

Шинкаренко Вікторія Володимирівна

Магістерська робота

**Дослідження та вибір раціональних параметрів
скребкового конвеєра для використання
в умовах очисних забоїв залізорудних шахт**

Керівник роботи

проф., д.т.н. Громадський А.С.

ВСТУП

Розвиток залізорудної промисловості відбувається шляхом зростання видобутку відносно бідних руд відкритим способом, освоєння цих процесів у підземних умовах та удосконалення процесів розробки багатих руд підземним способом. Із зростанням глибини ведення гірничих робіт, концентрації та інтенсифікації очисних операцій подальше підвищення обсягів видобутку та зниження трудомісткості робіт можуть бути досягнуті здебільшого за рахунок комплексної механізації та автоматизації основних та допоміжних технологічних процесів розробки руд.

Одним з найважливіших факторів подальшого розвитку гірничорудної промисловості, у тому числі підвищення продуктивності праці в галузі, є механізація процесів транспортування корисних копалин та продуктів їх переробки. Застосування нових та удосконалених зразків транспортної техніки повинно дати можливість поліпшити умови праці, підвищити її продуктивність та скоротити ту частку, що досі виконується вручну [1-9].

Вирішення цих питань шляхом впровадження потокових технологій транспортування гірничої маси забезпечить стабільність випуску продукції гірничих та гірничозбагачувальних підприємств, високі техніко-економічні показники їхньої виробничої діяльності.

Для забезпечення потокових технологій транспортування руди у шахтах, кар'єрах та на збагачувальних підприємствах необхідні засоби транспорту безупинної дії, а саме: різні типи конвеєрних установок [2,3,6-8].

Успішне використання скребкових конвеєрів у вугільній промисловості поставило питання про можливість застосування такої техніки для транспортування залізної руди та інших матеріалів, а також у якості живильників у бункерах, бункерних конвеєрах, вагонетках. Проте, специфічні умови рудних шахт, які полягають у високій абразивності та міцності транспортованої гірничої маси, значній її питомій вазі, великих розмірах шматків та стиснених виробках доставки, накладають певні обмеження, ставлять високі вимоги до транспортного обладнання і не

дозволяють механічного перенесення існуючих конструкцій конвеєрів з інших галузей гірничодобувної промисловості, у тому числі вугільної.

Перспективним напрямком використання скребкових конвеєрів у підземному видобутку залізних руд є очисне виймання. Заміна скреперної доставки руди в очисному блоці на конвеєрний транспорт дасть можливість істотно підвищити ефективність очисного забою, поліпшити умови праці гірничих робітників.

Таким чином, проблема дослідження і розробки працездатних та високо-ефективних конструкцій рудних забійних скребкових конвеєрів дуже важлива і має першорядне науково-практичне значення. З огляду на це, актуальність теми представленої магістерської роботи не викликає жодних сумнівів.

Мета роботи – дослідження та обґрунтування параметрів забійного скребкового конвеєра з верхньою робочою гілкою для умов підземного очисного виймання залізних руд.

Об'єкт дослідження – технологічний процес транспортування гірничої маси скребковим конвеєром при очисному підземному вийманні залізної руди.

Предмет дослідження – скребковий забійний конвеєр з верхньою робочою гілкою.

Використання конвеєрної доставки руди у межах очисного блоку при існуючій технології гірничих робіт дозволяє підвищити продуктивність очисного забою в 4 рази, стійкість виробок доставки на 12%, понизити собівартість видобутку руди, зменшити число зависань в 2 рази, а також понизити втрати й збіднення руди відповідно в 1,5 і 3,6 рази.

1 ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ОБЛАДНАННЯ

1.1 Технологічні аспекти використання скребкових конвеєрів при підземній розробці залізних руд

1.1.1 Умови випуску і доставки руди на вітчизняних залізрудних шахтах

Найбільше розповсюдження на залізрудних підземних підприємствах України, зокрема Кривбасу, мають різні варіанти систем розробки руди з масовим обваленням руди, наприклад поверхового та підповерхового обвалення. Характер та специфічність цих систем визначають використовувані засоби механізації гірничих робіт, у тому числі доставки та транспортування видобутої руди [2,3].

Вказані системи можуть забезпечити високі показники видобутку руди за рахунок створення у блоках значних запасів обваленої мінеральної сировини. Досягнення високих рівнів продуктивності праці та безпеки ведення гірничих робіт у таких умовах можливо лише при застосування сучасних транспортних машин, здатних реалізувати потокові (принаймні, циклічно-потокові) технології перевезення вантажів. Але, на жаль, досі у вітчизняних залізрудних шахтах випуск руди з блоків і панелей здійснюється в основному самопливним (гравітаційним) способом під дією власної ваги, а її доставка у межах випускного блоку – за допомогою скреперних лебідок.

Ці методи і засоби вже давно не відповідають сучасним вимогам механізації гірничих робіт через дуже низький рівень продуктивності та небезпечні умови праці обслуговуючого персоналу. Наприклад, самопливний випуск руди супроводжується частими зависаннями крупношматкової гірничої маси у випускних виробках, усунення яких потребує суттєвих витрат часу, вибухових матеріалів та пов'язано зі значною небезпекою для гірників. Крім того, випущені тим чи іншим чином негабаритні шматки руди потребують вторинного дроблення, яке також є вельми трудомісткою та небезпечною операцією, яка різко знижує інтенсивність процесів випуску і доставки руди.

Що стосується скреперної доставки гірничої маси, то вона, незважаючи на її

простоту, доступність, широке розповсюдження на рудниках вітчизняної залізної рудної промисловості, відрізняється архаїчним способом транспортування матеріалу волочінням його підшоною доставковою виробки, а також є транспортним засобом циклічної дії, більша половина часу роботи якого витрачається на виконання операцій допоміжного характеру (завантаження і розвантаження скрепера, його холостого пробігу після розвантаження тощо). Процес транспортування гірничої маси подібним способом потребує значних витрат енергії на подолання сил тертя скрепера і транспортованої руди відносно нерівної та абразивної підшови виробки і супроводжується швидким зносом тягових канатів і скреперів. Внаслідок цього реальне збільшення продуктивності скреперної доставки значно відстає від процесу зростання потужності скреперних лебідок. При цьому значення експлуатаційної продуктивності різко падає із збільшенням розмірів шматків руди та довжини її доставки.

Усе сказане вище у сукупності не дозволяє отримати необхідного рівня ефективності процесів випуску і доставки руди у межах очисного забою. У системах з масовим обваленням руди продуктивність очисного забою з гравітаційним випуском і скреперною доставкою руди практично не перевищує 200 т за зміну при довжині скреперування 15-25 м і лише в разі використання лебідок потужністю 100 кВт в окремих випадках досягає величин 400-500 т за зміну, що, вочевидь, є граничною межею [10].

Для запровадження сучасних потокових технологій транспорту гірничої маси потрібно застосування транспортних засобів безупинної дії, здатних забезпечити високу продуктивність та безпеку праці обслуговуючого персоналу.

З випуском руди з блоків перспективи виглядають більш оптимістичними, адже зусиллями у першу чергу вітчизняних вчених, конструкторів та виробників протягом останніх десятиліть створені численні досконалі конструкції установок для інтенсифікації процесу випуску гірничої маси за допомогою вібрацій. Вплив вібраційних коливань певної частоти і певної амплітуди на дискретне середовище призводить до різкого зниження коефіцієнтів тертя між частинками руди та між ними і стінками випускної виробки, завдяки чому гірнича маса набуває пі-

двищеної плинності, стає більш схожою за своїми властивостями на рідину (так називане явище «псевдозрідженості») і набагато краще витікає з випускного отвору. Повністю уникнути при цьому зависань і утворення склепінь руди у ньому не вдається (адже вони у значному ступені викликаються взаємним розклиненням трьох-чотирьох шматків негабаритних розмірів), але їх число знижується у декілька разів. Процес випуску гірничої маси стає керованим і набагато більш безупинним, що суттєво позначається на продуктивності очисного забою [2,3,6-8].

Щодо процесу доставки випущеної руди в його межах (наприклад, до блокової рудозвальної акумуляційної висхідної виробки), то низька продуктивність скреперної доставки у значній мірі стримує інтенсивність ведення очисних робіт, не може забезпечити вчасне заповнення такої виробки і призводить до вимушеного використання панельних рудоспусків, що викликає підвищення обсягів нарізних робіт, погіршення умов і безпеки праці гірників.

Проте, очевидна необхідність заміни скреперної доставки більш досконалішими транспортними засобами стикається з певними труднощами. Ефективнішим та автоматично працюючим механізмом безперервного типу для доставки руди може бути конвеєр, який здатний забезпечити практично будь-яку продуктивність (принаймні, не менше 1000 т за зміну) при найнижчих показниках енергоємності та трудомісткості процесу транспортування матеріалу.

Але використання конвеєрів ускладнюється важкими умовами експлуатації обладнання в очисних забоях: малими розмірами доставкових виробок, їх обводненістю та наявністю значної кількості великих шматків породи у рудопотоці. Стрічкові конвеєри звичайних типів тут непридатні через значні поперечні габарити та неспроможність транспортувати вантажі зі шматками крупніше 300-350 мм. Потрібні більш складні та металоємні спеціальні конструкції (наприклад, стрічково-канатні чи стрічково-візкові).

Більш перспективними конструкціями забійних конвеєрів для підземних умов розробки залізрудних покладів слід вважати установки вібраційного типу, що добре працюють під завалом гірничої маси, та скребкові конвеєри з верхньою робочою гілкою.

1.1.2 Основні схеми підземного транспорту і підйому руди

В умовах вітчизняних залізрудних шахт гірнича маса після потрапляння на основний відкотний горизонт транспортується до стовбура практично виключно за допомогою електровозної відкатки, а потім піднімається на поверхню у скіпах. Використання магістрального конвеєрного транспорту дуже незначне і обмежується ліченими випадками підйому руди установками, розміщеними у похилих стовбурах.

Характерним для сучасних рудних шахт є одночасне ведення гірничих робіт на декількох горизонтах, коли верхній з них знаходиться у стадії доопрацювання, середній – у стадії максимального розвитку підготовчих та початку очисних робіт, а нижній – у стадії підготовчих робіт. Недоліками роботи електровозного транспорту у таких умовах є ускладнення і підвищення її напруженості при продуктивності більше 5-6 тис. т за зміну, неможливість здійснення повної комплексної механізації та автоматизації процесу транспортування. У той же час для конвеєрного транспорту таких обмежень не існує. Це дає підстави передбачати широкі перспективи використання конвеєрів різних типів на магістральних виробках рудників.

На підземних підприємствах значної продуктивності доцільно орієнтуватися на конвеєрні установки, здатні транспортувати недроблену гірничу масу зі шматками, розміри яких досягають 500-600 мм. Використання магістральних конвеєрів звичайних конструкцій на шахтах середньої та малої продуктивності не ефективно. Тут краще суміщати гнучкість електровозної відкатки з позитивними рисами конвеєрного транспорту шляхом застосування конвеєрних потягів з різною кількістю робочих секцій.

Заслуговує уваги заміна електровозної відкатки конвеєрним транспортом на проміжних горизонтах, що обіцяє значне скорочення обсягів і вартості гірничих робіт, а також використання конвеєрного підйому між горизонтами та на денну поверхню, коли це виявляється найбільш доцільним та економічно вигідним варіантом.

Слід також згадати про хороші перспективи застосування конвеєрного транспорту під час проведення гірничих виробок. Цей процес є одним з найбільш тру-

домістких на гірничорудних підприємствах, зайнятих видобутком рудних корисних копалин підземним способом. Наприклад, для розкриття та підготовки до очисного виймання нового горизонту рудної шахти середньої продуктивності потрібно пройти від 1000 до 4000 м виробок, 60-75% яких горизонтальні.

Швидкість проходки горизонтальних гірничих виробок буропідричним способом у цілому залишається недостатньою через значні витрати часу на прибирання відбитої гірничої маси у тупикових забоях навантажувальними та навантажувально-транспортними машинами. Для скорочення часу прохідницького циклу потрібно використання механізмів, що забезпечують безупинне навантаження породи. Це можуть бути прохідницькі перевантажники, конвеєрні та бункерні потяги з робочим органом конвеєрного типу. Саме вони здатні забезпечити максимальну продуктивність навантажувальної машини у даних умовах та повністю механізувати процес прибирання гірничої маси.

1.2 Огляд механічного обладнання для підземної конвеєрної доставки руди

1.2.1 Загальна класифікація рудних конвеєрів та вимоги до них

Безперервність роботи конвеєрного транспорту (без міжопераційних простой та холостих ходів, притаманних електровозній відкатці та скреперній доставці) сприяє більшій ритмічності роботи усього комплексу гірничодобувного обладнання, підвищенню ефективності застосування систем розробки з масовим обваленням руди.

Очевидні переваги конвеєрного транспорту супроводжуються й певними недоліками, до яких, у першу чергу, відносяться погана пристосованість подібного обладнання для транспортування скельних крупношматкових порід, відносна складність та підвищена вартість установок.

Підземні рудникові конвеєри можна розділити за призначенням на п'ять основних груп, а саме:

- установки для доставки руди з очисних забоїв;
- установки для доставки руди по акумуляційним виробкам;

- установки для транспортування гірничої маси по магістральним виробкам;
- установки для підйому руди по похилих стовбурах;
- установки для роботи під час проведення гірничих виробок.

За типом робочого органу вони можуть бути пластинчастими, скребковими (з нижньою і верхньою робочою гілкою; одно-, дво- та триланцюговими), хитними, стрічковими та вібраційними.

За типом приводу розрізняють електричні, гідравлічні та пневматичні конвеєрні установки.

Дана робота присвячена розгляду забійних конвеєрів скребкового типу. Використання подібного обладнання пояснюється простотою конструктивного виконання робочого органу та поставу установки; міцністю конструкції, що дозволяє ведення підривних робіт для дроблення негабаритних шматків гірничої маси; малою чутливістю до похибок монтажу у горизонтальній та вертикальній площинах.

1.2.2 Аналіз існуючих конструкцій підземних скребкових конвеєрів

Принцип роботи скребкового конвеєра – переміщення (волочіння) гірничої маси по нерухомому металевому жолобу-риштаку 3 (рис. 1.1) за допомогою скребків 1, закріплених на тяговому органі 2. Робочою може бути верхня гілка конвеєра (рис. 1.1а), рідше – нижня гілка (рис. 1.1б). Завантаження гірничої маси виконується в будь-якій точці по довжині конвеєра. Розвантаження в конвеєрах з верхньою робочою гілкою відбувається при сході вантажу з головного риштака, а з нижньою робочою гілкою – перед головною зірочкою в рудоспуск 4 [10].

Характер транспортування гірничої маси скребковим конвеєром залежить від способу завантаження, кута встановлення конвеєра та відстані між скребками. Якщо висота шару завантаженої на конвеєр гірничої маси більша, ніж висота скребків 1, то у процесі транспортування (на відповідній відстані між скребками) гірнича маса рухається по риштаках 3 суцільним безперервним потоком (рис. 1.1в), що є нормальним режимом роботи скребкового конвеєра.

При неповному (частковому) заповненні конвеєра або при похилому розміщенні конвеєра й транспортуванні вгору по похилим виробкам гірнича маса на-

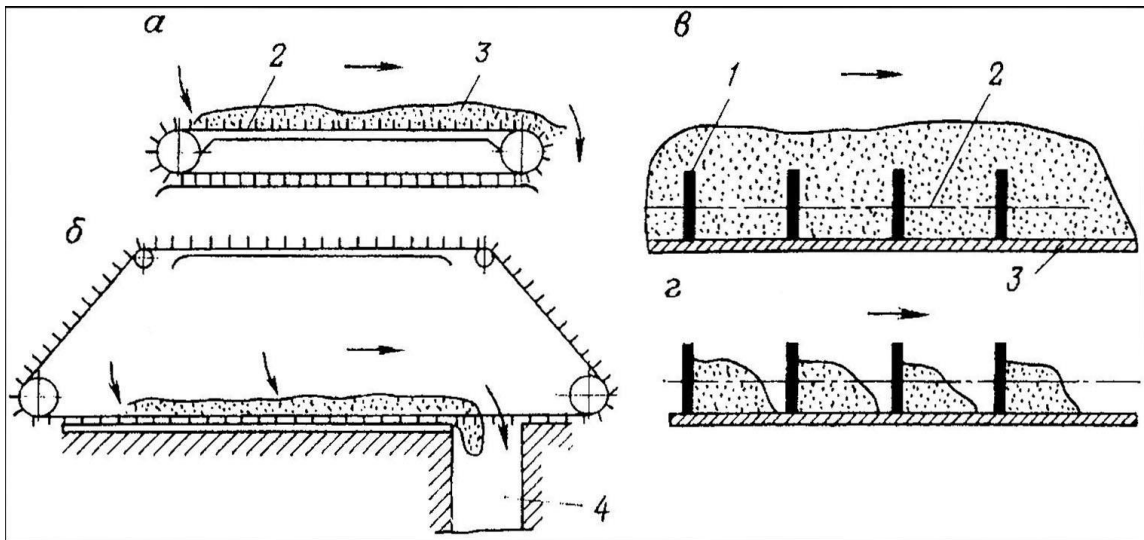


Рисунок 1.1 – Схеми скребкових конвеєрів та пересування гірничої маси скребками конвеєра:
а – з верхньою робочою гілкою; *б* – з нижньою робочою гілкою;
в – із суцільним потоком гірничої маси; *г* – з порційним потоком гірничої маси
 1 – скребок; 2 – тяговий орган; 3 – жолоб-риштак; 4 – рудоспуск

копичується порціями перед скребками 1 і переміщається переривчастим (порційним) волочінням (рис. 1.1г), що приводить до зниження продуктивності конвеєра.

Скребкові конвеєри застосовують переважно для транспортування відносно легких (густиною менше 2 т/м^3) неабразивних матеріалів. Переміщення ними важких та надто міцних порід ускладнюється внаслідок виходу (спливання) транспортного органу на поверхню гірничої маси, швидкого зносу ланцюгів й жолобів, заклинення шматків породи між ланцюгом і приводними зірочками та між ланцюгами і бортами жолобів.

Продуктивність скребкових конвеєрів досягає 600 т/г, довжина поставу – до 300 м, кут транспортування – до 30° , сумарна потужність приводів одного конвеєра – до 330 кВт.

Окрім перерахованих вище переваг скребкових конвеєрів можна відзначити також відносно високу продуктивність таких установок, можливість транспортування під достатньо великими кутами нахилу та швидкого нарощування довжини установки, легкість переміщення на нове робоче місце.

До недоліків скребкових конвеєрів слід віднести: недосконалість принципу транспортування гірничої маси волочінням, що викликає підвищене зношення тя-

гових ланцюгів і риштаків; високі витрати енергії; подрібнення транспортованого вантажу й, як наслідок, зниження його сортності.

Класифікація скребкових конвеєрів може бути здійснена за рядом ознак:

- за призначенням – доставкові, гальмові та агрегатні (входять до складу виїмальних комплексів або агрегатів);
- за числом ланцюгів – одноланцюгові, дволанцюгові, триланцюгові;
- за типом вантажонесучого органу – з волочінням вантажу по жолобах або по ґрунту;
- за способом переміщення у забої – переносні (розбірні) й пересувні (нерозбірні);
- за взаємним розташуванням ланцюгів тягового органу – з розташуванням одна над іншою робочої та холостої гілок; з розташуванням у горизонтальній площині обох гілок; з гілками, розташованими в площинах, нахилених під деяким кутом одна до одної.

Основними елементами скребкових конвеєрів (рис. 1.2) є тяговий орган 1, риштаковий постав 2, що утворює два паралельних жолоба, по яких переміщуються робоча і холоста гілки тягового органу, приводна станція 3, яка служить для приведення в рух тягового органу, натяжна станція 4, призначена для створення початкового натягу тягового органу.

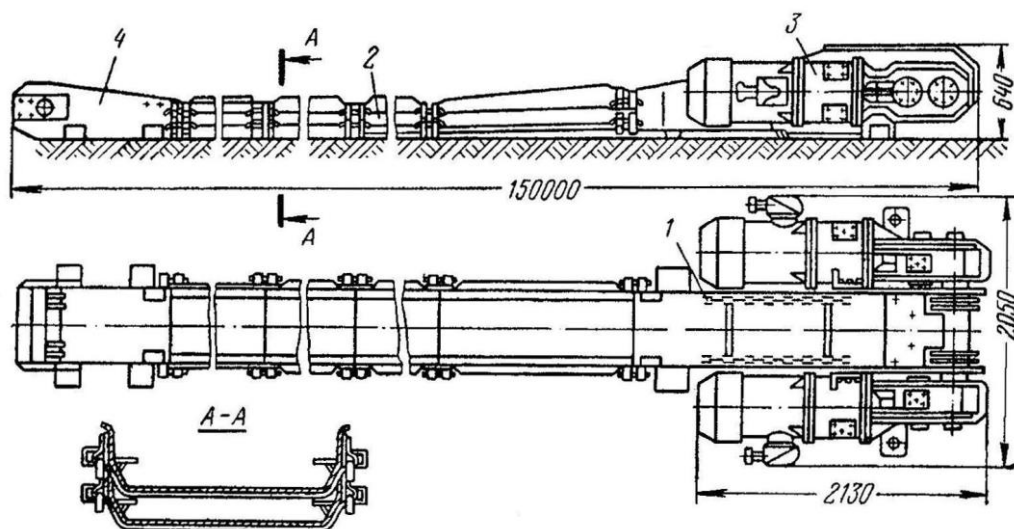


Рисунок 1.2 – Типовий скребковий розбірний конвеєр:

- 1 – тяговий орган; 2 – риштаковий постав;
- 3 – приводна станція; 4 – натяжна станція

Риштаковий постав збирається з уніфікованих секцій (риштаків) довжиною від 1 до 2,5 м (рис. 1.3). Риштаки можуть бути штампованими або зварними з прямокутною, трапецієподібною, складною або напівкруглою формою поперечного перерізу. Риштаки з'єднуються у постав за допомогою швидкокорознімних або болтових з'єднань. У більшості конструкцій конвеєрів риштаки укладаються один над одним, утворюючи відкритий жолоб для робочої гілки і закритий для холостої (рис. 1.4а,б).

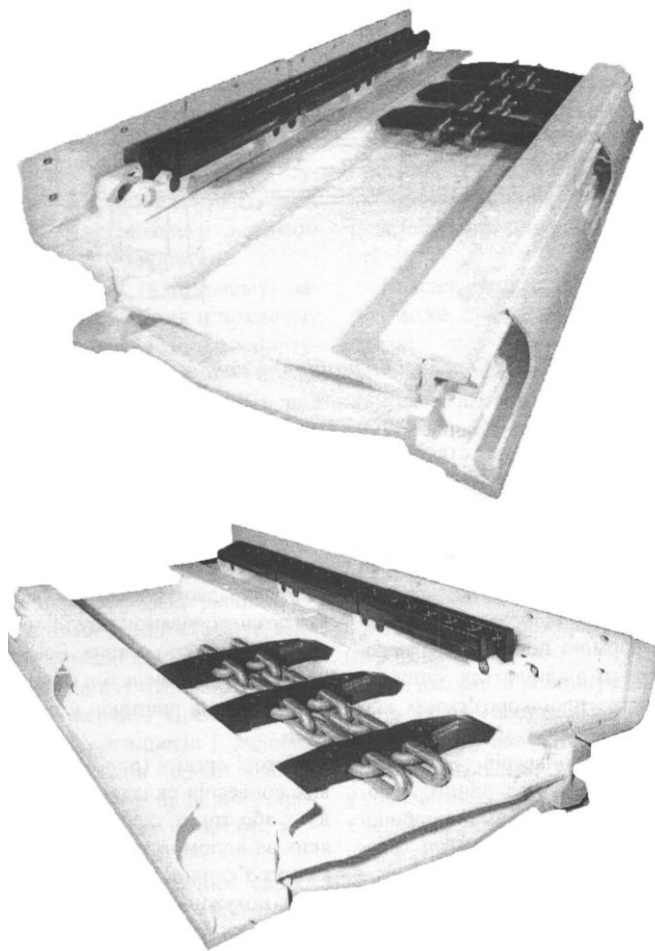


Рисунок 1.3 – Риштаковий постав

Існують конвеєри, в яких риштаки збираються в два паралельних жолоби, які лежать в одній площині (рис. 1.4в), або нахилених один до одного під певним кутом (рис. 1.4г) чи розташованих у паралельних площинах, але зміщених у просторі (рис. 1.4д). Штамповані риштаки (рис. 1.4а) виготовляють з листової сталі завтовшки 3 мм, а на кінцях риштаків робочу поверхню армують пластинками 1 зі зносостійкої сталі. На зовнішньому боці бортів приварюють вушка 2 для з'єднан-

ня риштаків між собою гачками 3. Зварні риштаки (рис. 1.4б) складаються з двох боковин 4 й днища 5, яке розділяє завантажену та порожнякову гілки тягового органу. Боковини по краях оснащені вушками 6, які служать для з'єднання риштаків у постав болтами.

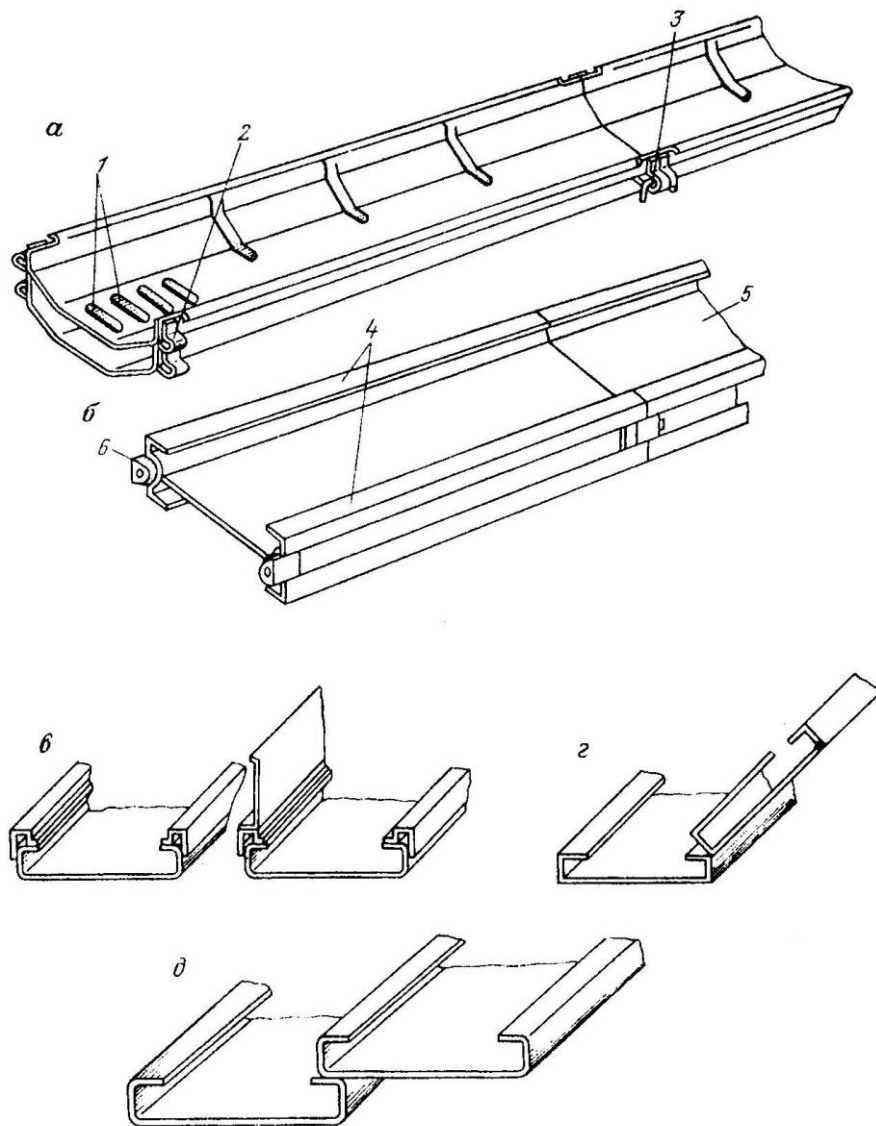


Рисунок 1.4 – Конструктивні різновиди риштаків:

а – зі штампованими риштаками; *б* – зі зварними риштаками; *в* – з паралельними жолобами в одній площині; *г* – з жолобами, нахиленими під кутом; *д* – з жолобами, зміщеними у просторі

1 – захисні пластини; 2 – з'єднальні вушка; 3 – гачки; 4 – боковини; 5 – днище

Тягові органи (рис. 1.5) скребкових конвеєрів складаються з одного, двох або трьох тягових ланцюгів, до яких за допомогою болтів кріпляться скребки.

У потужних підземних скребкових конвеєрах використовують кільцеві зва-

рні ланцюги (рис. 1.5б,в) які відрізняються високою міцністю та зносостійкістю. Розбірні штамповані ланцюги (рис. 1.5а) використовують у легких розбірних конвеєрах. Пластинчасті ланцюги застосовують у спеціальних скребкових конвеєрах, що використовуються в якості перевантажувачів, живильників, а також у транспортних системах шахтної поверхні та збагачувальних фабрик. Скребки виготовляють зі спеціального профілю, а для особливо потужних конвеєрів їх виготовляють штампованими або кованими з високоміцних сталей.

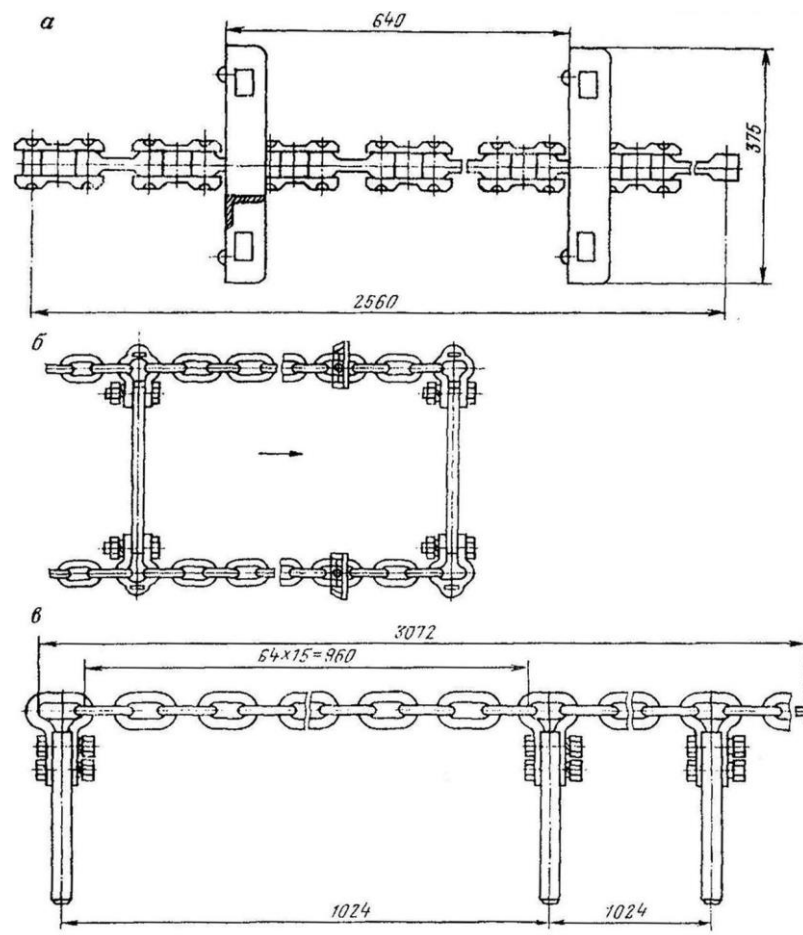


Рисунок 1.5 – Тягові органи скребкових конвеєрів:

а – з розбірними штампованими ланцюгами;

б, в – з кільцевими зварними ланцюгами

Ланцюги розміщують у напрямних пазах риштаків (рис. 1.6а,д) або виносять ближче до осі конвеєра (рис. 1.6в,г). У цьому випадку кінці скребоків виготовляють з напрямними елементами. При розташуванні тягового ланцюга в напрям-

них пазах його прилаштовують відрізками кутиків (рис. 1.6б) для розштибовування паза.

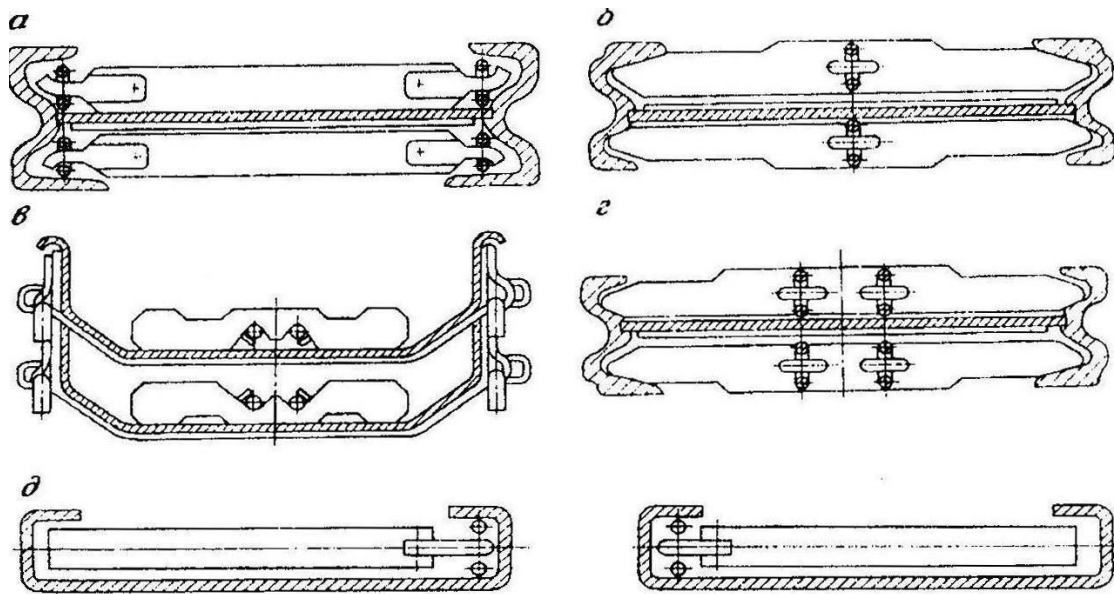


Рисунок 1.6 – Розташування тягового органа в риштаковому поставі:
а, б, д – у напрямних пазах риштаків; в, г – ближче до осі конвеєра

Приводна станція скребкових конвеєрів складається з приводного валу із зірочками, редуктора та електродвигуна. Найбільше розповсюдження отримали асинхронні електродвигуни з короткозамкненим ротором, хоча можуть бути використані й електродвигуни інших типів, а також пневмо- і гідродвигуни. Редуктори застосовуються циліндричного або циліндроконічного типів. Останні дозволяють розміщувати їх паралельно осі конвеєра, чим забезпечується зменшення ширини приводної станції. Двигун з редуктором з'єднується за допомогою запобіжних муфт. У ролі останніх часто застосовують гідромуфти.

Елементи приводу конвеєра монтують на загальній рамі, а в багатьох конвеєрах електродвигун, гідромуфту та редуктор за допомогою фланців з'єднують в єдині приводні блоки. На скребковому конвеєрі можлива установка від одного до чотирьох приводних блоків (по два в головній та хвостовій частинах).

Натяжна станція являє собою секцію, забезпечену валами з зірочками або шківками. Вал переміщується за допомогою гвинтового механізму або гідравлічних циліндрів.

У вітчизняній гірничодобувній промисловості застосовують чотири типи скребкових конвеєрів, кожний з яких має своє умовне позначення (С, СК, СР, СП). Цифра, що стоїть після літер, указує на ширину робочого органу в сантиметрах.

Переносні розбірні скребкові конвеєри типу С мають один тяговий ланцюг, замкнутий у вертикальній площині. Використовуються в очисних та підготовчих забоях вугільних шахт.

Переносні розбірні скребкові конвеєри типу СК мають один тяговий ланцюг з консольними скребками, замкнутий у горизонтальній площині. Призначені для очисних забоїв, що розробляють пласти малої потужності.

Переносні розбірні скребкові конвеєри типу СР мають два тягових круглоланкових ланцюги. Знаходять використання в очисних та підготовчих забоях вугільних шахт.

Пересувні скребкові конвеєри типу СП мають два, інколи три тягових ланцюги. Їх використовують, в основному, в очисних забоях сумісно з виймальними комплексами та агрегатами.

Випускають також спеціальні скребкові конвеєри, в яких риштаковий постав встановлений під кутом 90°. Конвеєр має один тяговий ланцюг з консольними скребками. Він призначений для транспортування гірничої маси по двох взаємно перпендикулярних виробках.

Скребкові конвеєри використовують також у деяких транспортних установках спеціального призначення, наприклад, у навантажувальних машинах, самохідних та прохідницьких вагонах, бункерах-перевантажувачах. У закордонній практиці використовують короткі потужні скребкові живильники, робочий орган яких складається з п'яти-семи тягових ланцюгів із закріпленими на них скребками. Такі живильники застосовують для розвантаження міцних абразивних руд з бункерів.

Практика показує, що скребкові конвеєри, що використовуються у вугільній промисловості, непридатні для використання в умовах рудних шахт, де робота конвеєрів ускладнюється специфічними умовами, основними з яких є: необхід-

ність доставки й монтажу обладнання по горизонтальних виробках малого перетину ($4-9 \text{ м}^2$) та особливо по вертикальних виробках на підповерхи (перетином до $3-4 \text{ м}^2$), що потребує виконання окремих вузлів збірними з урахуванням їхньої транспортабельності.

Виробки, у яких встановлюється обладнання, зазвичай сирі та насичені агресивними водами, що викликають швидку корозію металу, а шахтне повітря замінене значною кількістю рудного пилу, який у своєму складі містить кремній та відрізняється високою абразивністю, що веде до швидкого забруднення та зношення незахищених елементів тертя.

При відпрацьовуванні рудних покладів спостерігається тенденція до збільшення розмірів кондиційного шматка, що негативно позначається на конвеєрному транспорті і в кожному конкретному випадку повинно враховуватися окремо. В особливо важких умовах знаходяться забійні конвеєри, на які можуть потрапляти шматки з розміром до $1-1,5 \text{ м}$. Такі негабарити піддаються дробленню в дучці чи безпосередньо на конвеєрі за допомогою вибухових речовин.

Високі міцність та абразивність руди обумовлюють швидке зношення поверхонь транспортування. Тому особливу увагу слід звертати на простоту й надійність конструкції, зручність монтажу й демонтажу, легкість та простоту в обслуговуванні, зручність ремонту, змащення та заміни окремих деталей, а також можливість автоматизації процесу доставки руди.

До нинішнього часу для рудних шахт випробувано декілька експериментальних зразків та партій скребкових конвеєрів з верхньою й нижньою робочими гілками. Ці конвеєри відрізняються від аналогічних вугільних відсутністю на риштаковому поставі напрямних. Робочі скребки рудних конвеєрів мають передню похилу грань, що занурюється, та додатково навантажену площадку. Така геометрія скребка сприяє кращому заглибленню його в гірничу масу й не допускає спливання робочого органа. Крім того, в рудних скребкових конвеєрах розвантаження руди виконується перед приводними зірочками, а холоста гілка захищається спеціальними площинами, які забезпечують розвантаження гірничої маси на обидва або будь-який з боків риштакового поставу.

Експлуатація скребкових конвеєрів вимагає ретельного контролю за станом ланцюгів, кріпленням риштаків, приводної й натяжної станцій. Тяговий орган конвеєра необхідно періодично очищувати. Деформовані ланки ланцюгів й скребки повинні бути замінені новими. Стики секцій не повинні допускати порогів. Редуктори мають працювати без стуку й шуму, не повинно текти масло. Особливої уваги вимагають турбомуфти. Необхідно слідкувати за рівнем мастила. Повна заміна мастила проводиться через 2-3 місяці роботи, а часткова – за потребою.

Усі роботи, пов'язані з налагодженням та обслуговуванням конвеєра, повинні виконуватись із дотриманням правил техніки безпеки. До обслуговування конвеєрів допускаються тільки особи, які здали відповідний технімум. При виявленні в роботі конвеєра будь-яких пошкоджень він повинен бути зупинений для їх усунення. Ремонт, змащування або чистка рухомих частин на ходу не допускається. Забороняється рух людей по конвеєру, перевезення лісу конвеєрами, непридатними для цього і перевезення обладнання усіма видами конвеєрів. Всі частини, що знаходяться під напругою, повинні бути заземлені. Необхідно передбачити попереджувальну сигналізацію при запуску конвеєрної лінії.

Висновки:

- системи підземної розробки залізних руд з масовим обваленням гірничої маси потребують запровадження сучасних потокових технологій перевезення руди із застосуванням транспортних засобів безупинної дії, здатних забезпечувати високу продуктивність та безпеку праці обслуговуючого персоналу. Для заміни давно застарілих гравітаційного випуску і скреперної доставки руди повинні прийти досконалі конструкції вібраційних живильників та конвеєрного транспорту;

- використання конвеєрного транспорту у рудних шахтах за рахунок відсутності міжопераційних простоїв та холостих ходів, притаманних електровозній відкатці та скреперній доставці, сприятиме більшій ритмічності роботи усього комплексу гірничодобувного обладнання та підвищенню ефективності застосування систем розробки з масовим обваленням руди;

- конвеєри скребкового типу у разі використання посилених конструкцій, пристосованих до важких умов експлуатації рудних шахт, можуть зайняти достойне місце у транспортному комплексі підземних підприємств з видобутку залізних руд.

1.3 Мета і задачі дослідження

Мета роботи – дослідження та обґрунтування параметрів забійного скребкового конвеєра з верхньою робочою гілкою для умов підземного очисного виймання залізних руд.

Виконаний аналіз технологічних особливостей організації транспортних робіт у підземних умовах залізрудних шахт та існуючих конструкцій доставкового обладнання показав, що для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- вибрати методи теоретичних та експериментальних досліджень;
- проаналізувати умови доставки руди у межах очисного забою залізрудної шахти;
- проаналізувати основні закономірності взаємодії робочого органу забійного скребкового конвеєра із сипким вантажем;
- обґрунтувати та вибрати раціональні конструктивні та експлуатаційні параметри підземного забійного скребкового конвеєра з верхньою робочою гілкою;
- оцінити результати перевірки отриманих даних у промислових умовах;
- проаналізувати результати досліджень скребкового конвеєра у виробничих умовах;
- сформулювати рекомендації щодо підвищення ефективності експлуатації забійних скребкових конвеєрів;
- провести техніко-економічне порівняння існуючих засобів доставки руди.

Об'єкт дослідження – технологічний процес транспортування гірничої маси скребковим конвеєром при очисному підземному вийманні залізної руди.

Предмет дослідження – скребковий забійний конвеєр з верхньою робочою гілкою.

2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

Наукові дослідження прикладного типу проводяться для створення нових технологій і технічних засобів на основі використання класичних та новітніх законів природи. Їх здійснення вимагає володіння основними загальними та спеціальними методами наукових досліджень.

Під час виконання представленої магістерської роботи зокрема застосовувалися такі загальновідомі методи, як аналіз і синтез. Так, наприклад, аналітичний метод досліджень використовувався для оцінки умов доставки руди у межах очисного забою залізорудної шахти, для визначення основних закономірностей взаємодії робочого органу забійного скребкового конвеєра із сипким вантажем.

У ході вибору та обґрунтування раціональних конструктивних параметрів скребкового конвеєра, а також розробки його конструкції застосовувався метод синтезу.

Для з'ясування характеру взаємодії скребка з рудою та визначення зусиль, що діють на нього, використовувалися закони механіки сипких тіл. При цьому вважалося, що скребок конвеєра подібний площині, яка проникає у сипке середовище, тисне на нього і зсуває певну його частину, порушуючи при цьому рівновагу цього середовища.

Для визначення пасивних сил опору сипкого середовища переміщенню скребка був задіяний графоаналітичний метод, який полягав у знаходженні напрямків ліній ковзання скребка, побудові тіла випирання транспортованого матеріалу та розрахунку його основних об'ємів.

Для перевірки достовірності уточненої методики розрахунку в процесі експлуатації проводили фото- й хронометражні спостереження за роботою скребкового конвеєра з верхньою робочою гілкою.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ РУДНИХ СКРЕБКОВИХ КОНВЕЄРІВ

3.1 Умови доставки руди у межах очисного забою

Одним з можливих шляхів якщо не повного, то хоча б часткового рішення проблеми підвищення продуктивності очисних забоїв залізорудних шахт є заміна скреперної доставки конвеєрної за допомогою скребкового доставкового конвеєра. Розглянемо найбільш не вигідний з точки зору нерівномірності процесу варіант випуску руди з блоку – гравітаційний.

Витікання руди з дучок при цьому здійснюється самопливним, тобто некерованим способом, під дією власної ваги матеріалу. У таких умовах велике значення матиме висота шару вантажу на робочому органі конвеєра (а вона у разі використання скребкових конструкцій може бути досить значною). Наприклад, при максимальній висоті шару процес винесення руди робочим органом скребкового конвеєра здійснюватиметься тільки з найдавшої по відношенню до скрепериста та рудозвальної висхідної виробки випускної дучки. Інші випускні отвори при цьому у процесі випуску брати участь не будуть, оскільки вони перекриваються по висоті шаром транспортованої руди, що спричиняє підпірну дію на руду в дучках і зупиняє таким чином її витікання.

Нерівномірна участь у випуску руди дучок повинна привести до порушення горизонтального положення граничної площі контакту обваленої руди та налягаючих порожніх порід і, як наслідок, до збіднення руди в результаті змішування її з порожніми породами та погіршення показників вилучення.

Проте, в реальних виробничих умовах витікання руди з дучок переривається частими зависаннями, які спричиняють зміну порядку випуску та автоматичне включення в роботу інших випускних отворів. Дослідження показують, що в межах однієї виймальної ділянки, що характеризується однаковою якістю первинного відбивання, фізико-механічними властивостями руди та параметрами випускних отворів, середня кількість руди, випущена з випускного отвору за один

прийом (між двома послідовними зависаннями) є практично постійною величиною. Порівняння показників випуску в блоках з конвеєрною і скреперною доставкою руди показує, що втрати руди складають відповідно до 6,6 і 10,2% при збідненні 3,3 і 11,9%. Таким чином, рівномірний випуск руди може бути забезпечений за умови знаходження в роботі усіх випускних отворів та у разі, якщо кількість добових операцій випуску буде однаковою для кожного випускного отвору [11].

Дослідженнями також встановлено, що швидкість руху гірничої маси по висоті випускного отвору зменшується від лобовини до підшви виробки доставки, утворюючи відповідно активну, пасивну та мертву зони [12]. Витікання з активної зони триває безупинно, поки рух руди відбувається без зависань. При утворенні зависань, які можна ліквідовувати рухомим потоком матеріалу по конвеєру, витікання руди здійснюється з пасивної зони, поки висота потоку не досягне розмірів, що відповідають заданим розмірам шматків матеріалу. В процесі випуску висота активної і пасивної зон постійно змінюється.

Наявність в зоні потоку активної і пасивної зон витікання свідчить про те, що при проектуванні конвеєрної доставки руди в блоках необхідно прагнути до забезпечення стійкого винесення робочим органом конвеєра шару граничної висоти. Інакше продуктивність та потужність конвеєра використовуватимуться не повністю. Це досягається ліквідацією мертвих зон, утворених рудними постілями біля основи випускних отворів проходкою під ними та бетонуванням підшви дучок, застосуванням настилу з механічних листів або труб. Підшви випускних отворів необхідно проходити при цьому під мінімально допустимими кутами, в основу вибору яких має бути покладений кут зовнішнього тертя руху гірничої маси відповідно до її фізико-механічних властивостей та типу поверхні ковзання. При односторонньому випуску конвеєр необхідно зміщувати у бік випускного отвору. Ширину виробок доставки необхідно проектувати мінімальною, а їхню висоту і, особливо висоту випускних отворів – максимальною. Довжину випускних отворів бажано збільшувати, що також сприятиме поліпшенню витікання руди та кращому формуванню граничної висоти. Впровадження вказаних заходів хоча й веде

до деякого збільшення загального опору руху робочого органу, але сприятиме поліпшенню техніко-економічних показників доставки руди забійними конвеєрами.

Дослідженнями також встановлено, що в процесі доставки відбувається класифікація руди за крупністю в результаті струшування її на робочому органі конвеєра та проникнення дріб'язку у проміжки між більшими шматками. З цієї причини великі шматки завжди переміщуються у верхньому шарі транспортованого матеріалу. Це явище полегшує проведення робіт з вторинного дроблення й дозволяє здійснювати обробку шматків негабаритів безпосередньо на робочому органі конвеєра.

Статичні навантаження, що створюються тиском навалу транспортованого матеріалу, значно впливають на зусилля, що виникають в тягових ланцюгах рудних забійних скребкових конвеєрів. Для урахування реальних навантажень під час експлуатації таких установок були проведені дослідження з визначення тиску гірничої маси на риштаковий постав конвеєра [13].

Вимірювання тиску руди, що поступала з випускних отворів на робочий орган конвеєра, виконували спеціально розробленими та виготовленими датчиками тиску. Усередині круглого корпусу датчиків тиску розташовувався чутливий елемент у вигляді шестипроменевої зірки. Три парних променевих зірки прикріплювали до корпусу, а три непарних – до кришки. На усіх променях зірки з обох боків наклеювали тензорезистори, сполучені разом по три у кожному плечі. Датчики тиску захищали гумовою оболонкою та укладали на риштаковий постав повністю розвантаженого конвеєра по осі випускних отворів. Потім здійснювали випуск руди з дучок. Тензорезистори змінювали свій опір внаслідок прогину променів зірки під впливом ваги руди, що знаходилася у завалі. При включенні конвеєра датчики тиску переміщалися разом з робочим органом та фіксували зміну статичного навантаження по усій довжині транспортування матеріалу.

За результатами тензометричних вимірів був визначений тиск гірничої маси на днище риштакового постава конвеєра в зоні завалу та при виході з нього (рис. 3.1). Початком координат вважалася вісь випускного отвору.

Аналіз рис. 3.1 показує, що величина вертикального тиску гірничої маси на риштаковий постав конвеєра в зоні випускних отворів найінтенсивніше змінювався у момент виходу вимірних вузлів із завалу і потім стабілізувався по довжині транспортування. Максимальний тиск, що сприймався датчиками, укладеними по осі випускних отворів, склав 0,048 МПа. Датчики, розташовані на відстані 0,75 м від осі дучки, тобто біля межі випускних отворів, зареєстрували тиск 0,040 МПа. При виході датчиків із завалу величина вертикального тиску на днище риштакового постава конвеєра поступово знижувалася і склала 0,018 МПа, що майже в 2,7 разу менше тиску на днище риштакового постава по осі випускних отворів.

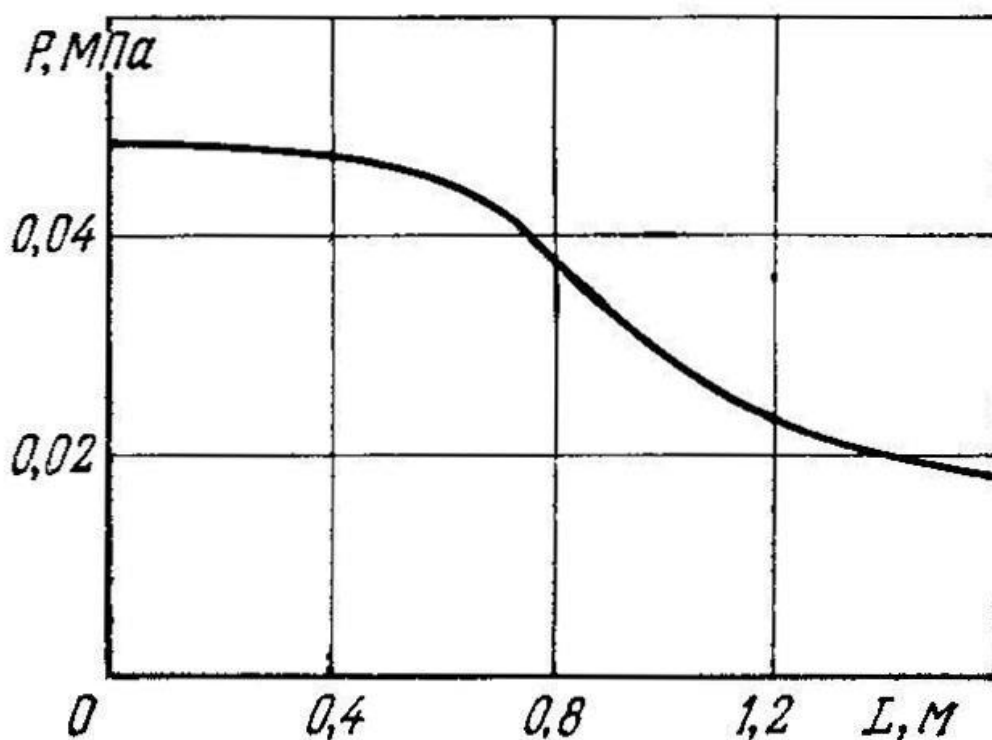


Рисунок 3.1 – Розподіл тиску руди по довжині риштакового постава конвеєра в зоні завалу і при виході з нього

Отримані результати свідчать про те, що робочий орган конвеєра в зоні випускних отворів сприймає тиск не лише від ваги руди, що знаходиться в завалі, але й додатковий тиск від ваги шарів гірничої маси, розташованих вище випускних отворів. Отже, робочий орган конвеєра в зоні випускних отворів долає додат-

кові опори руху від ваги руди, що знаходиться в склепінні природної рівноваги над випускними отворами. Ці опори необхідно враховувати при проектуванні конвеєрної доставки руди з очисних забоїв на підземних копальнях.

У різні роки науковцями КГРІ були розроблені різні варіанти скребкових забійних конвеєрів, які мали приблизно однакове конструктивне виконання. На рис. 3.2 показаний зовнішній вигляд одного з них.

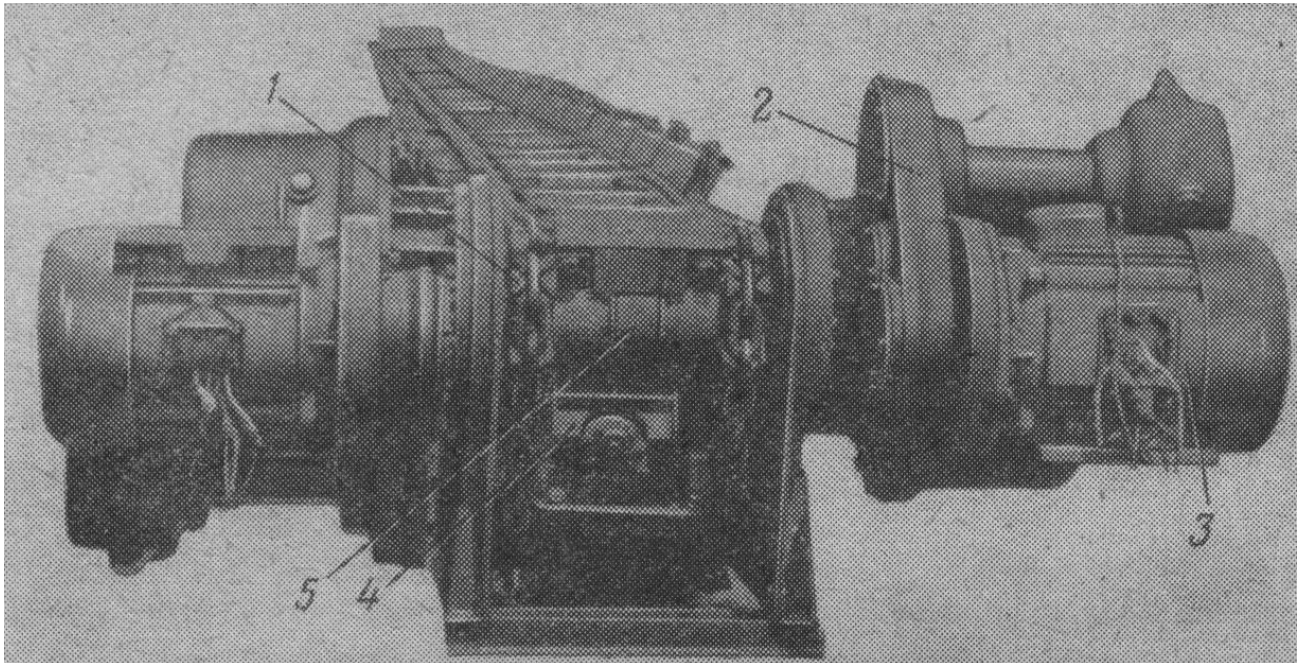


Рисунок 3.2 – Загальний вигляд скребкового забійного конвеєра конструкції КГРІ:
1 – приводний вал; 2 – редуктор; 3 – електродвигун;
4 – натяжний пристрій; 5 – запобіжний пристрій

На головній частині рами змонтований приводний вал із зірочками 1, редуктори 2 з електродвигунами 3 та пружинний натяжний пристрій маятникового типу 4. Проміжна перехідна секція служить для з'єднання основної частини приводної станції з риштаковим поставом конвеєра.

Для запобігання поломкам при заклиненні робочого органу приводний вал сполучений із зірочками через запобіжний шпонковий пристрій 5. Запобіжні шпонки встановлені між приводними зірочками та утримуються від випадання знімними кільцями. Натяжний пристрій маятникового типу, встановлений в нижній

частині основної рами, дозволяє автоматично ліквідовувати провисання тягових ланцюгів після сходу останніх з приводних зірочок.

Конструкція конвеєра дозволяє працювати з одним або двома редукторами залежно від довжини доставки. При роботі з одним редуктором з іншого боку встановлюється спеціальна підтримувальна втулка. Редуктор приводу конвеєра планетарного типу зі змінним передатним відношенням забезпечує дві швидкості руху робочого органу. Клини, які сполучають риштаки, розташовані у верхній частині риштакового постава, що забезпечує легкий доступ до них при демонтажі конвеєра.

Для видалення дрібної породи з нижньої порожнини риштакового постава, а також для самоочищення барабану кінцевої натяжної станції застосовані спеціальні очисні скребки, які встановлені через кожні 8-10 робочих скреbkів. Очисні скребки мають висоту на 10 мм вище робочих, а їхня передня площа розташована вертикально.

3.2 Аналіз основних закономірностей взаємодії робочого органу забійного скребкового конвеєра із сипким вантажем

Специфічними особливостями процесу експлуатації рудних забійних скребкових конвеєрів у порівнянні з вугільними є необхідність переміщення робочого органу під постійним завалом важкої гірничої маси та доставки її високим шаром аж до моменту розвантаження. Оскільки основними елементами робочих органів скребкових конвеєрів є тягові ланцюги і скребки, особливий інтерес представляє з'ясування характеру взаємодії скребка з рудою та визначення зусиль, що діють на нього.

Для вирішення цих питань можна скористатися законами механіки сипких тіл. Будемо рахувати, що скребок конвеєра подібний площині, яка проникає у сипке середовище, тисне на нього і зсуває певну його частину, порушуючи при цьому рівновагу цього середовища. Аналіз взаємодії скребка з ним можна здійснювати з урахуванням граничного напруженого стану сипкого середовища, а сили опо-

ру переміщенню скребка вважати пасивними. Цей пасивний опір можна визначити шляхом використання графоаналітичного методу, який полягає у знаходженні напрямків ліній ковзання, побудові тіла випирання та розрахунку його основних об'ємів. Після цього за допомогою багатокутника сил визначають величину пасивного опору. На рис. 3.3 показаний порядок побудови призми випирання та визначення сил, що діють на скребок. Якщо представити скребок у вигляді площини AB (рис. 3.3а), що переміщується у сипкому середовищі, а його вільна поверхня знаходиться на рівні AN , то перед нею буде формуватися призма випирання $ABCDNA$ [10].

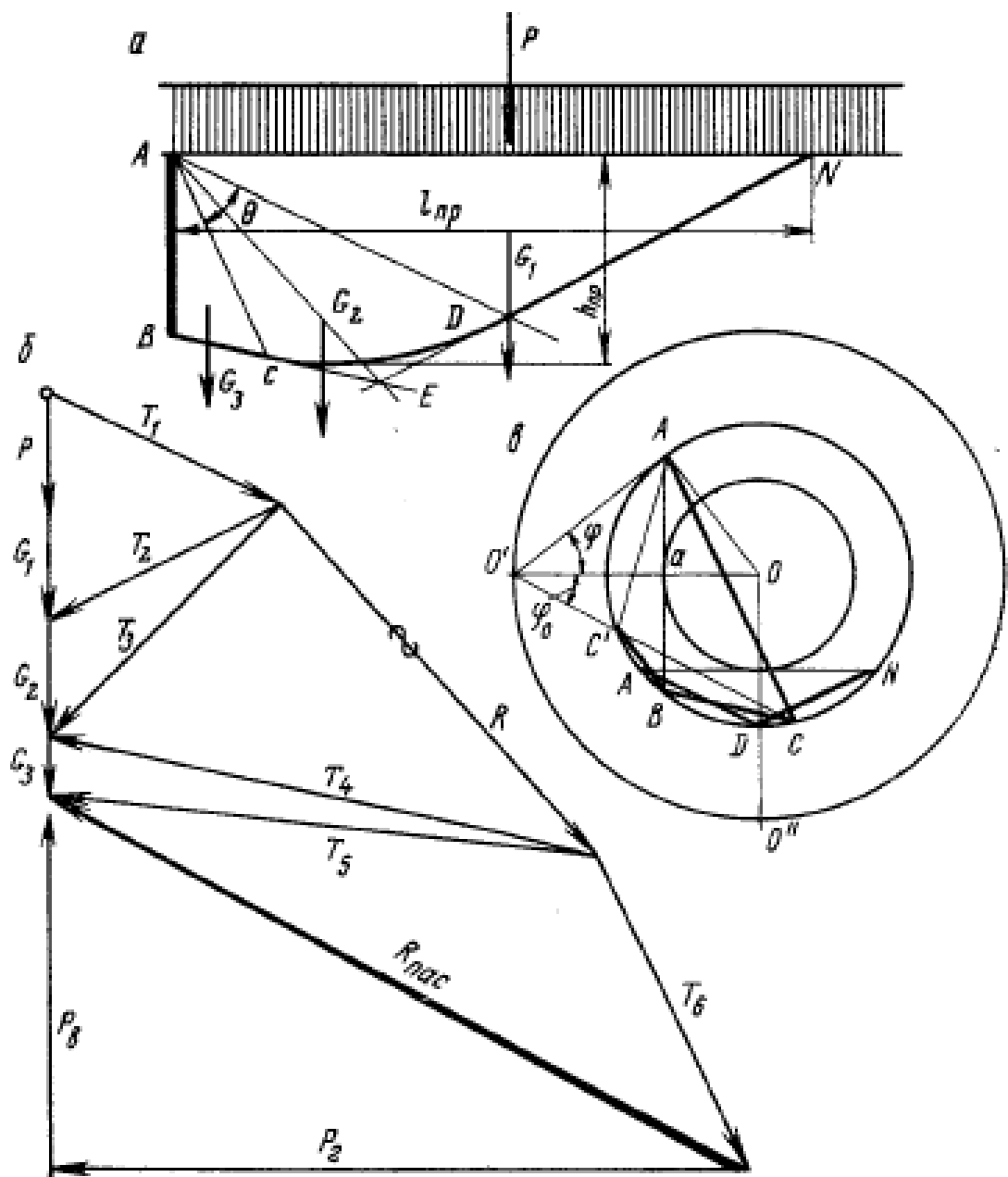


Рисунок 3.3 – До питання побудови призми випирання
та визначення сил, що діють на скребок:

a – призма випирання; *б* – силовий багатокутник; *в* – характеристичні кола

Побудова площин ковзання призми випирання може бути почата з накреслення прямокутного трикутника $O'AO$ (рис. 3.3б), в якому кут $AO'O$ відповідає куту внутрішнього тертя сипкого середовища. Далі, приймаючи вершину трикутника O в якості центру, радіусами OA , Oa і OO' описуємо три характеристичні кола, які називаються відповідно колами вершин, майданчиків та полюсів (рис. 3.3в). Після цього проводиться хорда кола вершин AB , паралельна переміщуваній площині та дотична колу майданчиків.

Робочий орган скребкового типу представляє собою ряд скребків, встановлених з певним кроком та прикріплених до тягових ланцюгів, які розташовуються зазвичай з боків або посередині скребків. Для визначення загальної величини складових зусилля, що діє на робочий орган, потрібно розглянути можливі схеми сил на ділянці довжиною, що дорівнює одному кроку установки скребків.

В разі розташування скребків з нормальним кроком на ділянці такого розміру під час транспортування сипкого вантажу будуть діяти наступні сили (рис. 3.4а) [10]:

- сили, що діють на скребок з боку переміщуваної ним призми випирання ABC (P_B і P_T) з урахуванням навантаження від шару сипкого вантажу AN_1N_2DCA , що лежить на ній, та тертя по його бічним площинам, можна визначити за допомогою наступних формул:

$$P_T = P'_T + P_6; \quad (3.1)$$

$$P_6 = (H + 0,5h_c)^2 \gamma n l t g \alpha; \quad (3.2)$$

$$P_B = 0,331 e^{-0,585\alpha} \sin(4,3\alpha + 100\varphi_c) h_c^2 \gamma b t g^4 \left(45 + \frac{\varphi}{2}\right) t g^{2,5} \varphi_c; \quad (3.3)$$

$$P'_T = 25,8 e^{-1,6\alpha^2} h_c^{1,25} \gamma b (t g^{2,5} \varphi) (t g \varphi_c) H^{0,75}, \quad (3.4)$$

де H – висота шару сипкого вантажу над скребком; γ – питома вага сипкого вантажу; l – крок установки скребків; n – коефіцієнт бічного тиску; h_c – висота скреб-

ка; φ – кут внутрішнього тертя сипкого вантажу; φ_c – кут тертя сипкого вантажу відносно передньої площини скребка; α – кут відхилення скребка від вертикалі;

- сила P_6 , що діє на скребок від сил тертя сипкого вантажу, розташованого над горизонтальним майданчиком його KA , по бічних площинам KN_3N_1A :

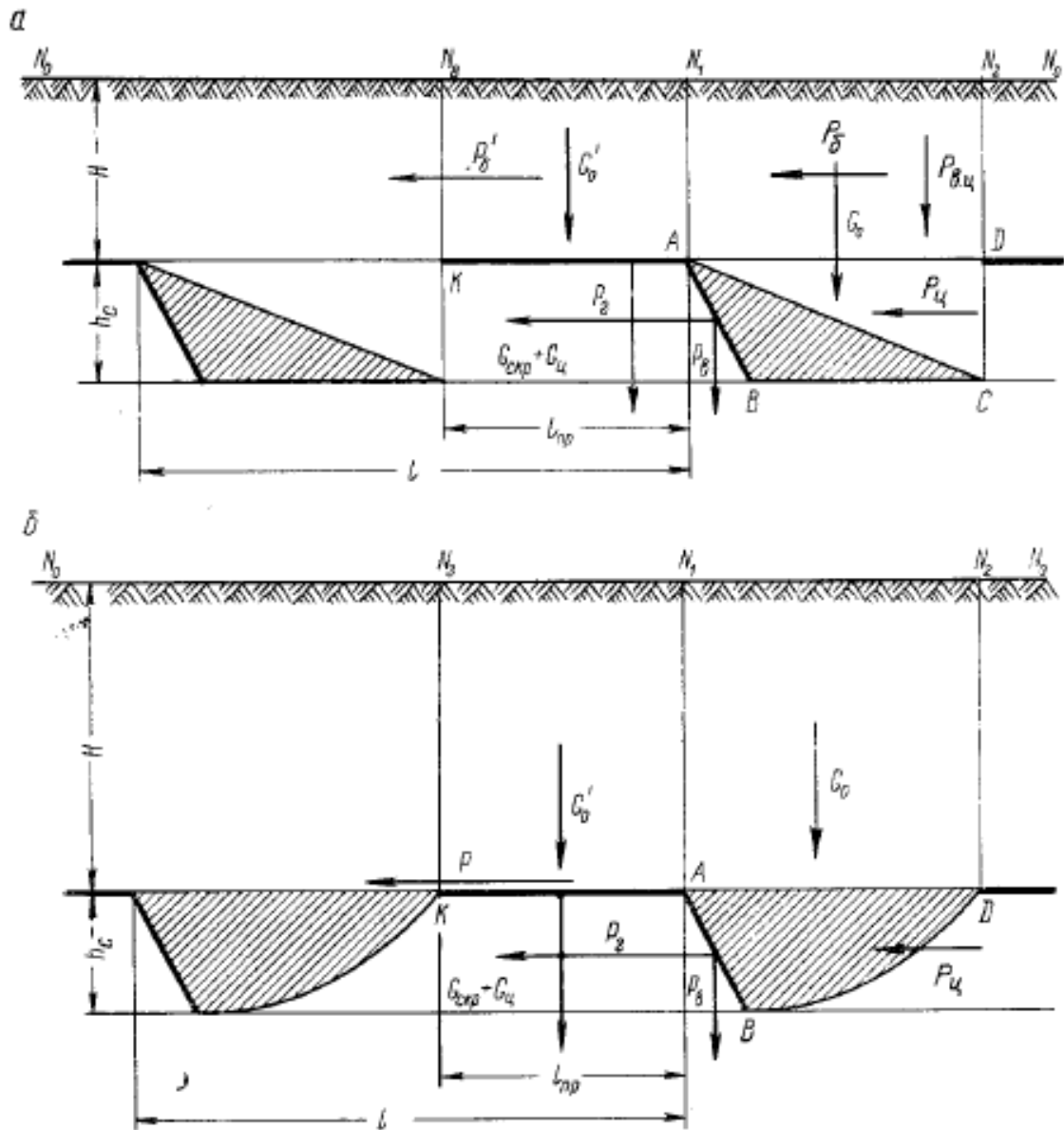


Рисунок 3.4 – Схема сил, які діють на ділянку робочого органу довжиною, що дорівнює кроку установки скребків:

a – під час транспортування сипкого вантажу;

б – під час протягування скребків у сипкому вантажі

$$P_6 = H^2 l_{\text{пр}} \gamma n t g \varphi, \quad (3.5)$$

де $l_{\text{пр}}$ – довжина навантаженого майданчику або верхньої площини скребка;

- вертикальна сила $P'_в$, що дорівнює величині навантаження скребка вагою сипкого вантажу $G_{пр}$, розташованого над вказаним майданчиком:

$$P'_в = bl_{пр}H\gamma; \quad (3.6)$$

- вертикальна сила $P''_в$, що дорівнює вазі скребка і тягових ланцюгів на довжині робочого органу в один крок установки скребок:

$$P''_в = G_{скр} + G_{ц}, \quad (3.7)$$

де $G_{скр}$ і $G_{ц}$ – відповідно вага одного скребка з кріпленням та тягових ланцюгів на довжині, що дорівнює одному кроку робочого органу.

Горизонтальна сила опору руху від тертя тягових ланцюгів зовнішніми поверхнями тертя відносно сипкого вантажу (у випадку двох ланцюгів, розташованих з боків скребка):

$$P_ц = 2(H_ц + 0,5h_ц)S_ц\gamma ntg\varphi_ц, \quad (3.8)$$

де $S_ц$ – площа поверхні тягових ланцюгів, що знаходиться поза області призми випирання; $H_ц$ – висота шару сипкого вантажу над поверхнею тягових ланцюгів; $\varphi_ц$ – кут тертя ланцюга відносно сипкого вантажу (для практичних розрахунків його можна приймати аналогічним куту внутрішнього тертя сипкого вантажу φ); $h_ц$ – висота ланки ланцюга;

- додаткова вертикальна складова зусилля, що діє на скребок від тягових ланцюгів, які потрапляють у зону призми випирання $P_{в.ц}$ з площиною, що дорівнює площі тягових ланцюгів у цій зоні.

Результуючі вертикальна і горизонтальна сили, що діють на робочий орган по довжині одного кроку установки скребок, визначатимуться шляхом підсумовування розглянутих вище сил:

$$F_в = P_в + P'_в + P''_в + P_{в.ц}; \quad (3.9)$$

$$F_г = P_г + P_б + P_ц + F_в tg\varphi'_с, \quad (3.10)$$

де $\varphi'_с$ – кут тертя скребка відносно доріжки для переміщення скребок.

У випадку протягування робочого органу під сипким вантажем на відміну від процесу транспортування останнього можна розрізнити наступні сили (див. рис. 3.4б):

- вертикальну і горизонтальну складові зусилля, що діє на скребок, з урахуванням впливу сипкого вантажу, що лежить над призмою випирання:

$$P_B = 0,465e^{-0,585\alpha} \sin(4,3\alpha + 100\varphi_c) h_c^2 \gamma b t g^4 \left(45 + \frac{\varphi}{2}\right) t g^{2,5} \varphi_c; \quad (3.11)$$

$$P'_G = 22,9e^{-1,6\alpha^2} h_c^{1,25} \gamma b (t g^{2,5} \varphi) t g^{0,1} \varphi_c H^{0,75}. \quad (3.12)$$

Ці величини (P_B і P'_G) вертикальної і горизонтальної складових зусиль, що діють на передню площину скребка з боку призми випирання, в обох розглянутих випадках – див. формули (3.3), (3.4), (3.11), (3.12) – також можуть бути визначені за допомогою відповідних номограм, приведених на рис. 3.5 і 3.6. Розбіжність розрахункових параметрів з експериментальними даними при використанні графоаналітичного методу розрахунку та емпіричних формул і номограм не перевищує відповідно 10 і 20%;

- сила опору руху скребка від тертя майданчику KA відносно вищележачого шару сипкого вантажу KAN_1N_3 :

$$P = bl_{\text{пр}} H \gamma t g \varphi_c. \quad (3.13)$$

Решта сил залишаються незмінними. Результируючі вертикальна і горизонтальна сили, що діють на робочий орган на довжині одного кроку установки його скребоків, визначаються шляхом підсумовування розглянутих вище сил:

$$F_B = P_B + P'_B + P''_B + P_{B.ц.}; \quad (3.14)$$

$$F'_G = P'_G + P + P_{ц} + F_B t g \varphi'_c. \quad (3.15)$$

Приведені вирази дають можливість розрахувати величину результируючої вертикальної складової зусилля, що діє на скребок, та знайти повний опір руху завантаженої гілки забійного конвеєра з робочим органом скребкового типу.

Визначення граничної висоти транспортованого шару та продуктивності процесу транспортування можна здійснювати як для суцільного робочого органу. При цьому слід вважати, що його верхня площа розташована на рівні верхніх кромek скребоків, а коефіцієнт тертя сипкого вантажу відносно робочого органу дорівнює:

$$f_1 = \frac{(l-l_{\text{пр}})tg\varphi_c + l_{\text{пр}}tg\varphi}{l}. \quad (3.16)$$

3.3 Обґрунтування і розрахунки раціональних конструктивних та експлуатаційних параметрів підземного забійного скребкового конвеєра з верхньою робочою гілкою

3.3.1 Визначення величини продуктивності конвеєра при доставці руди

Застосування скребкових конвеєрів в гірничорудній промисловості в умовах нерегульованого випуску руди потребує певного уточнення існуючих методів визначення продуктивності [10,14]. У зв'язку з цим в інституті КГРІ були свого часу проведені промислові дослідження, під час яких визначалася фактична висота транспортованого шару матеріалу у зоні винесення його з навалу та у точці розвантаження, а також величина зниження висоти цього рухомого шару та продуктивність конвеєра при різній довжині доставки руди.

Схема установки конвеєра приведена на рис. 3.7.

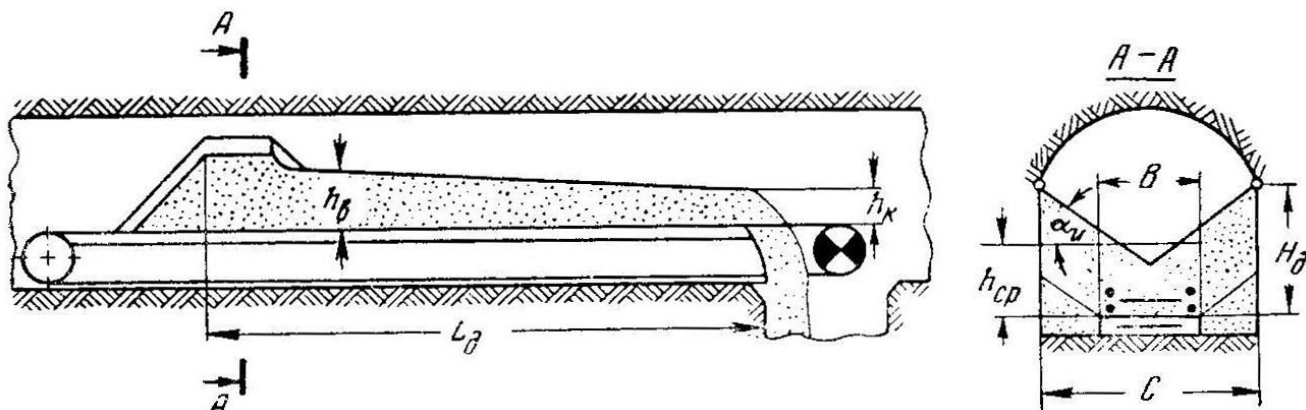


Рисунок 3.7 – Схема установки скребкового конвеєра КГРІ в забої

При випуску руди з парних дучок у зоні завантаження утворюється навал, з якого робочий орган виносить і переміщує гірничу масу аж до її розвантаження. В процесі переміщення висота шару, що виноситься, поступово знижується згідно із законом, близьким до прямолінійного. Інтенсивність зниження висоти шару характеризується коефіцієнтом зниження, який визначається за допомогою наступного виразу [10,14]:

$$K_{з.ш.} = \frac{h_b - h_k}{L_d}, \quad (3.17)$$

де h_b – висота шару, що виноситься, м; h_k – кінцева висота бічного шару, м; L_d – довжина доставки, м.

Як показали дослідження, із збільшенням середньої висоти навалу висота шару винесення і кінцева висота бічного шару вантажу спочатку збільшується. Досягши висоти навалу, що перевищує в 1,4-1,5 рази ширину робочого органу, вказані величини набувають граничних значень і з подальшим збільшенням висоти навалу залишаються постійними для цієї довжини доставки та ширини робочого органу.

Середня висота навалу в зоні завантаження при установці поставу конвеєра по осі виробки та двосторонньому розташуванні дучок становитиме:

$$h_{сер} = H_d - (0,5C - 0,25B)tg\alpha_b, \text{ м}, \quad (3.18)$$

де H_d – висота випускного отвору (дучки), м; C – ширина виробки доставки, м; B – ширина робочого органу конвеєра, м; α_b – кут витікання руди з дучки, град.

При горизонтальній установці конвеєра граничну висоту шару винесення вантажу можна визначити з наступного виразу [10,14]:

$$h_{гр} = \frac{Bf_1}{f_{б.с.}n}, \text{ м}, \quad (3.19)$$

де f_1 – коефіцієнт тертя транспортованого вантажу відносно верхньої площини робочого органу; $f_{6.c}$ – коефіцієнт тертя вантажу відносно бічних стінок робочого органу; n – коефіцієнт бічного тиску.

Для сипких вантажів величина коефіцієнту бічного тиску становить:

$$n = \frac{1,2 + v}{1 + \sin \varphi},$$

де φ – кут внутрішнього тертя транспортованого вантажу; v – швидкість руху вантажу, м/с.

З формули (3.17) можна знайти величину висоти кінцевого шару:

$$h_k = h_b - K_{3.ш.} L_d, \text{ м}, \quad (3.20)$$

Як видно з цієї формули, висота бічного шару, а отже, й площа поперечного перерізу транспортованого вантажу в точці розвантаження залежить від довжини доставки та коефіцієнта зниження висоти шару.

Обробка результатів промислових досліджень дозволила визначити залежність характеру зміни значення коефіцієнта зниження транспортованого шару матеріалу від довжини доставки. Вказану залежність можна виразити наступною емпіричною формулою:

$$K_{3.ш.} \cdot 10^{-4} = 17,2 + \frac{2113}{L_d}. \quad (3.21)$$

З виразу (3.21) видно, що коефіцієнт зниження висоти бічного шару не є величиною постійною, а зменшується із збільшенням довжини доставки.

Площу поперечного перерізу шару в місці розвантаження (рис. 3.8) можна розглядати як суму площ трапеції F_1 , трикутника F_2 та площі F_3 , яку займає робочий орган. Враховуючи, що шар, який транспортується, переміщається в навалі гірничої маси, ширина його за верхнім профілем заповнення залежатиме від кута природного укосу матеріалу, а за нижнім профілем заповнення – дорівнює ширині робочого органу. Як показали проведені дослідження, ширина шару за верхнім профілем заповнення від осі OO_1 , внаслідок ущільнення бічних укосів, збільшується на $0,25 BB_2$, тобто:

$$B_1 B_2 = C_1 C_2 = 0,25 B B_2. \quad (3.22)$$

Тоді матимемо:

$$F_1 = B h_K + 0,25 h_K^2 \operatorname{ctg} \alpha, \text{ м}, \quad (3.23)$$

де α – кут природного укосу транспортованого матеріалу.

Площа F_2 дорівнює площі трикутника з основою $B_1 C_1$, тобто:

$$F_2 = 0,25 (B + 0,5 h_K \operatorname{ctg} \alpha)^2 \operatorname{tg} \alpha_p, \text{ м}^2, \quad (3.24)$$

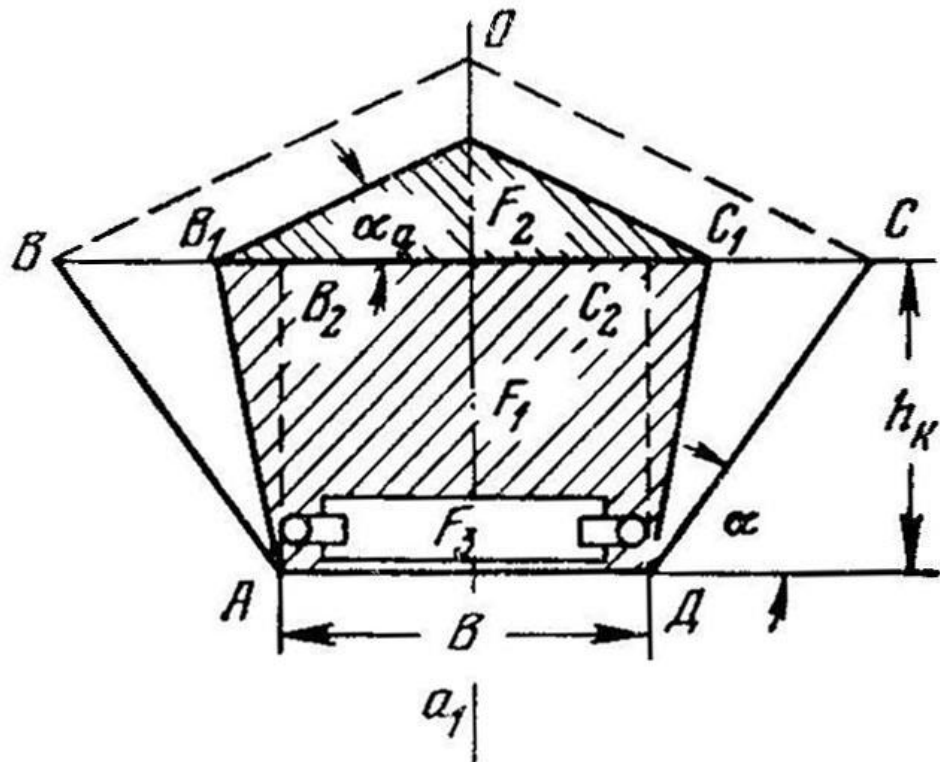


Рисунок 3.8 – Переріз шару вантажу в місці розвантаження конвеєра

де α_d – кут природного укосу в русі, для добре сипких матеріалів $\alpha_d = (0,3-0,35)\alpha$; для погано сипких $\alpha_d = (0,4-0,5)\alpha$.

Площу F_3 , яку займає робочий орган, можна визначити з виразу:

$$F_3 = \frac{K g_0}{1000 \gamma_0}, \text{ м}^2, \quad (3.25)$$

де K – коефіцієнт, що враховує збільшення площі, що займає робочий орган, $K = 1,1-1,15$; g_0 – маса 1 м робочого органу, кг/м; γ_0 – густина матеріалу робочого органу, т/м³.

Тоді площа поперечного перерізу рухомого шару в точці розвантаження становитиме:

$$F = Bh_k + 0,25h_k^2 ctg\alpha + 0,25(B + 0,5h_k ctg\alpha)^2 tg\alpha_p + \frac{Kg_0}{1000\gamma_0}, \text{м}^2. \quad (3.26)$$

Продуктивність забійного конвеєра визначаємо за допомогою загальноприйнятої формули:

$$Q = 3600Fv\gamma, \text{т/Г}, \quad (3.27)$$

де v – швидкість руху робочого органу, м/с; γ – густина гірничої маси, т/м³.

Беручи середні значення фізико-механічних властивостей руд Криворізького басейну та вирішуючи спільно вирази (3.19), (3.20), (3.26) і (3.27), можна для заданої продуктивності визначити ширину робочого органу забійного конвеєра :

$$B = 0,52K_{з.ш.}L_d + 0,277\sqrt{3,46K_{з.ш.}^2L_d^2 - 0,002\frac{Q}{v\gamma}}, \text{м}. \quad (3.28)$$

У той же час ширина робочого органу, виходячи з розмірів виробки доставки та випускних отворів (дучок), повинна відповідати оптимальній висоті навалу, при якій забезпечується максимальна продуктивність конвеєра:

$$B \leq \frac{nf_B(H_B - 0,5ctg\alpha)}{1,4f_1 - 0,25nf_Btg\alpha}, \text{м}, \quad (3.29)$$

де f_ϕ – коефіцієнт внутрішнього тертя транспортованого вантажу.

На підставі викладеної уточненої методики розрахунку та проведених інститутом КГРІ промислових досліджень в умовах шахти «Жовтнева» об'єднання «Кривбасруда» запропоновані номограми для визначення ширини робочого органу та продуктивності доставки гірничої маси, виходячи з основних її параметрів та конструктивних даних забійного скребкового конвеєра (рис. 3.9 і 3.10) [14].

Для перевірки достовірності методики в процесі експлуатації проводили фото- й хронометражні спостереження за роботою скребкового конвеєра з верхньою робочою гілкою, швидкість руху та ширина робочого органу якого відповідно дорівнювали: $v = 0,114$ м/с, $B = 0,6$ м. Результати спостережень приведені в табл. 3.1 [14].

Обробка результатів спостережень дозволила визначити величину використання конвеєра в часі, фактичну продуктивність та залежність її від довжини доставки, яку можна виразити наступною емпіричною формулою:

$$Q = 425 - 1,54L_{\text{д}}, \text{ т/г.} \quad (3.30)$$

Аналіз отриманої залежності показує, що при збільшенні довжини доставки

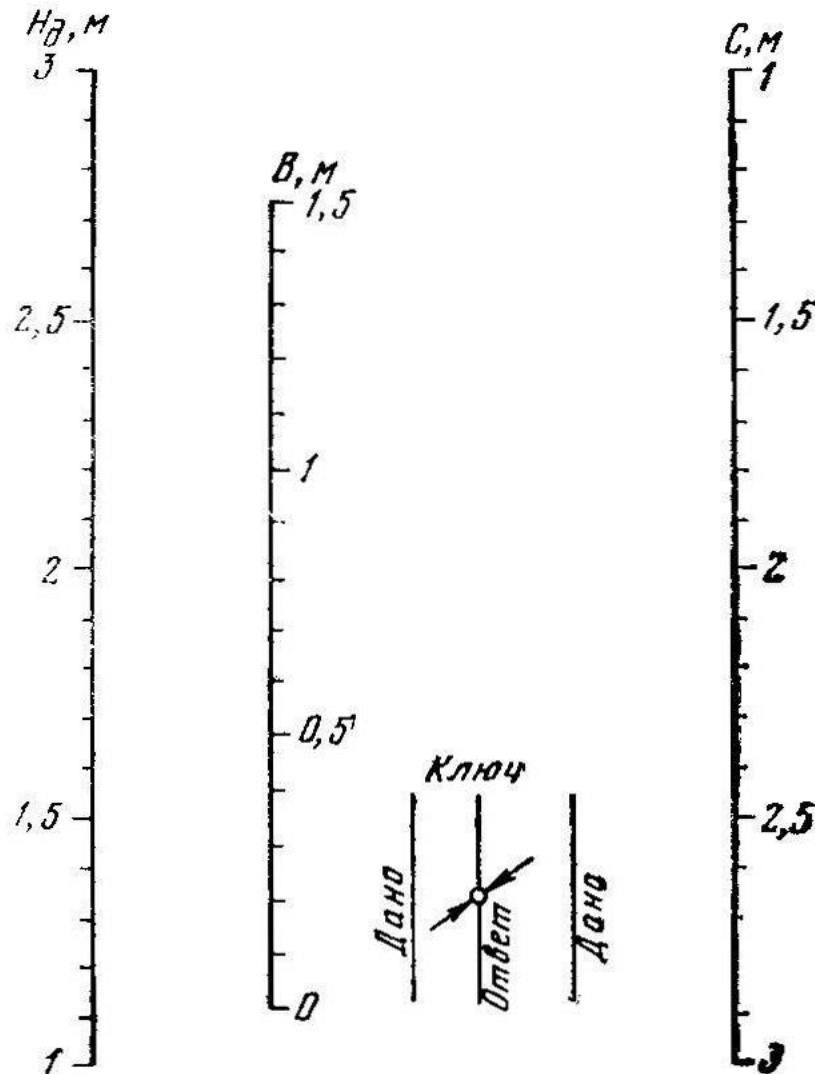


Рисунок 3.9 – Номограма для вибору ширини робочого органу конвеєра

з 7 до 27,5 м продуктивність конвеєра зменшується з 414 до 383 т/г.

З порівняння фактичної продуктивності конвеєра з теоретичною (див. табл. 3.1), підрахованою за формулами (3.27) і (3.30), видно, що розбіжність результа-

тів не перевищує відповідно 12 і 5%, що підтверджує достатню точність запропонованої методики розрахунку продуктивності забійного скребкового конвеєра, що працює під навалом гірничої маси оптимальної висоти.

3.3.2 Тяговий розрахунок конвеєра

Особливістю тягового розрахунку забійних конвеєрів є те, що при одночасному випуску руди з декількох випускних отворів (дучок), розташованих по довжині виробки доставки, виникають різні експлуатаційні режими роботи конвеєра. Залежно від режиму роботи відбувається витікання гірничої маси з різних отворів, а в робочому органі виникають відповідні за величиною зусилля.

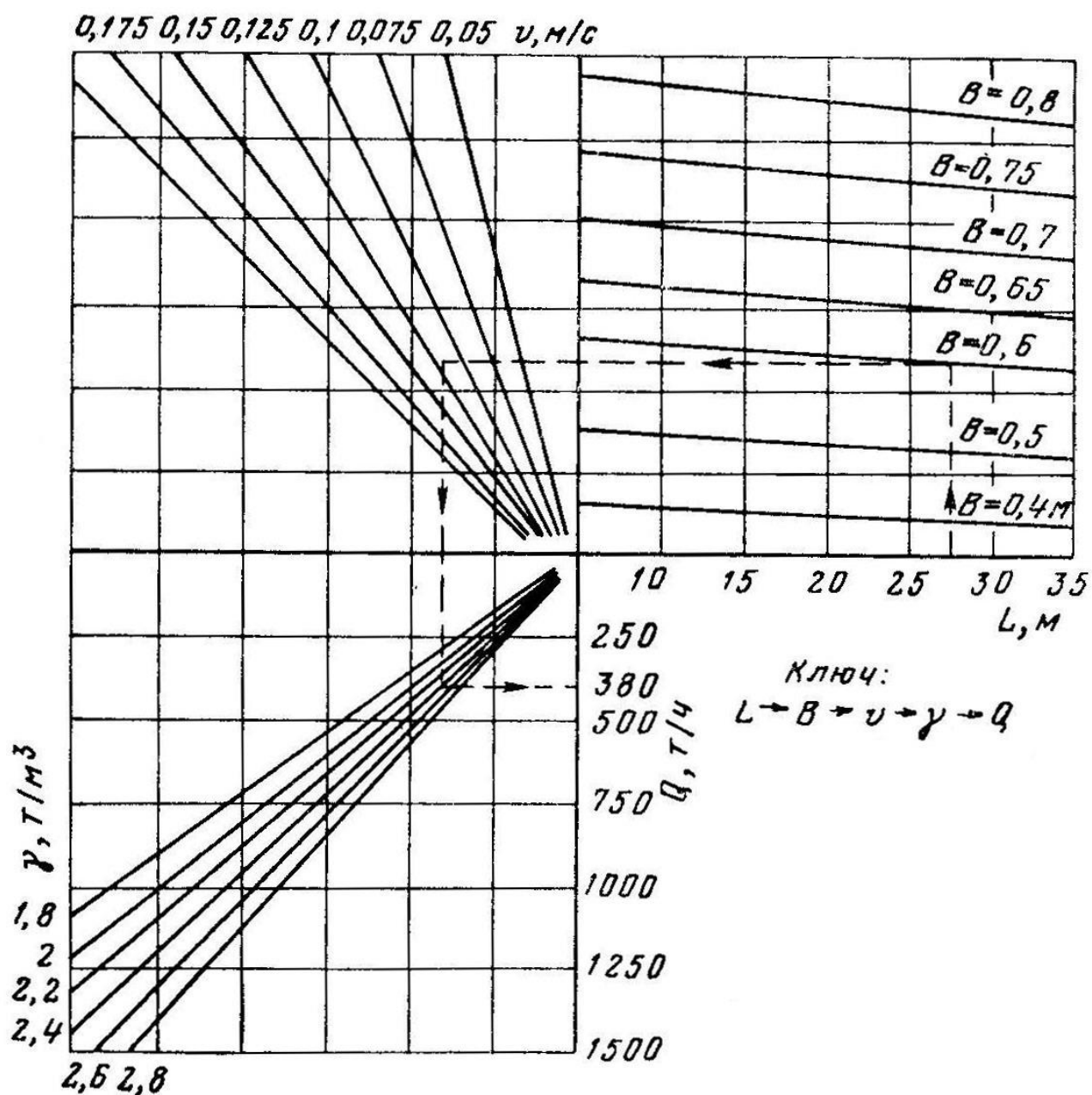


Рисунок 3.10 – Номограма для визначення продуктивності забійного конвеєра

Тяговий розрахунок в різних експлуатаційних режимах виконують методом обходу замкнутого робочого органу по характерних точках. Мінімальний натяг у точці збігання ланцюгів з приводних зірочок, опір руху холостої гілки робочого органу та додаткові опори на відхилюючих барабанах або зірочках визначаються за загальноприйнятою методикою.

При випуску руди з односторонньої або парних дучок конвеєр працюватиме в режимі доставки (рис. 3.11а). В цьому випадку на завантаженій частині конвеєра

виділяють дві зони: зону випуску (ділянка 4-5) та зону транспортування (ділянка 5-6) [15].

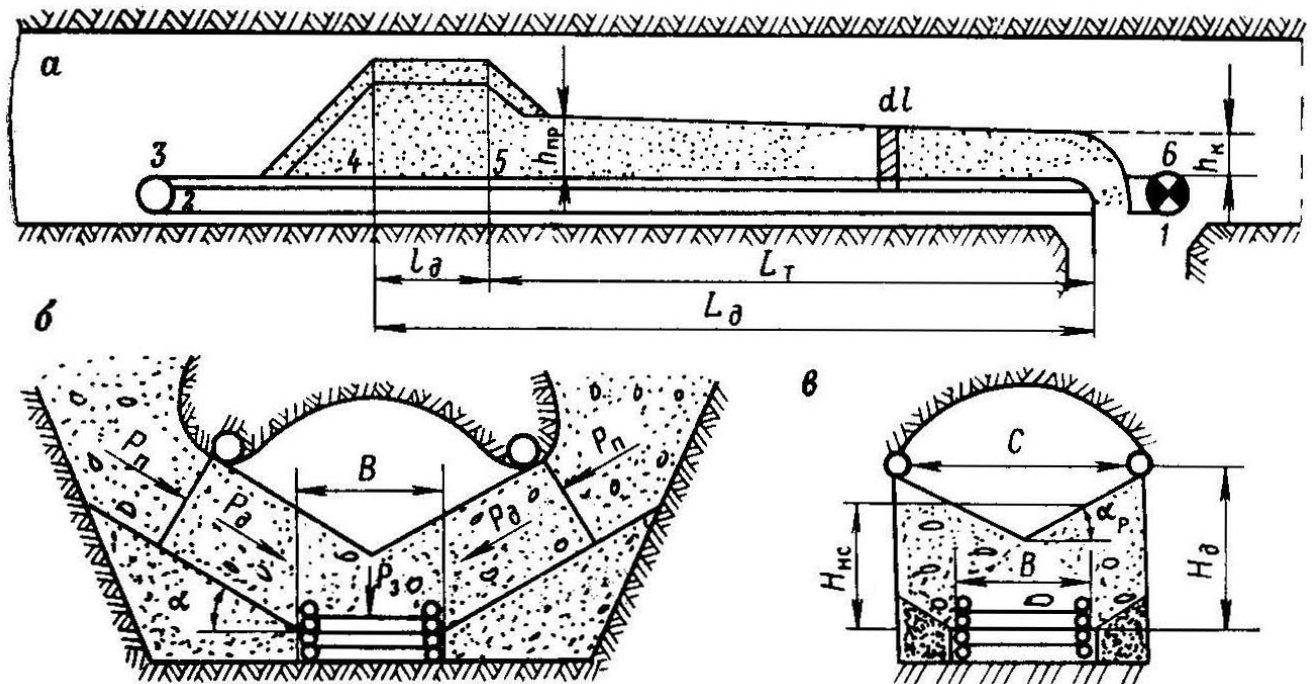


Рисунок 3.11 – Схема доставки при випуску руди з однієї пари дучок:

У зоні випуску (рис. 3.11б) на робочий орган конвеєра діють сили, що викликані тиском навалу руди під дучками (P_3), руди, що знаходиться в дучці (P_d) та підпiрного тиску руди, що знаходиться в очисному просторі (P_n).

Опір руху робочого органу від навалу руди під дучками W_H (Н):

$$W_H = Bg\gamma f_{ж} h_{з.с.} l_d, \quad (3.31)$$

де B – ширина робочого органу, м; g – прискорення вільного падіння, м/с²; γ – густина гірничої маси, кг/м³; $f_{ж}$ – коефіцієнт опору руху гірничої маси по днищу жолоба; $h_{з.с.}$ – середня висота навалу, м; l_d – ширина дучки, м.

Середня висота навалу (м):

$$h_{з.с.} = H_d - (0,5C - 0,25B)tg\alpha_p, \quad (3.32)$$

де H_d – висота дучки від днища конвеєра до лобовини, м; C – ширина виробки, м; α_p – кут витікання руди з дучки, град.

Опір руху робочого органу від тиску гірничої маси W_d (Н), що знаходиться в дучці:

$$W_d = Bg\gamma f_{ж} h_{з.с.} l_d \sin \alpha_n (\sin \alpha_n - f_v \cos \alpha_n), \quad (3.33)$$

де α_n – кут нахилу підосви дучки, град.; f_v – коефіцієнт внутрішнього тертя гірничої маси.

Опір руху робочого органу від тиску гірничої маси W_n (Н), що знаходиться в очисному просторі:

$$W_n = Bg\gamma f_{ж} l_d \frac{K_v R \sin \alpha_n}{f_v m} (\sin^2 \alpha_n + m \cos^2 \alpha_n), \quad (3.34)$$

де K_v – коефіцієнт, що враховує характер випуску ($K_v = 1$ та $K_v = 2$ відповідно при одно- та двосторонньому випуску руди); R – гідравлічний радіус випускного отвору, м; m – коефіцієнт рухомості гірничої маси.

Загальний опір руху робочого органу в зоні випуску (Н) (дільниця 4-5):

$$W_{4-5} = W_n + W_n + W_d + q_0 f_p l_d g, \quad (3.35)$$

де q_0 – погонна маса робочого органу, кг/м; f_p – коефіцієнт опору руху робочого органу по днищу жолоба.

У зоні транспортування (дільниця 5-6) на робочий орган діють опори вантажу, переміщуваного робочим органом, та сили тертя рухомого шару відносно бічних стінок – укосів руди.

Характер зміни висоти шару h_k (м) по довжині транспортування описується наступним рівнянням [11,15]:

$$h_k = a + \frac{B^2}{C + L_T}, \quad (3.36)$$

де $a = 0,4h_{пр} + K_1 h_{ск}$, а $C = \frac{nf_6 B}{0,6f_{p.o.}} - \frac{H_{з.с.} - h_{пр}}{tg \alpha_d}$; $h_{пр}$ – гранична висота скребка, м; $K_1 = 1,15-1,2$ – коефіцієнт, що враховує розміри шматків гірничої маси; L_T – довжина транспортування, м; n – коефіцієнт бічного тиску; f_6 – коефіцієнт тертя вантажу відносно бічних стінок жолобу; $f_{p.o.}$ – коефіцієнт тертя вантажу відносно робочого органу конвеєра; α_d – кут природного укосу транспортованого вантажу в

русі, град. (для добре сипких вантажів $\alpha_d = (0,3-0,35)\alpha$, для погано сипких $\alpha_d = (0,4-0,5)\alpha$; α – кут природного укосу у спокою, град.

Для визначення площі поперечного перерізу рухомого шару F (м²) в точці розвантаження для скребкових конвеєрів можна скористатися приведеною вище формулою (3.26). Тоді з урахуванням формул (3.36) і (3.37) після перетворень отримаємо формулу для визначення опору руху робочого органу W_B (Н) на ділянці 5-6:

$$W_B = \gamma g f_{\text{ж}} \left[(K_2 a^2 + K_3 a + K_4) L_T + \frac{K_2 B^4 L_T}{C^2 + C L_T} + B^2 (2K_2 a + K_3) \ln \left(1 + \frac{L_T}{C} \right) \right], \quad (3.37)$$

де $K_2 = 0,25 c t g \alpha (1 + 0,25 t g \alpha_d c t g \alpha);$

$$K_3 = B (1 + 0,25 t g \alpha_d c t g \alpha);$$

$$K_4 = B (h_{\text{ск}} + -0,25 B t g \alpha_d) - \frac{q_0 K_1}{\gamma_0}.$$

Опір руху робочого органу від тертя рухомого шару матеріалу відносно бічних стінок штучного або природного жолоба (укосів руди) на ділянці 5-6:

$$W_6 = \gamma g f_6 (\cos^2 \alpha_{\text{ст}} + m \sin \alpha_{\text{ст}}) \left[a_1^2 L_T + 2 a_1 B \ln \left(1 + \frac{L_T}{C} \right) - \frac{B^4}{C + L_T} + \frac{B^4}{C} \right], \quad (3.38)$$

де $\alpha_{\text{ст}}$ – кут нахилу бічних стінок жолоба, град.;

$$a_1 = 0,4 h_{\text{пр}} + K_1 h_{\text{ск}} + 0,25 B t g \alpha_d.$$

Повний опір руху робочого органу W_{5-6} (Н):

$$W_{5-6} = W_B + W_6 + q_0 f_p g L_T. \quad (3.39)$$

Натяг робочого органу в точці 6 – S_6 (Н):

$$S_6 = S_4 + W_{4-5} + W_{5-6}. \quad (3.40)$$

При випуску гірничої маси з декількох пар дучок (рис. 3.12) характерні два основні режими: протягання робочого органу під нерухомим шаром вантажу

(дільниця 4-5) та прорізання навалу (дільниця 5-6). У першому випадку витікання гірничої маси проходить з ближньої пари дучок *I*, в другому – з дальніх дучок *II*. На формування цих режимів впливають фізико-механічні властивості транспортованої гірничої маси, параметри доставки та технічні дані конвеєра.

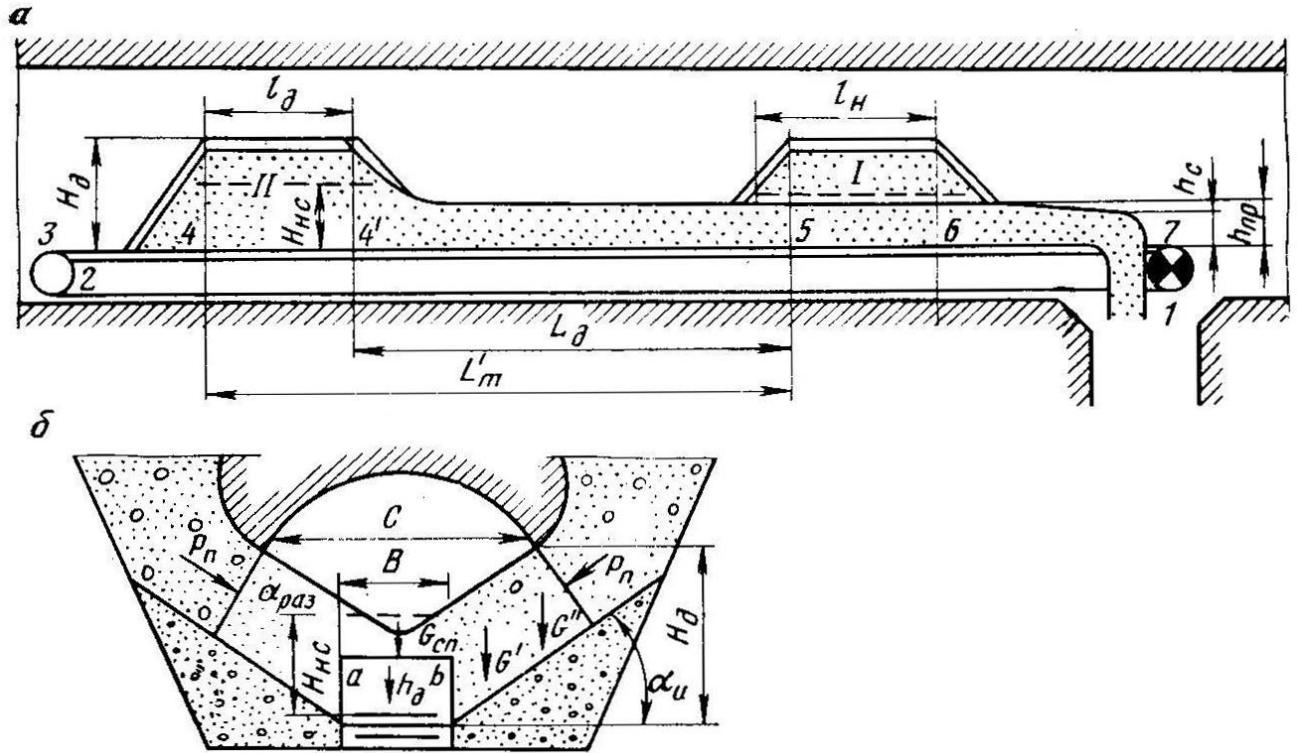


Рисунок 3.12 – Схема доставки руди з декількох пар дучок

При роботі конвеєра в режимі протягання по довжині ковзання (дільниця 4-5) утворюється розвантажувальне склепіння. Величина опору руху робочого органу W_{4-5} (Н) на цій дільниці дорівнює:

$$W'_{4-5} = \gamma g L_{4-5} \left\{ \frac{B^2}{3f_b} (f_b + f_{ж}) + f_{ж} \left[B h_{ск} + q_0 \left(\frac{1}{\gamma} - \frac{K_1}{\gamma_0} \right) \right] \right\}. \quad (3.41)$$

Опір на дільницях 5-6 та 6-7 визначається за формулами (3.35) і (3.40).

Натяг робочого органу S'_7 (Н) при роботі конвеєра в режимі протягання:

$$S'_7 = S_4 + W'_{4-5} + W_{5-6} + W_{6-7}. \quad (3.42)$$

Конвеєр працює в режимі прорізання, коли рухомий шар, що транспортується з дучки *II*, прорізає навал руди під дучкою *I*.

В цьому випадку натягнення робочого органу в точці 7 дорівнює сумі опорів при транспортуванні гірничої маси з дучки II та додаткового опору, викликаного прорізанням навалу під дучкою I (ділянка 5-6), значення якого (H) складає:

$$W''_{5-6} = K_{\text{п}} l_{\text{д}}, \quad (3.43)$$

де $K_{\text{п}}$ – опір прорізання, Н/м.

Натяг робочого органу (H) у точці 7 при роботі конвеєра в режимі прорізання становитиме:

$$S''_7 = S_4 + W_{4-4'} + W_{4'-7} + W''_{5-6}. \quad (3.44)$$

Значення $W_{4-4'}$ і $W_{4'-7}$ знаходяться за формулами (3.35) і (3.40).

Необхідна потужність двигуна визначається виходячи з можливості пуску завантаженого конвеєра після тривалої зупинки.

Тягове зусилля (H) при пуску завантаженого конвеєра:

$$W_{\text{п}} = W_{\text{max}} + K_{\text{с}} B L \tau_0, \quad (3.45)$$

де W_{max} – максимальний опір в одному з трьох режимів; τ_0 – первинний опір зрушенню робочого органу відносно гірничої маси, що лежить на ньому, Н/м²; L – довжина завантаженої частини конвеєра, м; $K_{\text{с}}$ – коефіцієнт, що враховує неодноразовість зрушення гірничої маси по довжині конвеєра. Коефіцієнт $K_{\text{с}}$ коливається від 1 до 0,65, причому меншого значення набуває для великих довжин доставки.

Вибраний електродвигун повинен забезпечувати нормальну роботу конвеєра в усіх експлуатаційних режимах.

Висновки:

- дослідження умов доставки руди у межах очисних забоїв вітчизняних залізничних шахт показує, що одним з можливих шляхів якщо не повного, то хоча б часткового рішення проблеми підвищення продуктивності технологічного процесу очисного виймання руди є заміна скреперної доставки конвеєрної з використанням конструкцій скребкового типу. Особливо доцільно це при реалізації най-

більш невідповідного з точки зору нерівномірності процесу варіанту випуску руди з блоку – гравітаційного;

- нерівномірна участь у цьому процесі окремих дучок очисного забою через часті зависання руди у випускних отворах призводить, у свою чергу, до нерівномірності навантаження робочого органу скребкового конвеєра по його довжині. Максимальні навантаження спостерігаються у зонах випускних отворів, де на нього діє не лише тиск від ваги руди, що знаходиться в завалі, але й додатковий тиск від ваги шарів гірничої маси, розташованих вище випускних отворів. У цих зонах робочий орган конвеєра долає додаткові опори руху від ваги руди, що знаходиться в склепінні природної рівноваги над випускними отворами;

- проведений аналіз основних закономірностей взаємодії робочого органу рудного забійного скребкового конвеєра із сипким вантажем показує, що у порівнянні з вугільними конструкціями він змушений працювати в умовах постійного завалу важкою гірничою масою та необхідності доставки її високим шаром аж до моменту розвантаження у рудозвальну виробку;

- основними елементами робочих органів скребкових конвеєрів є тягові ланцюги і скребки, тому важливим питанням є з'ясування характеру взаємодії скребка з рудою та визначення зусиль, що діють на нього під час транспортування гірничої маси. Для вирішення цього питання шляхом аналізу існуючих опорів переміщення скребка у товщі руди в роботі запропонований графоаналітичний метод, який полягає у знаходженні напрямків ліній ковзання, побудові тіла випирання гірничої маси та розрахунку його основних об'ємів. Крім того, це може бути зроблено за допомогою приведених емпіричних формул та номограм, розроблених на їх основі;

- в роботі здійснено обґрунтування і розрахунки раціональних конструктивних та експлуатаційних параметрів підземного забійного скребкового конвеєра з верхньою робочою гілкою, зокрема його продуктивності. Достовірність запропонованих формул була підтверджена результатами промислових випробувань скребкового забійного конвеєра конструкції інституту КГРІ в умовах підземного Кривбасу;

- запропоновано також методику розрахунку тягових характеристик приводу подібного конвеєра для умов випуску руди як з однієї окремої дучки, так і з декількох одночасно. Вона дозволяє вибрати приводний електродвигун, здатний забезпечити нормальну роботу конвеєра в усіх можливих експлуатаційних режимах.

4 ОБГРУНТУВАННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ПРОВЕДЕНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ПРАКТИЧНОЇ ПЕРЕВІРКИ

4.1 Перевірка результатів досліджень у виробничих умовах

Як вже було зауважено вище, рудний забійний скребковий конвеєр з верхньою робочою гілкою конструкції інституту КГРІ був випробуваний в умовах підземного Кривбасу на шахті "Жовтнева" виробничого об'єднання «Кривбасруда» (див. табл. 3.1).

Випробування виготовленого Криворізьким центральним рудоремонтним заводом конвеєра проводили в очисному блоці 60-64 горизонту 735 м, який відпрацьовували системою підповерхового обвалення із збільшеною висотою підсічки та відбивання руди глибокими вертикальними свердловинами. Конвеєр доставляв руду, що поступала з п'яти односторонніх дучок, до рудоспуску глибиною 80 м, пройденому до горизонту 815 м.

Конвеєр складався з приводної станції, натяжного пристрою маятникового типу, риштакового постава, зібраного з окремих секцій завдовжки 2 м, та занурних скребоків, закріплених на двох тягових круглоланкових ланцюгах з розривним зусиллям 60 т. Скребки з кутом нахилу 30° та навантажувальним майданчиком завдовжки 100-120 мм були виготовлені зі сталевого литва і встановлені з кроком 680 мм. При такій конструкції скребоків було усунено явище "спливання" робочого органу у транспортованому вантажі. Верхній риштак був виконаний із сталевого листа завтовшки 4-6 мм. З'єднання секцій в риштаковий постав штирями та бічними напрямними знизило до мінімуму витрати на монтаж і демонтаж конвеєра.

Технічна характеристика конвеєра приведена у табл. 4.1.

Доставку до місця роботи і монтаж конвеєра виконувала бригада з чотирьох електрослюсарів протягом 40 чол.-змін.

Конвеєр обслуговувала одна людина, в обов'язки якої входили дроблення шматків негабаритів накладними зарядами ВР безпосередньо на конвеєрі та усунення зависань руди у випускних отворах.

Таблиця 4.1 – Технічна характеристика рудного забійного скребкового конвеєра конструкції інституту КГРІ

Показники	Значення
Продуктивність технічна, т/г	300
Швидкість руху робочого органу, м/с	0,06; 0,10
Приводні електродвигуни:	
потужність, кВт	2×30
швидкість обертання ротора, об/хв	1470
Габаритні розміри, мм:	
ширина	2300
висота	400
довжина	50000
Маса, кг	13400

За час випробувань конвеєром доставлено 22,6 тис. т руди при середній продуктивності 570 та максимальній 1100 т/зміну.

Під час промислових випробувань здійснювався хронометраж роботи очисних забоїв з конвеєрною та скреперною доставкою руди, вимірювалися параметри випускних отворів та розміри шматків негабаритів, фіксувалася кількість виданої руди, витрати ВР на вторинне дроблення, число зависань, деформація виробок доставки.

Аналіз гранулометричного складу випущеної руди показав, що конвеєр доставляв крупношматкову гірничу масу, яка містила 47% фракції 0-200 мм, 22% – 200-400 мм, 12% – 400-600 мм, 10% – 600-800 мм, 6% – 800-1000 мм та 3% – фракції більше 1000 мм.

В результаті хронометражу встановлено, що час роботи конвеєра протягом зміни розподілявся таким чином, %:

- доставка руди – 21,8;
- вторинне вибухове дроблення руди та її випуск – 32,4;
- провітрювання після вибухового вторинного дроблення руди – 6,9;
- інші операції – 38,9.

З метою зменшення зносу робочого органу та приводних зірочок в конвеєрі було застосовано попереднє розвантаження руди. Рудний дріб'язок зсипався перед приводними зірочками у вікна, утворені тяговими ланцюгами та скребками. Холоста гілка була захищена розвантажувальною площиною, утвореною сталевими листами, встановленими з нахилом у 45° . Вони забезпечували розвантаження матеріалу по обидві сторони риштакового поставу. Великі шматки, що перевищували розміри вікон, розвантажувалися через приводні зірочки. Механічне відділення великих шматків дозволило виконувати операції навантаження і доставки гірничої маси незалежно від виходу рудних негабаритів.

Аналіз результатів спостережень показав, що при скреперній доставці віддалені від скрепериста випускні отвори брали участь у випуску рідше, ніж ближні. Перерви між випуском руди з окремих дучок досягали декількох днів. За цей період обвалена руда встигала ущільнюватися, що погіршувало її сипкі властивості.

При конвеєрній доставці у випуску руди брали участь усі випускні отвори. Досконаліший принцип роботи механізму доставки сприяв кращому витіканню з них руди, яка постійно знаходилася в розпушеному стані по всій площі випуску. З цієї причини інтенсивність витікання руди з випускних отворів при конвеєрній доставці була значно вища, ніж при скреперній (рис. 4.1). Останнє сприяло зменшенню числа зависань та вибухів накладних ВР у випускних отворах, скороченню часу відпрацьовування та поліпшенню стійкості виробок приймального горизонту, підвищенню безпеки робіт, поліпшенню показників вилучення та санітарно-гігієнічних умов праці.

На рис. 4.2 показана залежність числа зависань шматків руди від площі перерізу випускного отвору дучки при конвеєрній та скреперній доставці.

Слід зазначити, що безперервний випуск руди, навіть при однаковій конструкції виробок випуску, зумовив скорочення числа зависань в 2 рази або зниження трудомісткості їх ліквідації в 3,3 рази (з 1,53 до 0,46 чол.-змін на 1000 т видобутої руди). В результаті зменшилося також число вибухів накладних зарядів ВР для усунення зависань руди у випускних отворах в 1,2 рази, скоротився знос випускних отворів, підвищилася інтенсивність випуску та збільшилася стійкість

виробок приймального горизонту. Максимальна деформація виробок днища очисного блоку при конвеєрній доставці на 12% менше, ніж при скреперній, внаслідок зменшення терміну їх служби та хорошого стану сполучень з випускними отворами.

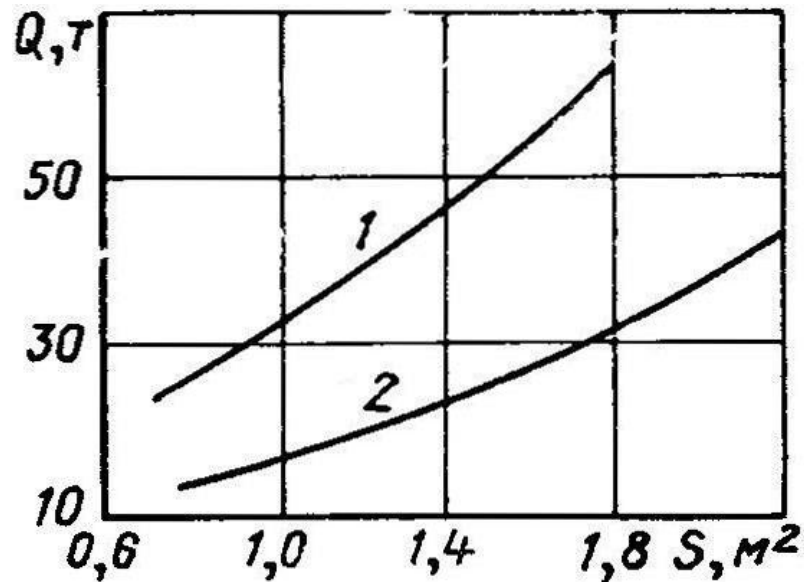


Рисунок 4.1 – Залежність разової дози випуску Q від площі S прохідних отворів дучок при конвеєрній (1) та скреперній (2) доставці руди

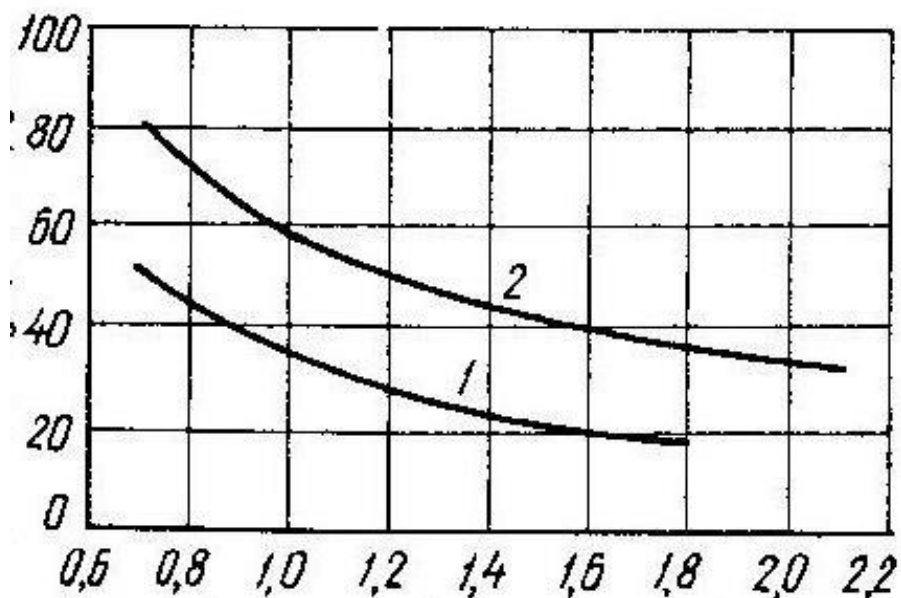


Рисунок 4.2 – Залежність числа зависань шматків руди N від площі перерізу випускного отвору дучки F при конвеєрній (1) та скреперній (2) доставці руди

Дослідженнями встановлено, що транспортування руди при конвеєрній доставці відбувається швидше, ніж при скреперній. Із збільшенням коефіцієнта K використання установок в часі продуктивність очисних забоїв з конвеєрною доставкою збільшується інтенсивніше, ніж із скреперною (рис. 4.3).

На рис. 4.4 показана залежність продуктивності очисного забою Π від витрати ВР q на вторинне дроблення шматків негабаритів при різних способах доставки руди. З рисунка видно, що значна перевага конвеєрної доставки перед скреперною проявляється лише при малій витраті ВР на вторинне дроблення.

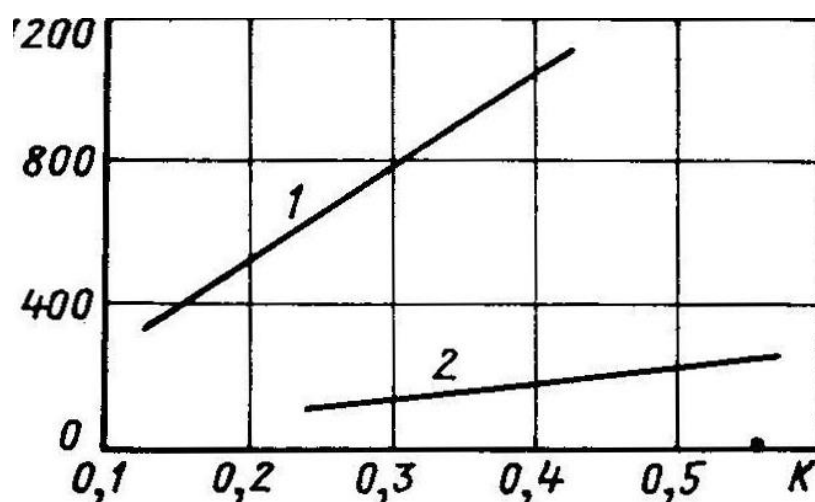


Рисунок 4.3 – Залежність продуктивності Π очисного забою від коефіцієнта K використання в часі конвеєра (1) та скреперної установки (2)

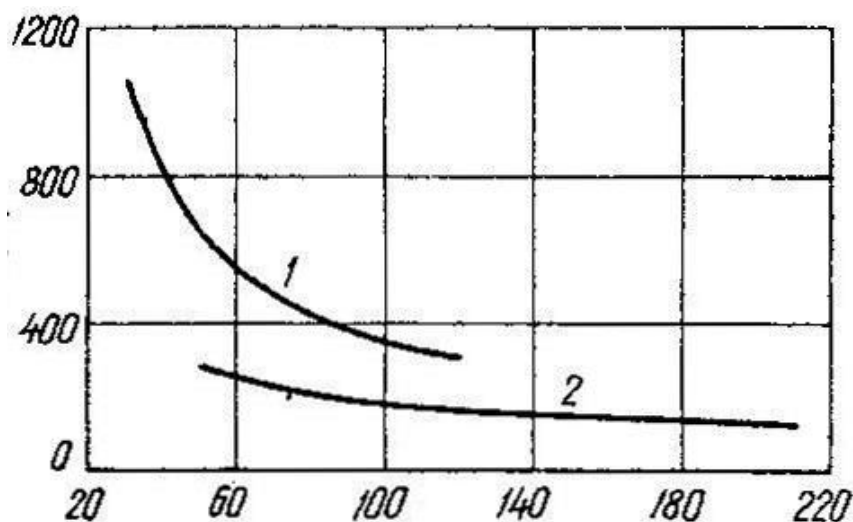


Рисунок 4.4 – Залежність продуктивності очисного забою Π від питомої витрати ВР q на вторинне дроблення шматків негабаритів при конвеєрній (1) і скреперній (2) доставці руди

Нижче у табл. 4.2 приведені порівняльні техніко-економічні показники варіантів системи підповерхового обвалення із збільшеною висотою підсічки та відбиванням руди глибокими свердловинами при конвеєрній та скреперній доставці руди.

Таблиця 4.2 – Порівняльний аналіз процесів підземного очисного виймання руди з конвеєрною та скреперною доставкою гірничої маси

Показники	Значення при способу доставки	
	конвеєрному	скреперному
Продуктивність очисного забою, тис. т/місяць	43,0	11,7
Порівняльна вартість доставки, %	100	520
Порівняльна собівартість видобутку 1 т руди	100	154
Продуктивність робітника по системі, т/зміну	115	31
Витрати ВР на вторинне дроблення, г/т	57	128
Втрати руди, %	6,6	10,2
Збіднення руди, %	3,3	11,9

З приведених даних видно, що в результаті застосування конвеєрної доставки руди продуктивність очисного забою збільшилася в 4 рази, робітника по системі – в 3,7 рази, собівартість видобутку руди знизилася на третину, витрати ВР на вторинне дроблення зменшилися в 2,3 рази, а втрати і збіднення руди – відповідно в 1,5 і 3,6 рази (внаслідок більш рівномірного та інтенсивного випуску руди).

Забійні скребкові конвеєри сприяють також інтенсивнішому витіканню руди з випускних отворів. Це свідчить про значні переваги, властиві безперервним видам транспорту.

Промислові дослідження показали, що однією з найважливіших умов успішного застосування конвеєрної доставки є ув'язка параметрів конвеєра з основними параметрами виробок приймального горизонту. При проектуванні конвеєрної доставки руди в блоках ширину виробок бажано приймати мінімальною, керуючись лише питаннями технології та безпеки гірничих робіт. Висоту і ширину

випускних отворів необхідно вибирати максимально можливими, щоб збільшити параметри зони потоку, утворити стабільний навал гірничої маси над робочим органом конвеєра та забезпечити стійке винесення шару матеріалу граничної висоти. Впровадження вказаних заходів хоча й призводить до деякого збільшення загального опору руху робочого органу, сприятиме поліпшенню техніко-економічних показників конвеєрної доставки руди.

Дослідженнями також встановлено, що в процесі доставки відбувалася класифікація руди за крупністю в результаті струшування її на робочому органі конвеєра та проникнення дрібних часток в проміжки між великими шматками. Внаслідок цього великі шматки переміщалися у верхньому шарі транспортованого матеріалу, що полегшувало проведення робіт з вторинного дроблення.

Були також здійснені спостереження за показниками роботи конвеєра, що характеризують його тягові та енергетичні показники.

Виміри зусиль в тягових ланцюгах та потужності, споживаної електродвигунами, показали (рис. 4.5), що максимальні сумарні зусилля в ланцюгах та запас їхньої міцності склали відповідно 212 кН та 5,65, а встановлена потужність приводу цілком достатня для роботи двигунів без перевантажень. Зусилля в ланцюгах та потужність приводу зростають до максимальних при зрушенні гірничої маси в період пуску, а потім зменшується на 8-18% при роботі конвеєра в режимі доставки. Тягові зусилля розподілялися між ланцюгами нерівномірно. Коефіцієнт нерівномірності розподілу зусиль в ланцюгах зменшувався із збільшенням довжини доставки і коливався від 1,11 до 1,2.

Експериментальна промислова експлуатація скребкового конвеєра з верхньою робочою гілкою показала його працездатність при доставці важкої абразивної крупношматкової руди в системах розробки з масовим обваленням гірничої маси. Конвеєр виявився досить міцним та надійним в роботі – за весь час його експлуатації не було жодної поломки, знос риштакового постава конвеєра був незначним. Під час використання цього ж конвеєра на доставці руди при відпрацюванні ділянки, розташованої в осях 67-70 горизонту 815 м шахти "Жовтнева", його продуктивність в окремі зміни досягала 1100-1400 т.

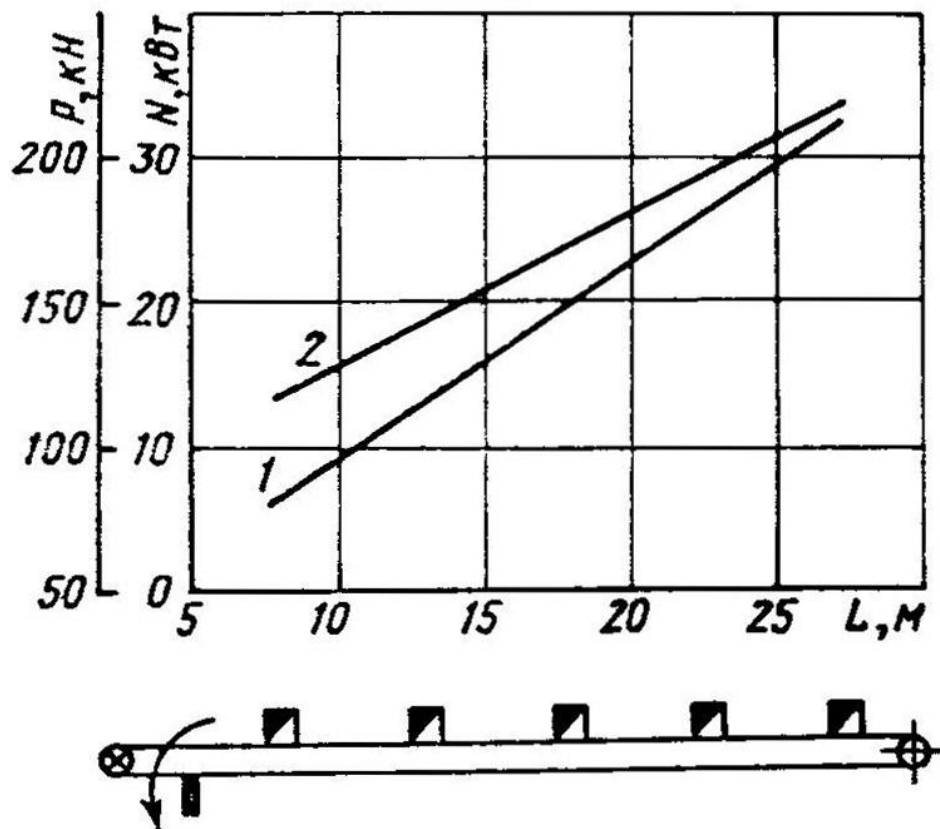


Рисунок 4.5 – Вплив довжини доставки L на зусилля P в тягових ланцюгах (1) і потужність N приводу (2)

Техніко-економічне порівняння скреперної та конвеєрної доставки руди показало, що при існуючій технології робіт застосування конвеєрної доставки з використанням скребкових конструкцій з верхньою робочою гілкою дозволяє:

- збільшити продуктивність очисного забою в 4-7 разів;
- збільшити стійкість виробок приймального горизонту на 12%;
- збільшити разову дозу випуску в 1,7 рази;
- зменшити число зависань руди у випускних отворах в 1,5 рази;
- зменшити витрати ВР на ліквідацію зависань в 2,2 рази;
- зменшити зношення випускних отворів в 1,4 рази;
- знизити втрати і збіднення руди відповідно в 1,5 і 3,6 рази;
- отримати економію на 1 т видобутої руди.

Окрім цього використання скребкових конвеєрів забезпечує:

- поліпшення умов і підвищення культури праці;
- можливість концентрації виробництва;

- зниження гірничого тиску;
- зменшення часу відпрацьовування блоків тощо.

Впровадження конвеєрної доставки руди на шахтах Криворізького залізрудного басейну дозволить застосовувати нові, ефективніші варіанти систем розробки, схеми підготовки та нарізки блоків, зменшити довжину рудозвальних висхідних виробок та кількість завантажувальних пунктів, підвищити інтенсивність усього процесу очисного виймання руди.

4.2 Рекомендації щодо підвищення ефективності експлуатації забійних скребкових конвейерів

Довговічність гірничих машин та обладнання, а також пов'язана з нею проблема їх надійності у величезній мірі впливає на економічні показники гірничих підприємств.

Скребкові конвеєри відносяться до устаткування, що піддається максимального зносу під час експлуатації. Риштаки, ланцюги, замки, скребки конвеєрів знаходяться в безпосередньому контакті з абразивною гірничою масою, причому цей контакт носить характер інтенсивного тертя ковзання та ударів, що відбуваються в умовах корозійного зносу, який викликається високою вологістю, а часто значною обводненістю доставкових виробок.

У зв'язку з цим завдання підвищення надійності та довговічності скребкових конвеєрів має величезне значення.

Досвід зарубіжних підземних копалень свідчить, що довговічність риштаків складає в середньому 100 тис. т руди, замків – 70-80 тис. т, скребкового ланцюга – до 120-130 тис. т [16].

Промислові випробування забійного скребкового конвеєра конструкції КГРІ зафіксували дещо більші показники довговічності.

На результати експлуатації забійних скребкових конвеєрів, окрім зносу, впливають різні чинники. Це властивості транспортованого матеріалу, довжина конвеєра, економічність тощо.

До властивостей транспортованого матеріалу ставляються певні вимоги. Такі матеріали, як руди з глинистими включеннями, дуже тверді руди з гострими гранями шматків або пластичні, схильні до заклинення, мало підходять для транспортування двохланцюговими скребковими конвеєрами. В таких умовах експлуатації напрямні ланцюгів поступово цементуються або зношуються у такому ступені, при якому подальша робота конвеєрів стає неможливою.

Важливим заходом проти зносу є зменшення швидкості транспортування. Як встановлено, доброякісна руда може транспортуватися із звичайною швидкістю 0,5 м/с. Для транспортування руди з гострими абразивними крайками швидкість доцільно зменшити до 0,2-0,4 м/с, щоби за можливості вирівняти діючі навантаження. Швидкість руху ланцюгів у процесі роботи конвеєра повинна регулюватися.

Значний вплив на результати експлуатації має довжина скребкового конвеєра. Чим більше довжина транспортування, тим менше капітальні та експлуатаційні витрати на 1 м його конструкції. З іншого боку, із збільшенням довжини ростуть в абсолютному відношенні усі технічні труднощі, а також трудомісткість обслуговування обладнання.

Результати проведених в інституті КГРІ випробувань та досліджень скребкових конвеєрів для транспортування залізних руд дуже важливі для подальшого удосконалення їх конструкцій.

Наприклад, спостереженнями та вимірами встановлено, що подрібнення матеріалу здійснюється переважно між тяговим органом, що переміщається, та риштаками. Подрібнюючу дію ланцюга можна понизити за умови дотримання наступних вимог до конструкції конвеєра:

- необхідно, щоби проміжок між напрямною боковиною та скребком був за можливості мінімальним. Аналіз конструкцій одноланцюгових конвеєрів показав, що проміжок між скребком та боковиною зазвичай менший, ніж у двохланцюгових. В результаті подрібнення транспортованого матеріалу в двохланцюговому конвеєрі через проникнення в проміжок часток руди буде значно вищим, ніж в одноланцюговому;

- тягові ланцюги на конвеєрах слід розташовувати поза напрямними. Ця вимога витікає з результатів випробувань конвеєрів на руді. Виявлено, що частки матеріалу заштибовували ланцюги, які були розташовані в напрямних, а шматки руди, що потрапляли між ланцюгом та напрямними, діяли як гальмівні клини;

- конструкція скребка має бути досить жорсткою.

Таким чином, надійність роботи скребкових конвеєрів багато в чому залежить від ступеня досконалості конструкції та технології виготовлення.

Одним з критеріїв оцінки ступеня досконалості скребкових конвеєрів є їхня технологічність. Проте до теперішнього часу відсутня єдина методика, що дозволяє об'єктивно оцінювати технологічність скребкових конвеєрів.

Сума показників для оцінки технологічності за окремими елементами не дає загального уявлення про конвеєр. Для оцінки технологічності скребкових конвеєрів та їхнього порівняння в основу можна покласти функціональну суть транспортних машин, яка для усіх них однакова – переміщення певного об'єму вантажу на задану відстань в одиницю часу. Це можна виразити у наступному вигляді:

$$\lambda = QL, \text{ т} \cdot \text{км/т}, \quad (4.1)$$

де λ – теоретичний функціональний критерій транспортних машин; Q – продуктивність транспортної машини; L – відстань транспортування вантажу.

Об'єктивна оцінка технологічності скребкових конвеєрів можлива лише у разі віднесення абсолютної величини показника технологічності до функціонального критерію.

Виробнича технологічність у першу чергу визначається кількістю трудових та матеріальних витрат на виготовлення машин за умови забезпечення нормальної умов експлуатації.

Оцінка технологічності забійних скребкових конвеєрів за теоретичним функціональним критерієм дає наближене уявлення про технологічність. Для об'єктивнішої оцінки скребкових конвеєрів з урахуванням їхньої пристосованості до різних умов експлуатації необхідно використовувати параметри, що характеризують технічно можливу безперервну роботу конвеєрів.

За умови урахуванні цих параметрів можна отримати технічний функціональний критерій:

$$\lambda_T = QLK_T, \quad (4.2)$$

де K_T – коефіцієнт технічно можливої безперервної роботи забійного скребкового конвеєра.

Таким чином, пристосованість скребкових конвеєрів до виготовлення та експлуатації може характеризувати узагальнений показник технологічності.

4.3 Техніко-економічне порівняння існуючих засобів доставки руди

Основною метою техніко-економічного порівняння різних засобів доставки руди є визначення доцільних сфер використання як скреперних лебідок різної потужності, так і доставки за допомогою вібраційних, скребкових та пластинчатих конвеєрів [10].

Під час проведення аналізу брався до уваги той факт, що навіть невелике підвищення продуктивності скреперної доставки зазвичай пов'язане із збільшенням потужності скреперних установок, що призводить до необхідності підвищення перерізу до ставкових гірничих виробок, а це не завжди є економічно доцільним і часто не може бути практично здійснено, особливо в умовах підвищеного гірничого тиску. У той же час конвеєрні установки, що дають практично необмежені можливості для підвищення інтенсивності випуску і доставки руди у виробках звичайного перерізу, вимагають дещо більших капітальних та експлуатаційних витрат.

Під час такого аналізу порівнювалися ці витрати для різних варіантів доставки і визначалася питома вартість доставки 1 т руди, яка потім служила критерієм для визначення найбільш ефективної області використання того чи іншого способу. Аналіз проводився для довжини доставки 10, 20, 30, 40, 50 і 60 м та кількості доставленої руди для кожної довжини доставки 10, 20, 40 і 60 тис. т. Порівнювалися скреперні лебідки типу 30ЛС, 50ЛС, 100ЛС, вібраційні, скребкові та пластинчасті конвеєри.

В результаті техніко-економічного порівняння встановлено, що із збільшенням загальних запасів руди, що підлягають доставці, загальна вартість процесу знижується для усіх механізмів, а особливо це помітно для забійних конвеєрів. У той же час із збільшенням довжини доставки вартість її значно зростає, причому особливо різке збільшення спостерігається для скреперної доставки. Останнє можна пояснити різким зниженням продуктивності із збільшенням довжини скреперування (адже скреперна доставка є транспортним засобом циклічної дії), тоді як продуктивність конвеєрної доставки в даних межах практично знижується дуже мало.

На рис. 4.6 показаний графік розподілу сфер найбільш раціонального з економічної точки зору застосування основних видів доставки руди залежно від загальних запасів гірничої маси, що підлягає доставці, та довжини доставки.

З графіка видно, що скреперна доставка може бути вигідна тільки при малих об'ємах очисних робіт. При об'ємах понад 15 тис. тонн найбільш доцільна конвеєрна доставка.

Висновки:

- промислові випробування рудного забійного конвеєра конструкції інституту КГРІ показали, що конвеєрна доставка руди у межах очисного блоку сприяє кращому витіканню руди з випускних отворів у порівнянні зі скреперною, забезпечує зниження числа зависань, які потрібно ліквідовувати вибуховим способом, скорочення часу відпрацьовування блоку, підвищення безпеки гірничих робіт, поліпшення показників вилучення та санітарно-гігієнічних умов праці гірників;

- однією з найважливіших умов успішного застосування конвеєрної доставки є ув'язка параметрів конвеєра з основними параметрами виробок приймального горизонту. При проектуванні конвеєрної доставки руди в блоках ширину виробок бажано приймати мінімальною, керуючись лише питаннями технології та безпеки гірничих робіт. Висоту і ширину випускних отворів необхідно вибирати максимально можливими, щоб збільшити параметри зони потоку, утворити стабільний навал гірничої маси над робочим органом конвеєра та забезпечити стійке винесення

сення шару матеріалу граничної висоти. Впровадження вказаних заходів хоча й призводить до деякого збільшення загального опору руху робочого органу, сприятиме поліпшенню техніко-економічних показників конвеєрної доставки руди;

- експериментальна промислова експлуатація скребкового конвеєра з верхньою робочою гілкою показала його працездатність при доставці важкої абразивної крупношматкової руди в системах розробки з масовим обваленням гірничої маси;

- в роботі розроблено рекомендації щодо підвищення ефективності експлуатації забійних скребкових конвеєрів з метою підвищення конструктивної досконалості та технологічності виробів;

- проведено також техніко-економічне порівняння способів доставки руди у межах очисного блоку за допомогою скреперних установок і конвеєрів скребкового, вібраційного та пластинчастого типів. Виконаний аналіз свідчить, що скреперна доставка може бути вигідна тільки при малих об'ємах очисних робіт. При об'ємах понад 15 тис. тонн найбільш доцільна конвеєрна доставка.

ВИСНОВКИ

Проведені під час виконання магістерської роботи дослідження дозволи зробити наступні висновки та сформулювати рекомендації щодо практичного використання отриманих результатів:

- системи підземної розробки залізних руд з масовим обваленням гірничої маси потребують запровадження сучасних потокових технологій перевезення руди із застосуванням транспортних засобів безупинної дії, здатних забезпечувати високу продуктивність та безпеку праці обслуговуючого персоналу. Для заміни давно застарілих гравітаційного випуску і скреперної доставки руди повинні прийти досконалі конструкції вібраційних живильників та конвеєрного транспорту;

- використання конвеєрного транспорту у рудних шахтах за рахунок відсутності міжопераційних простоїв та холостих ходів, притаманних електровозній відкатці та скреперній доставці, сприятиме більшій ритмічності роботи усього комплексу гірничодобувного обладнання та підвищенню ефективності застосування систем розробки з масовим обваленням руди;

- дослідження умов доставки руди у межах очисних забоїв вітчизняних залізничних шахт показує, що одним з можливих шляхів якщо не повного, то хоча б часткового рішення проблеми підвищення продуктивності технологічного процесу очисного виймання руди є заміна скреперної доставки конвеєрної з використанням посиленних конструкцій скребкового типу. Особливо доцільно це при реалізації найбільш не вигідного з точки зору нерівномірності процесу варіанту випуску руди з блоку – гравітаційного;

- нерівномірна участь у цьому процесі окремих дучок очисного забою через часті зависання руди у випускних отворах призводить, у свою чергу, до нерівномірності навантаження робочого органу скребкового конвеєра по його довжині. Максимальні навантаження спостерігаються у зонах випускних отворів, де на нього діє не лише тиск від ваги руди, що знаходиться в завалі, але й додатковий

тиск від ваги шарів гірничої маси, розташованих вище випускних отворів. У цих зонах робочий орган конвеєра долає додаткові опори руху від ваги руди, що знаходиться в склепінні природної рівноваги над випускними отворами;

- проведений аналіз основних закономірностей взаємодії робочого органу рудного забійного скребкового конвеєра із сипким вантажем показує, що у порівнянні з вугільними конструкціями він змушений працювати в умовах постійного завалу важкою гірничою масою та необхідності доставки її високим шаром аж до моменту розвантаження у рудозвальну виробку;

- основними елементами робочих органів скребкових конвеєрів є тягові ланцюги і скребки, тому важливим питанням є з'ясування характеру взаємодії скребка з рудою та визначення зусиль, що діють на нього під час транспортування гірничої маси. Для вирішення цього питання шляхом аналізу існуючих опорів переміщення скребка у товщі руди в роботі запропонований графоаналітичний метод, який полягає у знаходженні напрямків ліній ковзання, побудові тіла випирання гірничої маси та розрахунку його основних об'ємів. Крім того, це може бути зроблено за допомогою приведених емпіричних формул та номограм, розроблених на їх основі;

- в роботі здійснено обґрунтування і розрахунки раціональних конструктивних та експлуатаційних параметрів підземного забійного скребкового конвеєра з верхньою робочою гілкою, зокрема його продуктивності. Достовірність запропонованих формул була підтверджена результатами промислових випробувань скребкового забійного конвеєра конструкції інституту КГРІ в умовах підземного Кривбасу;

- запропоновано також методику розрахунку тягових характеристик приводу подібного конвеєра для умов випуску руди як з однієї окремої дучки, так і з декількох одночасно. Вона дозволяє вибрати приводний електродвигун, здатний забезпечити нормальну роботу конвеєра в усіх можливих експлуатаційних режимах;

- промислові випробування рудного забійного конвеєра конструкції інституту КГРІ показали, що конвеєрна доставка руди у межах очисного блоку сприяє кращому витіканню руди з випускних отворів у порівнянні зі скреперною, забез-

печує зниження числа зависань, які потрібно ліквідовувати вибуховим способом, скорочення часу відпрацьовування блоку, підвищення безпеки гірничих робіт, поліпшення показників вилучення та санітарно-гігієнічних умов праці гірників;

- однією з найважливіших умов успішного застосування конвеєрної доставки є ув'язка параметрів конвеєра з основними параметрами виробок приймального горизонту. При проектуванні конвеєрної доставки руди в блоках ширину виробок бажано приймати мінімальною, керуючись лише питаннями технології та безпеки гірничих робіт. Висоту і ширину випускних отворів необхідно вибирати максимально можливими, щоб збільшити параметри зони потоку, утворити стабільний навал гірничої маси над робочим органом конвеєра та забезпечити стійке винесення шару матеріалу граничної висоти. Впровадження вказаних заходів хоча й призводить до деякого збільшення загального опору руху робочого органу, сприятиме поліпшенню техніко-економічних показників конвеєрної доставки руди;

- експериментальна промислова експлуатація скребкового конвеєра з верхньою робочою гілкою показала його працездатність при доставці важкої абразивної крупношматкової руди в системах розробки з масовим обваленням гірничої маси;

- в роботі розроблено рекомендації щодо підвищення ефективності експлуатації забійних скребкових конвеєрів з метою підвищення конструктивної досконалості та технологічності виробів;

- проведено також техніко-економічне порівняння способів доставки руди у межах очисного блоку за допомогою скреперних установок і конвеєрів скребкового, вібраційного та пластинчастого типів. Виконаний аналіз свідчить, що скреперна доставка може бути вигідна тільки при малих об'ємах очисних робіт. При об'ємах понад 15 тис. тонн найбільш доцільна конвеєрна доставка. Її використання при існуючій технології гірничих робіт дозволяє підвищити продуктивність очисного забою в 4 рази, стійкість виробок доставки на 12%, понизити собівартість видобутку руди, зменшити число зависань в 2 рази, а також понизити втрати й збіднення руди відповідно в 1,5 і 3,6 рази.

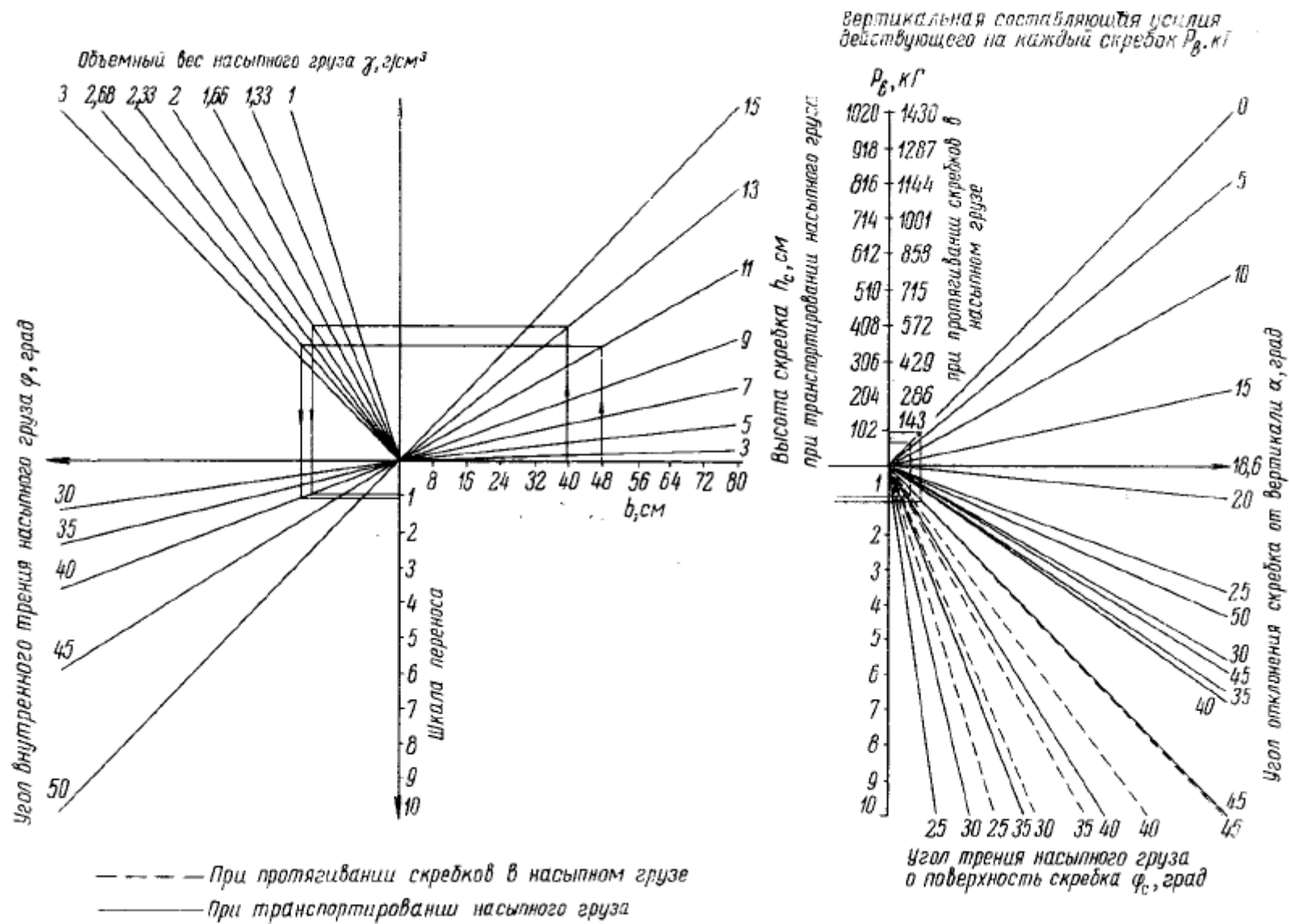


Рисунок 3.5 – Номограма для визначення вертикальної складової зусилля, що діє на скребки, встановлені з нормальним кроком (b – ширина скребка)

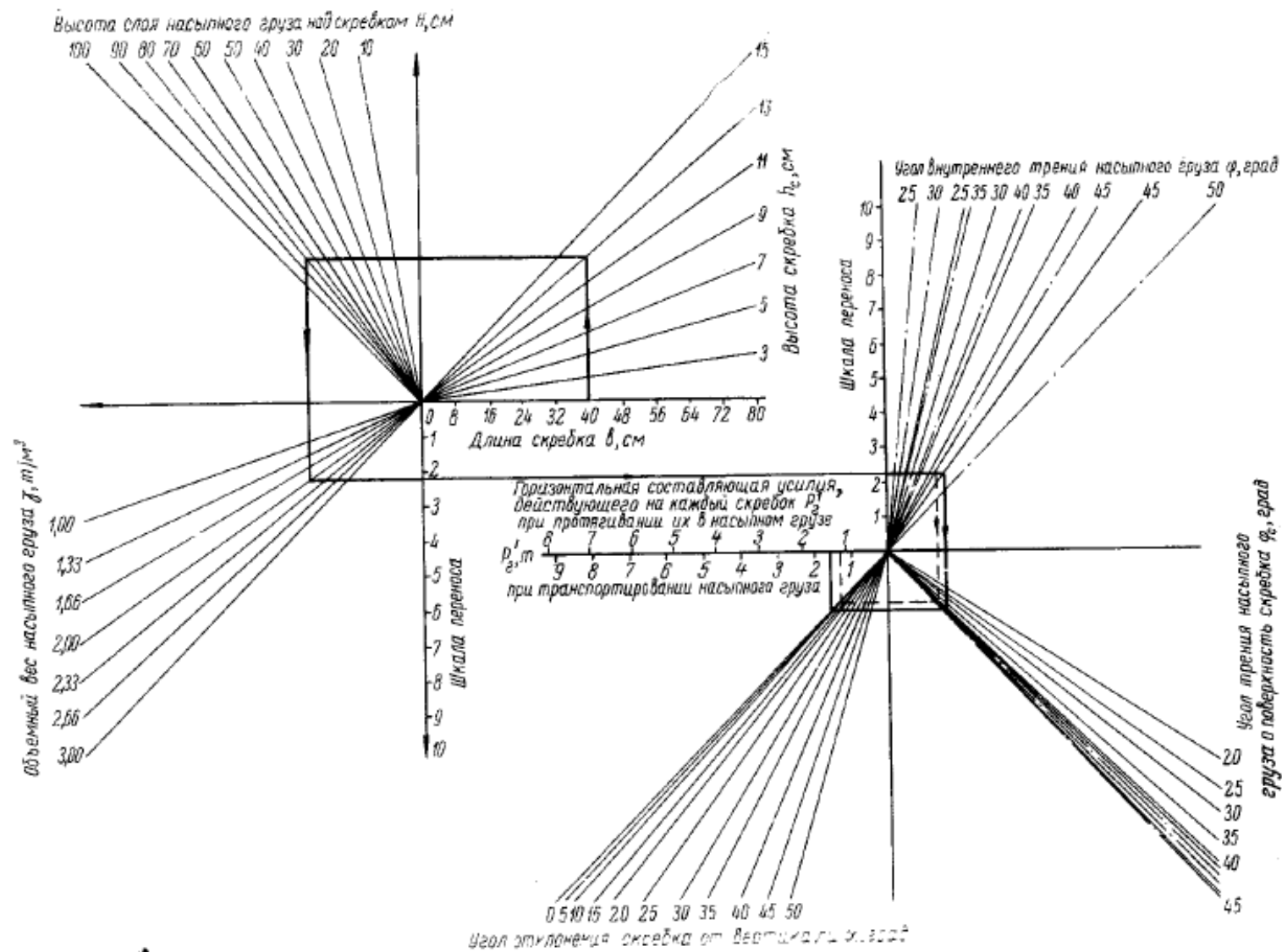


Рисунок 3.6 – Номограма для визначення горизонтальної складової зусилля, що діє на скребки, встановлені з нормальним кроком (b – ширина скребка)

Таблиця 3.1 – Результати фото-хронометражних спостережень за роботою забійного скребкового конвеєра КГРІ
в умовах шахти «Жовтнева» виробничого об'єднання «Кривбасруда»

Довжина доставки $L_{д}$, м	Коефіцієнт зниження шару $K_{з.ш.}$	Доставлено руди, т/зміну	Чистий час роботи конвеєра		Продуктивність, т/г		
			хв.	%	фактична	за формулою (3.27)	за формулою (3.30)
Горизонт 735 м							
8,0	$287,5 \cdot 10^{-4}$	640	94	21,8	408,0	381,6	413,2
12,9	$170,4 \cdot 10^{-4}$	326	118	27,0	420,2	374,1	405,7
18,0	$150,0 \cdot 10^{-4}$	676	103	23,8	393,4	365,8	397,8
22,7	$105,7 \cdot 10^{-4}$	850	125	28,9	408,0	358,3	390,6
27,5	$98,2 \cdot 10^{-4}$	580	91	21,1	382,2	351,1	383,2
Горизонт 815 м							
7,0	$314,3 \cdot 10^{-4}$	910	126	29,2	433,2	383,8	414,7
15,5	$141,9 \cdot 10^{-4}$	730	108	25,0	405,6	369,4	401,7
24,7	$97,2 \cdot 10^{-4}$	710	112	25,9	380,3	354,7	387,5

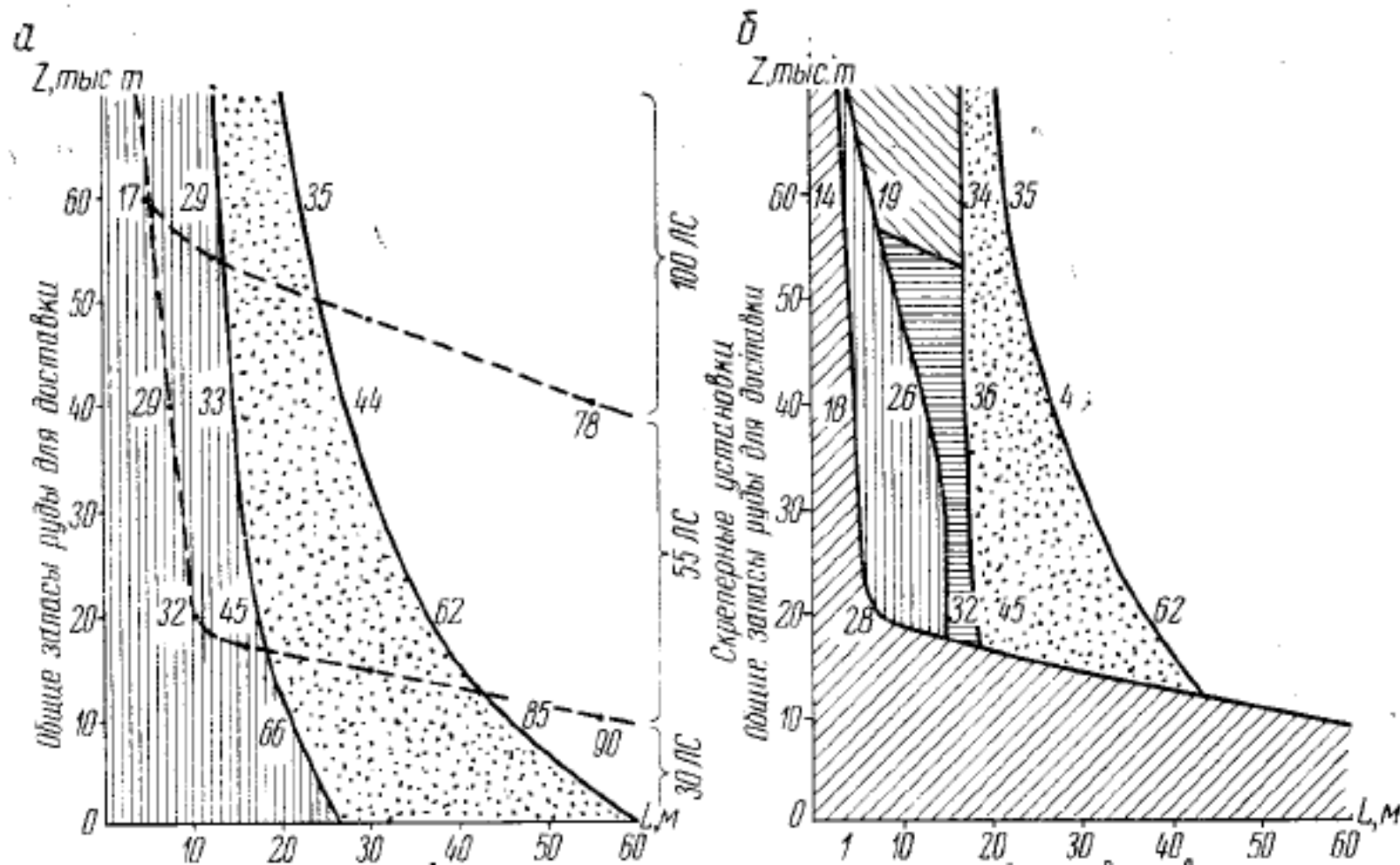


Рисунок 4.6 – До визначення найбільш доцільних областей застосування основних засобів доставки руди:
 а – роздільно-скреперної або конвеєрної; б – загальний графік;

- | | | |
|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
| – скреперні лебідки 30ЛС; | – скреперні лебідки 50ЛС; | – скреперні лебідки 100ЛС; |
| – скребкові конвеєри; | – вібраційні конвеєри; | – пластинчасті конвеєри |