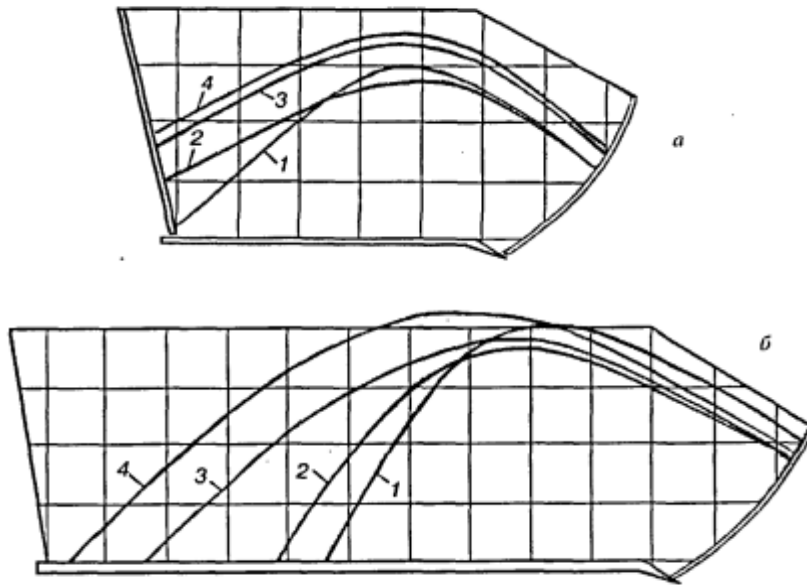


Рисунок 4.4 Контури породи в ковші в кінцевій стадії черпання при різних кутах нахилу днища а: 1 - $a = 20^\circ$; 2 - $a = 10^\circ$; 3 - $a = 0^\circ$; 4 - $a = -2^\circ$; а - ківш із задньою стінкою та ставленням $L_K/B_K=0,88$; б-ківш без задньої стінки

Зі зменшенням кута нахилу днища у бік підніжкової плити різко збільшується дальність просування породи в глиб ковша та об'єм породи, що надходить у ківш. Так, при черпанні ковшем без задньої стінки, але з довгим днищем дальність просування незв'язної породи в глиб ковша збільшується (рис. 4.5б) у 1,72 рази (рис. 4.6) при зміні кута нахилу днища від 20° , у бік підніжкової плити, до кута нахилу днища, рівного 2° , у бік задньої стінки. Ця обставина є певним обґрунтуванням для проектування та впровадження довших ковшів, ніж ті, що застосовуються на скреперах, що випускаються в даний час вітчизняною та зарубіжною промисловістю.

Таким чином, проведені експериментальні дослідження дозволяють зробити висновок щодо необхідності проектування таких схем підвіски скреперних ковшів, при яких кут нахилу днища ковша в процесі черпання породи мав би певне значення, порядку $2...3^\circ$ у бік задньої стінки.

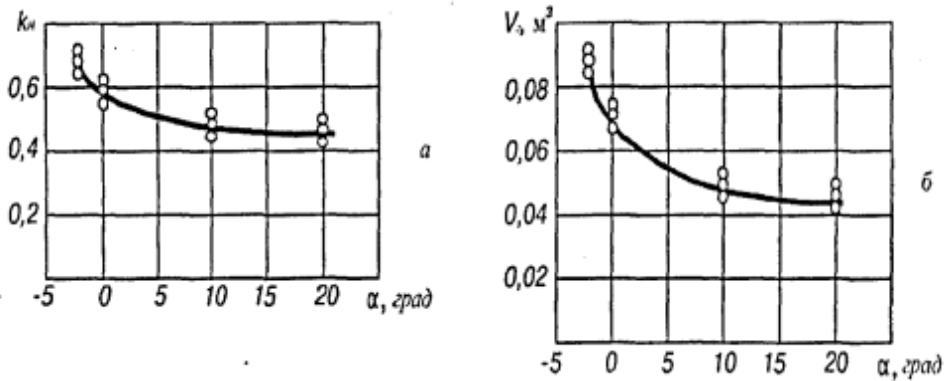


Рисунок 4.5 Залежність коефіцієнта наповнення ковша K_n (а) та обсягу породи у ковші V_r (б) при різних кутах нахилу днища α

4.3 Влаштування стенду та методика дослідження вдосконаленої конструкції ковша гідравлічного екскаватора в процесі розвантаження породи

Під час експериментальних досліджень опорів розкриттю ковшу слід визначити:

- максимальне значення зусилля на штоку гідроциліндра розкриття ковшу при вивантаженні породи при простому обертальному підйомі козирка;
- максимальне значення зусилля на штоку гідроциліндра розкриття ковшу при розвантаженні породи при складному русі козирка.
- шлях, час та прискорення руху у вертикальному напрямку нижньої кромки козирка у міру збільшення зіва між днищем та козирком ковша при розвантаженні породи.

Експерименти проводились у лабораторних умовах на стенді (рис.4.6). Моделі екскаваторних ковшів із простим і складним рухами козирка були обрані з коефіцієнтом лінійної подібності, що дорівнює 4 щодо однокубового ковша екскаватора ЄО-4121. Дно 1 досліджуваного ковша (рис. 4.7) закріплювалося жорстко до кронштейнів 2. До вушок 8 козирка 3 за допомогою шворня 4 закріплювався динамометр типу 5 ДОСМ-1, індикатор

якого мав гальмівний пристрій стрілки шкали. Навантаження на вуха козирка створювалася гідроциліндром 6, закріпленого штоком до динамометру, а корпусом до основи 7 кронштейна 2. Гідроциліндр працював від насосної станції, що складається з електродвигуна, насоса НШ-10, трипозиційного розподільника та бака для олії. При випробуваннях використовувалися дрібнозернисті породи різних типів: пісок (сухий та вологий), супісок, суглинок. Вагова відсоткова вологість породи становила 14...16%.

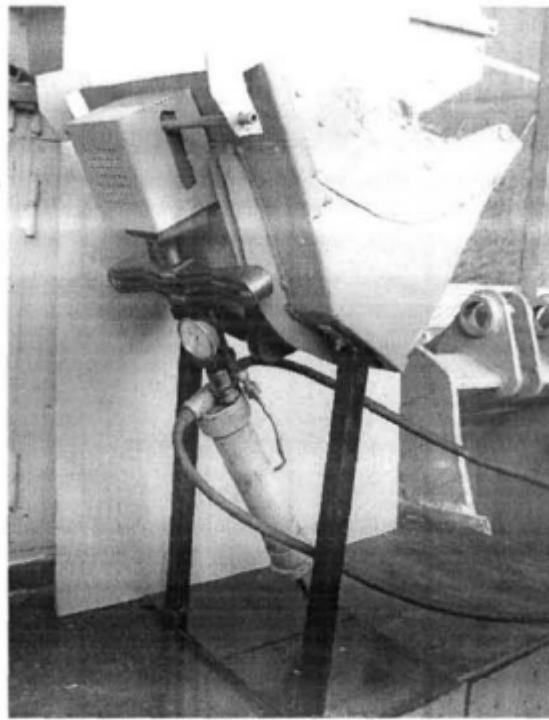


Рисунок 4.6 Стенд для досліджень опору розкриттю ковша гідралічного екскаватора під час розвантаження

Рух козирка при розвантаженні породи фіксувався швидкісною кінокамерою СКС-1М-16, що забезпечує зйомку зі швидкістю 5000 кадрів хвилину (83,33 кадри за секунду). За такої швидкості зйомки один кадр плівки простягався електромотором кінокамери за 0,012 секунди. Траєкторія руху козирка при розгоні фіксувалася на 13...14 кадрах. Кінокамера включалася на 1 ...2 секунди раніше ніж гідромотор приводу гідроциліндра, тим щоб зняти процес розгону козирка при постійній швидкості руху кіноплівки. Переміщення нижньої кромки козирка у вертикальному напрямку

І визначалося шляхом вимірів лінійкою спроектованих на екран знятих кадрів. По знайденому шляху та часу переміщення знаходилося прискорення.

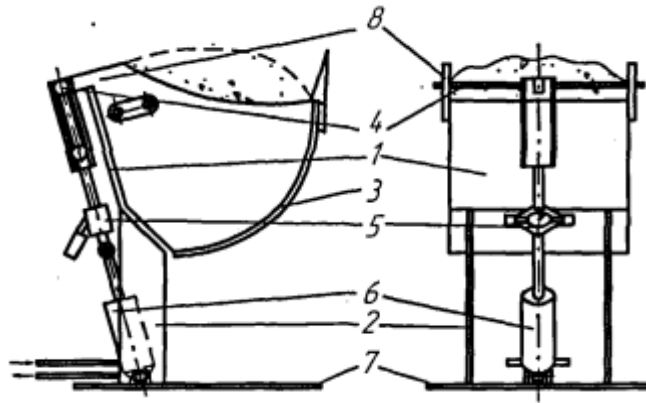


Рисунок 4.7 Конструктивна схема стану для визначення опорів розкриттю ковша гідравлічного екскаватора під час розвантаження

4.4 Результати досліджень часу розвантаження породи з розкривних одноковшових гідравлічних ковшів екскаваторів і зусиль, що виникають на штоках гідроциліндрів підйому козирка

Під час експериментальних досліджень з розвантаження моделей розкривних екскаваторних ковшів за допомогою гідроциліндра було відзначено, що при ексцентричному закріпленні козирка максимальне зусилля на штоку в 10... 11 разів менше, ніж максимальне зусилля на штоку гідроциліндра при закріпленні козирка з простим хитанням (за радіусом) щодо осі, що знаходиться на задній стінці. Максимальне зусилля на штоку та пропорційний йому опір розкриттю ковша при розвантаженні мало залежить від типу породи та наявності в ній гравистих або великоуламкових включень.

Присутність у дрібнозернистій породі великоуламкових включень позначається на критичній величині зіва між нижньою кромкою задньої стінки і нижньою кромкою козирка. При критичному значенні зіва починає відбуватися суцільне розвантаження породи з ковша, а опір розкриттю ковша різко падає.

На зв'язкових дрібнозернистих породах критична величина зіва вище та підвищується зі збільшенням вологості породи. У досліджуваній моделі ковша довжина ексцентрика становила 8 см. При такій довжині ексцентрика та встановленні його осі перпендикулярно до днища зів ковша розміром рівним однієї третьої ширини ріжучої кромки утворювався за час розгону козирка, який дорівнюєвало 0,15...0,16с. Час розгону козирка в даному випадку дорівнює часу розгону штока гідроциліндрів. За цей час розгону прискорення руху нижньої кромки козирка було більше або дорівнює прискоренню вільного падіння. При отриманих під час розгону співвідношеннях ширини і довжини зіва ковша сводоутворення, як показали результати експериментів та практика експлуатації бункерів, затворів, живильників, не відбувається для більшості типів порід. Максимальне значення зусилля на штоку гідроциліндра під час розкриття моделі ковша при ексцентричному закріпленні козирка становило на всіх досліджуваних породах 47...50 Н, у той час як при простому коливанні козирка (за радіусом) максимальне зусилля на штоку гідроциліндрів склало 475...550 Н. Зіставлення отриманих експериментальних значень максимальних зусиль з розрахунковими свідчить про їхню хорошу збіжність. Так, наприклад, для складного гойдання козирка (піщана порода)

$$S_{\text{итт.1.}} = \frac{(G_{\kappa}l_{\kappa} + F_{\text{мп.2}}l_{\text{мп.2}})}{r_c} = \frac{20 \cdot 0.1 + 5 \cdot 0.15}{0.2} = 47.5 \text{ Н}, \quad (4.1)$$

а для простого хитання

$$S_{\text{итт.2.}} = \frac{(Q_1l_1 + G_r \cdot l_r + Q_2l_2 + F_{\text{мп.1}} \cdot l_{\text{мп.1}} + F_{\text{мп.2}}l_{\text{мп.2}})}{r_{\text{итт}}} = \frac{50 \cdot 0.06 + 200 \cdot 0.15 + 100 \cdot 0.15 + 75 \cdot 0.15 + 50 \cdot 0.15}{0.125} = 520 \text{ Н}. \quad (4.2)$$

Помилка розрахунків у порівнянні з експериментальними даними не перевищує 5%. У цих розрахунках всі плечі діючих сил замірялися на експериментальному стенді.

ВИСНОВКИ:

1. Експериментально доведено можливість заповнення з «шапкою» подовжених ковшів скреперів, із ставленням довжини до ширини ковша рівним 2,5...3, за допомогою інтенсифікаторів типу проміжних підгортаючих стін.
2. Робочий рух проміжної підгортаючої стіни всередині ковша скрепера має йти у бік задньої стінки по раціональній траєкторії, а саме під кутом 35° ... 45° до днища, при цьому енергоємність та опір черпанню породи ковшем відповідає кращим інтенсифікаторам загрузки.
3. Зі зменшенням кута нахилу днища ковшу скрепера у бік підніжової плити від 20° до -2° об'єм породи, що заповнила ківш, зростає в 1,78 разів, а коефіцієнт наповнення коротких ковшів, із ставленням довжини ковша до ширини рівному 0,88, зростає більш ніж у півтора рази.
4. Експериментально підтверджено правильність теоретичних положень у визначенні опорів просуванню проміжних підгортаючих стін всередині подовжених ковшів скреперів, оскільки розбіжність розрахункових і експериментальних значень опорів не перевищує 5... 10%.
6. При ексцентричному закріпленні козирку до днища ковшу у момент розгону штоків гідроциліндрів досягаються такі прискорення руху козирка у вертикальному вниз напрямі, які більші або рівні прискоренню вільного падіння.
7. За період розгону гідроциліндрів розкриття ковшу з ексцентричним закріпленням козирку, рівним 0,14...0,15 секунди, утворюється зів між днищем і козирком такого розміру (0,3 ширини ковшу), який унеможливорює зводоутворення породи в процесі вивантаження.

5 ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ВИРОБНИЦТВА ВІДКРИТИХ ГІРНИЧИХ РОБОТ

5.1 Підвищення ефективності розкривних робіт на м'яких породах із застосуванням скреперів

Підвищення ефективності розкривних робіт на дрібнозернистих породах (пісок, супісок, суглинок, глинах) без великоуламкових включень, може бути досягнуто шляхом застосування скреперів збільшеної вантажопідйомності. Якщо вантажопідйомність зростає за рахунок подовження ковша та застосування інтенсифікаторів завантаження у вигляді проміжних підгрібаючих стінок, то співвідношення ваги скрепера до ємності ковша G/V_k зменшується (таблиця 5.1). Дані, наведені в таблиці 5.2, отримані шляхом збільшення довжини ковша L_k базового для розрахунку скрепера ДЗ-107 до значень L'_k , які відповідно приймалися рівними: L_k , $1,5L_k$; $2,0L_k$; $2,5L_k$, а також тягових розрахунків у транспортному режимі та розрахунків міцності робочого обладнання скрепера.

Таблиця 5.1 Характеристики подовжених ковшів з інтенсифікатором завантаження проміжної підгортаючої стіни (базовий скрепер ДЗ-107)

L'_k/L_k	Вага скрепера G , кН	Геометрична ємність ковшу V_k , m^3	G/V_k , кН/ m^3
1.0	750	25.0	30
1.5	863	34.8	25
2.0	917	44.6	22
2.5	1080	54.0	20

Для автосамоскидів співвідношення G/V_k між масою (в тоннах) машини і геометричним об'ємом кузова (в m^3) менше, ніж у скреперів, і становить 1,1-2,0. Менші значення G/V_k відповідають великим моделям автосамоскидів. У зв'язку з цим автосамоскиди розвивають при транспортуванні породи і холостих пробігах більшу швидкість ніж скрепери.

Однак, час простою автосамоскидів під завантаженням за допомогою кар'єрного одноковшового екскаватора більше, ніж час черпання породи скреперами. Крім того, при оцінці собівартості виконання робіт та економічної ефективності необхідно враховувати витрати, пов'язані з роботою одноковшового екскаватора при завантаженні автосамоскида, та бульдозера на планувальних роботах у відвалах, які під час роботи скреперів відсутні. Зрештою питомі витрати на виконання розкривних робіт скреперами менші, ніж з допомогою автосамоскидів, одноковшових екскаваторів та бульдозерів, якщо дальність транспортування породи перевищує 3,5 км. Наведено витрати на виконання розкривних робіт за допомогою двох комплектів машин. Перший комплект складається з скреперів з довгими ковшами ємністю 54 м^3 , оснащеними інтенсифікаторами завантаження у вигляді підгрібаючих стінок. Другий комплект складається з одноковшового екскаватора ЕКГ-8І, автосамоскидів Бела3-7519 вантажопідйомністю 110т, у якості планувальника відсипаної породи було прийнято бульдозер ДЗ-126А (базовий трактор ДЕТ-250М). Транспортування породи здійснюється вгору по ухилу 4° , при цьому коефіцієнт опору коченню коліс прийнятий 0,05. Продуктивність з екскавації та переміщення породи обома комплектами машин була прийнята однаковою. Кількість скреперів і автосамоскидів змінювалася залежно від дальності переміщення. З графіків, представлених на рис.5.1, випливає, що комплект, що складається зі скреперів, економічніше комплекту з автосамоскидами при дальності транспортування породи до 3,5 км.

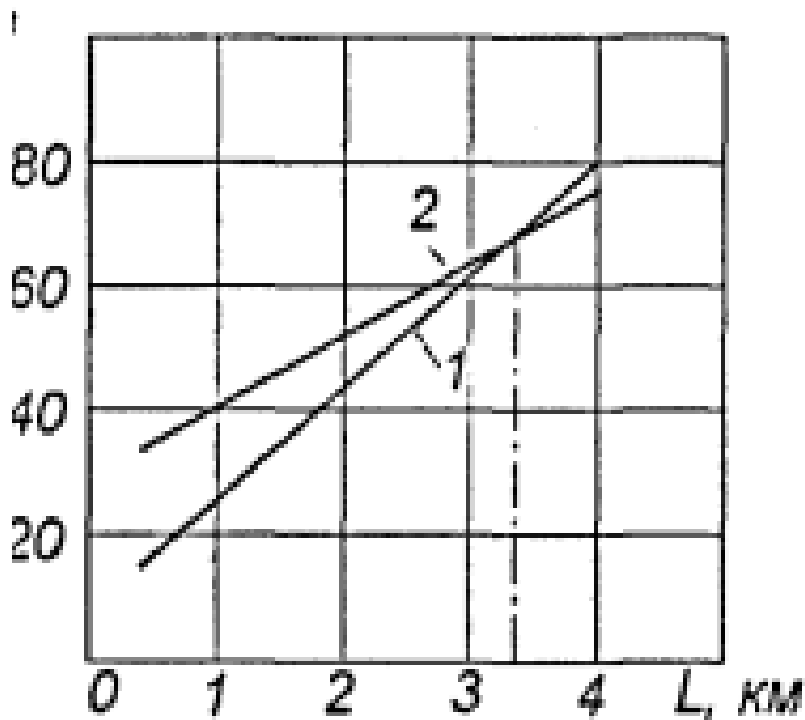


Рис 5.1 Залежності питомих витрат До виконання розкривних робіт від дальності переміщення породи L: 1 – комплект скреперів; 2- комплект екскаватор-автосамоскид-бульдозер

5.2 Технологічні рішення щодо підвищення ефективності розкривних робіт на попередньо підірваних породах з застосуванням одноковшових гідравлічних екскаваторів, скреперів з підвищеною місткістю ковша та бульдозерно-скреперних агрегатів

Виймкові машини безперервної дії фрезерного типу можуть бути успішно використані на породах до коефіцієнта фортеці $f=8$, що відповідає IIIа категорії за шкалою М.М. Протодияконова. За більшої міцності виникає необхідність застосовувати вибуховий спосіб для підготовки гірничої породи до виїмки та первинної переробки. В даний час з'явилися прогресивні технології ведення вибухових робіт, з яких найбільший інтерес з економічної та екологічної точки зору представляє підривання в штучно створеному двосторонньому демпфіруючому затиску. При вибуху в глибоко затиснутому

середовищі збільшується вміст у гірській масі фракцій розміром 500 мм з 70 до 90%, що підвищує продуктивність екскаватора у 2-2,5 рази. Подрібнення породи при вибуху до фракцій, основна маса яких має розмір не більше 500...600 мм, дозволяє застосувати для виїмки та транспортування скрепери з підвищеною ємністю ковша та наявністю інтенсифікаторів завантаження у вигляді проміжних підгортаючих стінок. Такі скрепери можуть працювати самостійно, тобто без комплектації з іншими машинами, якщо вибух провадиться на нижньому горизонті кар'єру або з боку робочих майданчиків. При руйнуванні гірничих порід буро вибуховим способом скрепери можуть працювати в комплекті з кар'єрним екскаватором. Гідравлічні кар'єрні екскаватори з поворотними розкривними ковшами кращі порівняно з екскаваторами з гнучкою підвіскою робочого обладнання. Ця перевага полягає у реалізації великих питомих зусиль на породу та розширення технологічних можливостей при черпанні.

Крім того, поворотні розкривні ковші дозволяють в 3-4 рази скоротити час розвантаження в порівнянні з ковшами, що не розкриваються. Розкривні ковші з ексцентричним закріпленням козирка дозволяють додатково зменшити вагу і габарити механізму розкриття і тим самим збільшити місткість ковшів і продуктивність екскаватора. Технологічна схема відпрацювання підірваного уступу скреперами з подовженими ковшами та інтенсифікаторами завантаження в комплекті з гідравлічним кар'єрним екскаватором, що має розкривний ковш. Робота скреперів з подовженими ковшами в комплекті з одноковшовим екскаватором після вибуху породи у уступі можлива за різними варіантами:

- з завантаженням ковша скреперу одноковшовим екскаватором;
- з зачерпуванням скрепером породи, покладеною смугою одноковшовим екскаватором;
- з частковим зачерпуванням породи ковшем скрепера та з наступним дозавантаженням ковша з "шпалкою" одноковшовим екскаватором.

Робота машин за першим варіантом пов'язана з тривалим завантаженням ковша скрепера. Наприклад, розрахунковий час завантаження скрепера з подовженим ковшем з ємністю 54 м^3 гідравлічним кар'єрним екскаватором складає 210 секунд, тоді як розрахунковий час зачерпування породи самим скрепером, обладнаним інтенсифікатором у вигляді проміжної підгрибаючої стінки, становить 61 секунду. Крім того, слід врахувати простой екскаватора при заміні чергового скрепера, що становить 20...40 секунд. Робота комплексу екскаватор-скрепер за другим варіантом не пов'язана з простоями скреперів та екскаватора. В даному випадку немає жорсткого технологічного зв'язку між роботою скрепера та екскаватора. Необхідно лише одне, щоб до підходу чергового скрепера була відсипана смуга породи достатньої довжини і більш менш рівним шаром. Формування цієї лінії може бути розпочато відразу ж слідом за скрепером, що зачерпує породу.

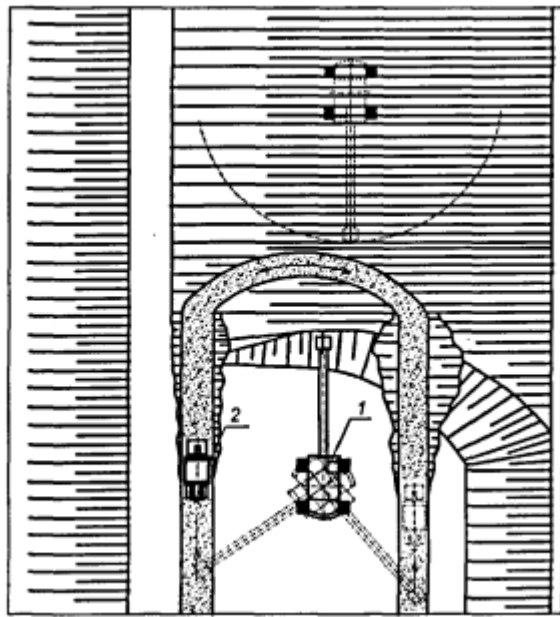


Рисунок 5.2 Технологічна схема відпрацювання підірваного уступу скреперами з подовженими ковшами та інтенсифікаторами завантаження в комплекті з гідравлічним кар'єрним екскаватором: 1- кар'єрний гідравлічний екскаватор; 2-скрепер

Відсутність простоїв скреперів та екскаватора дозволяє зменшити кількість скреперів на одиницю, навіть у тому випадку, якщо підвищити

продуктивність екскаватора за рахунок застосування ковшів з ексцентричним закріпленням козирка (рис. 5.3).

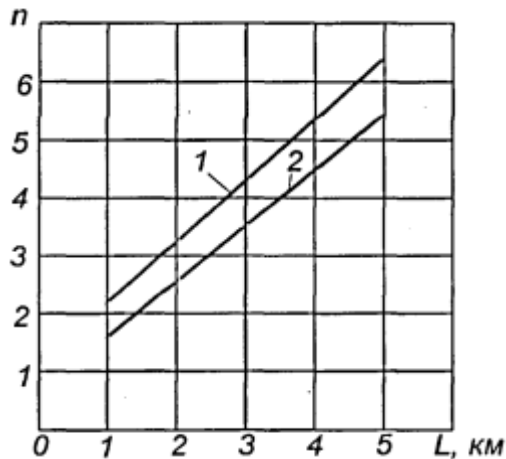


Рисунок 5.3 Залежність числа скреперів n з ємністю ковша 54 м у комплекті з екскаватором від дальності транспортування L : 1 - завантаження скреперів екскаватором; 2- самозавантаження породи скреперами

Третій варіант роботи комплекту екскаватор-скрепер є комбінованим між першим та другим варіантами і може бути застосований у тому разі, якщо з будь-яких причин заповнення ковша скрепера шляхом зачерпування з високим коефіцієнтом заповнення утруднено, наприклад, через наявність у породі великоуламкових включень (більше 600 мм).

Інша технологічна схема роботи великовантажних скреперів з ППС на зачерпуванні та транспортуванні підірваної гірської маси може бути в комплекті з бульдозерно-скреперними агрегатами (БСА). В цьому випадку БСА (рис.5.4) виробляють розвловку підірваної гірської маси по робочому майданчику уступу і вирівнюють (планують) підірвану гірську масу з метою проходження по ній скреперів. Одна з суттєвих переваг роботи БСА та скреперів в даній технологічній схемі є те, що обидва типи машин здійснюють зачерпування породи під ухил. Ця обставина значно знижує енергозатри та необхідну силу тяги на виїмку та зачерпування породи.

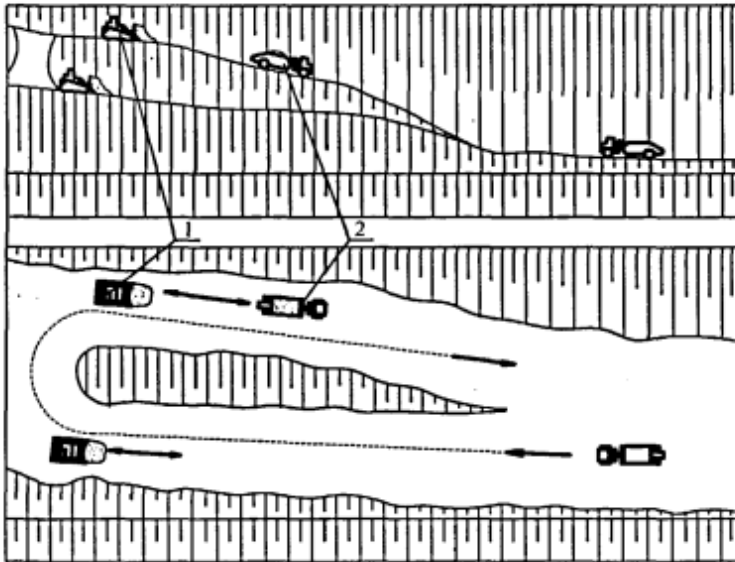


Рис 5.4 Технологічна схема виїмки та транспортування підірваної породи на уступі кар'єру за допомогою бульдозерно-скреперних агрегатів (1) та великовантажних скреперів з ППС (2)

Продуктивність БСА можна визначити, виходячи з часу зачерпування ковша та набору призми волочіння, а також часу розвантаження ковша та відсипання рівним шаром призми волочіння. Шлях набору скреперного ковша БСА складає (при ширині захвату 3 м та глибині зачерпування 0,4 м) 21 метр. Швидкість руху машини в процесі черпання не перевищує 2-х км/год. Тоді час черпання складає 38 секунд. Обсяг призми волочіння при ширині відвалу 6,27 м і висоті 1,9 м дорівнюватиме:

$$V_{np} = \frac{H^2 \cdot L}{2 \cdot K_{np}} = \frac{1,9^2 \cdot 6,27}{2 \cdot 1,2} = 9,4 \text{ м}^3.$$

Шлях набору призми волочіння перед бульдозерним відвалом при товщині стружки 0,2 м становить 8 м.

Час формування призми волочіння при швидкості руху 2 км/год становить 15 секунд. Загальний час набору породи 53 секунди. Якщо кут падіння відсипної породи по робочому майданчику складає 10°, то шлях переміщення разом із завантаженням і розгрузкою дорівнює 98 м (при висоті уступу 17 м). Переміщення породи в ковші та призмі волочіння можливо при швидкості 4 км/год. Тоді шлях переміщення і розвантаження 69м БСА

пройде за 62 секунди. Час холостого ходу при швидкості 9 км/год БСА пройде за 40 секунд. Загальний час циклу БСА становить 160 секунд. Якщо ємність скріперного ковша ($q=25 \text{ м}^3$), число годин у зміні 8, а коефіцієнт використання машини за часом $K_b = 0,85$, то продуктивність БСА дорівнює

$$P_{\text{э.см}}^{\text{БСА}} = \frac{\kappa_{\text{в}}(q + V_{\text{пр}}) \cdot 3600 \cdot 8}{T_{\text{ц}}} = \frac{(25 + 9,4) \cdot 3600 \cdot 8}{160} = 5300 \text{ м}^3/\text{смену}.$$

Змінна експлуатаційна продуктивність 10-ти скреперів ДЗ-107М з ППС і ємністю ковша 47 м^3 становить $10200 \text{ м}^3 / \text{зміну}$. Таким чином два БСА за продуктивністю комплектуються з 10-ма скреперами ДЗ-107 М. Певне перевищення продуктивності БСА над скреперами може бути компенсовано виконанням об'їзної дороги на ухилі для скреперів, а також видалення можливих негабаритних шматків породи з уступу.

Ефективність обох технологічних рішень досягається за рахунок менших затрат на придбання техніки, відмова від бульдозерів та відсутність простою транспорту у екскаваторі при загрузці.

ВИСНОВКИ

У роботі розроблено та науково обґрунтовано технологічні, технічні, економічні та екологічні рішення, які в сукупності своїй вносять значущий внесок у практику та прискорення науково-технічного прогресу в області відкритої розробки родовищ корисних копалин, забезпечуючи підвищення ефективності розкривних порід.

Основні наукові та практичні висновки, отримані в результаті проведених досліджень, полягають у наступному:

1. Обґрунтовано, що ефективна дальність транспортування породи бульдозерно-скреперними агрегатами знаходиться в межах від 20 до 300 м-коду. Якщо дальність транспортування породи більше 300 м, то ефективніше скрепери, а менше 20 м бульдозери. Ця обставина дозволяє при використанні бульдозерно-скреперних агрегатів збільшити розміри видобувних блоків.

2. Запропоновано у виробничих умовах ведення добових робіт на родовищах двокрилими блоками паралелограмної конфігурації із застосуванням бульдозерно-скреперних агрегатів (БСА) замість бульдозерів, та можливістю проходу БСА над їх прийомними бункерами, дозволяє зменшити вдвічі кількість працюючої техніки, збільшити розміри видобувних блоків, зменшити кількість перестановок обладнання для промивання за сезон і тим самим підвищити ефективність роботи в порівнянні з традиційним бульдозерним способом. Цей спосіб є ефективним.

3. На основі тягових та міцнісних розрахунків виявлено можливість збільшення ємності ковшів скреперів у 2...3 рази за рахунок їх подовження, застосування інтенсифікаторів завантаження у вигляді проміжних підгрібальних стінок (ППС), установки переднього та заднього механізмів підйому-опускання ковша.

4. Теоретичні та експериментальні дослідження процесу виїмки породи скреперами з подовженими ківшами та переміщення породи всередині ковша за найбільш раціональною траєкторією за допомогою ППС з використанням законів механіки сипучого середовища підтвердили,

по-перше, хорошу збіжність результатів експерименту з результатами аналітичного розрахунку,

по-друге, правомірність розроблених аналітичних залежностей для визначення опорів переміщенню породи за допомогою ППС,

по-третє, переваги ППС.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Безвибухова технологія розробки родовищ: реалії та перспективи/В.М. Кузнецов, А.Р. Гірничий інформаційно-аналітичний бюлетень. 1995. вип.6.
2. Мамаєв Ю.А., Ван-Ван-Е.-Сьогодні і майбутнє.
3. Малишев Ю.Н., Трубецької К.Н.
4. Ємельянов В.І., Гудович В.В. розсипного золотовидобування. роботи. 2000. № 2. С. 28-31.
5. Пучков М.М., Удачі Т.Є., Васильєв В.А., Хаспеков П.Р. До питання техніко-технологічного переоснащення відкритих гірничих розробок.
6. Федотова Н.В. Економічні аспекти видобутку та збагачення золота в сучасних умовах. "Гірський журнал. 1998. №5.
7. Малишев Ю.М., Зайденварг В.Є., Зиков В.М., Краснянський Г.Л., Саламатіна А.Г., Шафранік Ю.К, Янковський А.Б.1 Реструктуризація гірничодобувної промисловості.996.-536 с.
8. Довідник. Відкриті гірські роботи / К.Н. Вінницький, Н.Н. Мельников та ін. - М.: Гірське бюро, 1994.-590 с.
9. Томаков П.І., Коваленко В.С. Раціональне землекористування під час відкритих гірничих робіт.
10. Томаков П.І., Коваленко В.С., Михайлов А.М., Калашніков А.Т. Екологія та охорона природи при відкритих гірничих роботах
11. Адушкін В.В. Основні фактори впливу відкритих гірських робіт навколишнє середовище. Гірський журнал. 1996.
12. Мартінсон Н.М., Стіфєєв А. І. Вплив промислових підприємств на екологічний стан регіону. Гірський журнал. 1998. № 9. 3.55-56.
13. Основи руйнування ґрунтів механічними способами. Зеленін О.М. Вид.2-ге перероб., вид-во "Машинобудування" 1968.-376 с.
14. Сулін Г.А. Техніка та технологія розробки розсипів відкритим способом. М., "Надра", 1974.-232 с.

15. Маттіс А.Р., Зайцев Г.Д., Толмачов А.В. Про доцільність освоєння виробництва екскаватора ЕКГ-12В для вибуху корисних копалин. Відкриті гірничі роботи. 2000. № 3, С. 34-37.

16. Курленя М.В., Маттіс А.Р. , Бойко Г.Х. та ін. Гірський журнал. 1991. № 5. С. 31-35.

17. Шкуренко Н.С. та ін. Віброметод розробки мерзлих ґрунтів. М., Будвидав. 1965.-218 с.

18. Вітров Ю.А., Баладінський В.Л., Баранніков В.Ф., Кукса В.Г. Руйнування міцних ґрунтів. Київ, «Будівельність», 1972.-351 с.

19. Черкашин В.А. Розробка мерзлих ґрунтів. Л., Будвидав, 1977.-215 с.

20. Маттіс А.Р. , Васильєв Є.І., Зайцев Г.Д. Перспективна техніка для безвибухового вилучення порід з масиву. Гірський журнал. 1998. № 1. С. 35-37.

21. Штейцайг Р.А., Мельников А.С., Етінгоф Є.А. Про ефективність безвибухових пошарово-смугових технологій обробки масивів міцних гірських порід. Відкриті гірничі роботи, 2000. №4. С. 34-39.

22. Панкевич Ю.Б., Шимм Б., Денге П. Досвід застосування гірських комбайнів Wirtgen Surface Miner на вугільних розрізах світу. Гірська промисловість. 1999. №9. З. 46-52.

23. Аністратов К.Ю., Луцишин СВ. Дослідження експлуатаційних характеристик комбайна пошарового фрезерування СМ-2600 фірми "Wirtgen" на кар'єрі трубки «Ювілейна». 1994.-316 с.

24. Домбровський О.М., Сидоренко І.А. Ефективність застосування компактного та мобільного обладнання для відкритих гірничих робіт. Гірський журнал. 1998. № 1. С. 45-48.

25. Вінницький К.Є. та ін. Освоєння гідравлічних екскаваторів нового покоління у пратиці відкритих гірничих розробок. Гірська промисловість. 1998. №1. С. 13-15.

26. Клімов С.Л. та ін. Про програму кооперованого виробництва екскаваторів нового покоління. Гірська промисловість. 1999. № 2. С. 15-17.

27. Баловнєв В.І., Хмара Л.А. Інтенсифікація розробки ґрунтів у дорожньому будівництві.-М.: Транспорт, 1993.-383 с.
28. Томаков П.І., Манкевич В.В. Відкрита розробка рудних родовищ;., 2000.-611 с.
29. Залко А.І., Ронінсон Е.Г. Сучасні скрепери., 1983.-51 с.
30. Сафонов В.І. Підвищення ефективності завантажувального пристрою елеваторного скрепера.- 1986. Вип. 106. С. 36-40.
31. Сучасні скрепери з механізованим завантаженням // Огляд інформ. /В.І. Баловнєв, Е.Г. Ронінсон, А.М. Толмачов та ін.,1990.-41 с.
32. Баловнєв В.І., Яскравий А.А. Порівняльні випробування різних механізмів завантаження ковша скріпера ґрунтом // Будівельні та дорожні машини. 2019. №9. З. 7-10.
33. Гірська промисловість. 2018. № 3. С. 11-12.
34. Ємельянов В.І. Відкрита технологія розсипних родовищ.-М.: Надра, 1985.-179 з.
35. Економічна ефективність освоєння техногенних розсипів / МамаєвЮ.А., Литвинцев В.С., Каминін В.С., Шишмаков В.Т.