

Шевченко Віталій Олександрович

Магістерська робота

**Дослідження та обґрунтування вихідних вимог
до комплексу самохідних машин
для проходки горизонтальних виробок малого перетину**

Керівник

проф., д.т.н. Громадський А.С.

ВСТУП

Підземна розробка рудних і нерудних корисних копалин забезпечує менші обсяги видобутку мінеральної сировини у порівнянні з відкритим способом гірничих робіт, коштує дорожче, але є набагато більш екологічною, адже не супроводжується виведенням зі сфери використання великих площ родючих сільськогосподарських угідь, не спотворює земну поверхню і не вимагає великих витрат на її відновлення та рекультивацію земель [1-3].

Технологія підземного видобутку передбачає проведення перед безпосереднім вилученням корисної копалини з-під землі попередніх етапів розкриття та підготовки родовища до очисного виймання. В основному вони присвячені операціям проходки вертикальних і горизонтальних гірничих виробок, які потрібні для того, щоб впритул наблизитися до рудного тіла та розділити його на окремі об'єми для подальшої послідовної розробки. Крім того, корисну копалину у цих об'ємах потрібно підготувати до очисного виймання шляхом вибухового перетворення суцільного скельного масиву на суміш транспортабельних шматків. Тільки після цього можна приступати до видачі гірничої маси на поверхню для її подальшої переробки, наприклад, збагачення та підготовки до металургійного переділу.

Проходка підземних гірничих виробок здійснюється двома основними способами [4-7]:

- буровим, коли виробка будується шляхом її буріння на повний перетин (або буріння лише зовнішнього кільця з подальшим вилученням внутрішнього суцільного керну) за допомогою обертового робочого органу різцевого чи шарошкового типу (у залежності від міцності породи). Такий спосіб переважно використовується для проходки вертикальних чи круто похилих виробок;

- буропідривним з циклічним послідовним виконанням операцій буріння шпурів, зарядки їх вибухівкою і підривання, прибирання відбитої породи та кріплення новоствореної ділянки виробки. Буропідривний спосіб здебільшого застосовується для проходки горизонтальних та слабо похилих виробок.

Для механізації технологічного процесу буропідривної проходки горизонтальних виробок на сучасному етапі розвитку світової гірничої промисловості надзвичайно широко використовується самохідна техніка: бурильні установки, навантажувально-транспортні машини, установки для виконання різного роду допоміжних операцій прохідницького циклу. Така техніка у великому асортименті представлена на ринку гірничого обладнання, вона відрізняється високим рівнем якості та надійності, дає можливість компоувати раціональні прохідницькі комплекси, які забезпечують суттєве підвищення продуктивності проходки [8,9].

Проте, усе це стосується в основному проходки виробок середнього та великого поперечного перетину, де є можливість для роботи і більш-менш вільних маневрів цих машин. Але для виробок малого перетину (4-8 м²), які широко використовуються, наприклад, у системах розробки залізних руд з підповерховим обваленням гірничої маси, така техніка представлена лише окремими моделями, застосування яких стикається з певними труднощами і не дає відчутних результатів. Особливо нерадісна картина спостерігається на вітчизняних залізрудних шахтах, де досі у широкому застосування знаходяться такі безнадійно застарілі зразки гірничого обладнання, як установки переносного типу для буріння шпурів на базі ручних перфораторів та скреперні лебідки для доставки гірничої маси. Їх експлуатація пов'язана зі значними витратами ручної праці та небезпекою для здоров'я і життя гірників. Допоміжні ж операції прохідницького циклу взагалі повністю виконуються вручну.

У такій ситуації важливість задачі дослідження, розробки та впровадження комплексів самохідного обладнання для механізації технологічного процесу проходки горизонтальних виробок малого перетину та актуальність теми представленної магістерської роботи не викликають жодних сумнівів.

Об'єкт дослідження – технологічний процес буропідривної проходки горизонтальних та слабо похилих гірничих виробок.

Предмет дослідження – комплекс самохідних машин для механізації процесу буропідривної проходки горизонтальних та слабо похилих підземних гірничих виробок малого перетину.

1 ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ОБЛАДНАННЯ

1.1 Короткий опис технологічного процесу буропідривної проходки горизонтальних та слабо похилих підземних гірничих виробок

Сучасний стан розвитку світової гірничодобувної промисловості характеризується переважним використанням для проходки горизонтальних і слабо похилих підземних виробок буропідривного способу, що включає операції, за допомогою яких здійснюють вибухове руйнування гірничого масиву, виймання зруйнованої породи та кріплення контуру виробки [10,11]. Роботи ведуться циклічно, шляхом повторення послідовно виконуваних основних та допоміжних операцій прохідницького циклу. Усі вони приведені на рис. 1.1 [12].

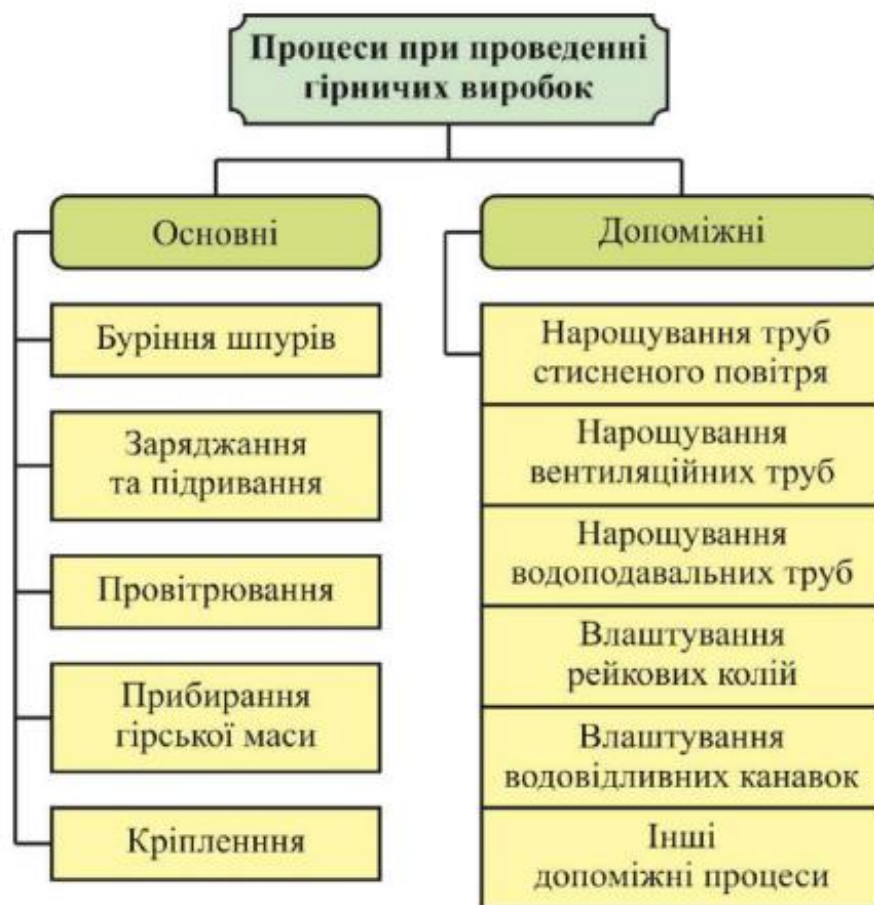


Рисунок 1.1 – Основні та допоміжні операції прохідницького циклу під час проведення горизонтальних і слабо похилих підземних виробок буропідривним способом

В основному операції кожного прохідницького циклу виконують у наступному порядку:

- за допомогою обладнання різного ступеня механізації (див. нижче, у п. 1.2) пробурюють шпури глибиною 1,5-3,0 м за певною схемою по усій площі забою у перпендикулярному відносно неї напрямку;

- шпури заряджають патронованою (вручну) або гранульованою вибухівкою шляхом подачі її стисненим повітрям за допомогою пневматичних зарядників. Далі комутують підричну мережу і підривають шпури;

- провітрюють виробку за допомогою вентиляторів місцевого провітрювання та приводять її у безпечний стан шляхом обирання покрівлі для видалення заколів та руйнування негабаритів. Для цього використовують ручні пневматичні інструменти. У разі необхідності (наприклад, при зустрічі з водоносним шаром породи) воду із забою відкачують засобами місцевого водовідливу (насосами переносного типу);

- зруйновану породу евакуюють із забою шляхом доставки до рудоспуску скреперною лебідкою, навантаження за допомогою навантажувальних машин на транспортні засоби типу електровозної відкатки, конвеєрів або автосамоскидів, а також навантаження і транспортування до потрібного місця навантажувально-транспортними машинами;

- нову ділянку виробки закріплюють тим чи іншим видом кріплення (набризк-бетонним, анкерним, металевим арковим) у залежності від міцності та стійкості гірничих порід;

- нарешті проводять необхідні допоміжні роботи, потрібні для забезпечення основних та підтримки працездатності виробки (див. рис. 1.1).

Обсяги та специфіка прохідницьких робіт, а також типи використовуваного обладнання будуть залежати від ходової частини, на якій буде базуватися це обладнання, та поперечного перетину виробки. Прохідницьке обладнання (за виключенням переносного) може мати колісно-рейкову, гусеничну або пневмошинну ходові частини. Що стосується перетину виробок, то у разі малого перетину (4-7 м²) зазвичай використовується переносне обладнання, а при більших його значен-

нях – колісно-рейкове або безрейкове (гусеничне чи пневмошинне) [13-15].

1.2 Аналіз існуючого механічного обладнання для буропідривної проходки горизонтальних підземних виробок

Для механізації бурильних робіт у виробках малого перетину (до 7 м²) використовується здебільшого ручне (переносне) бурильне обладнання (особливо в умовах вітчизняних шахт). Це переносні перфоратори та пристосування для їх підтримки під час буріння шпурів. На рис. 1.2 показаний зовнішній вигляд переносного перфоратора ПП-63В, пневматичної підтримки ПІК та переносної бурильної установки УПБ-1Б, а у табл. 1.1-1.3 – основні технічні характеристики моделей такого обладнання [13].

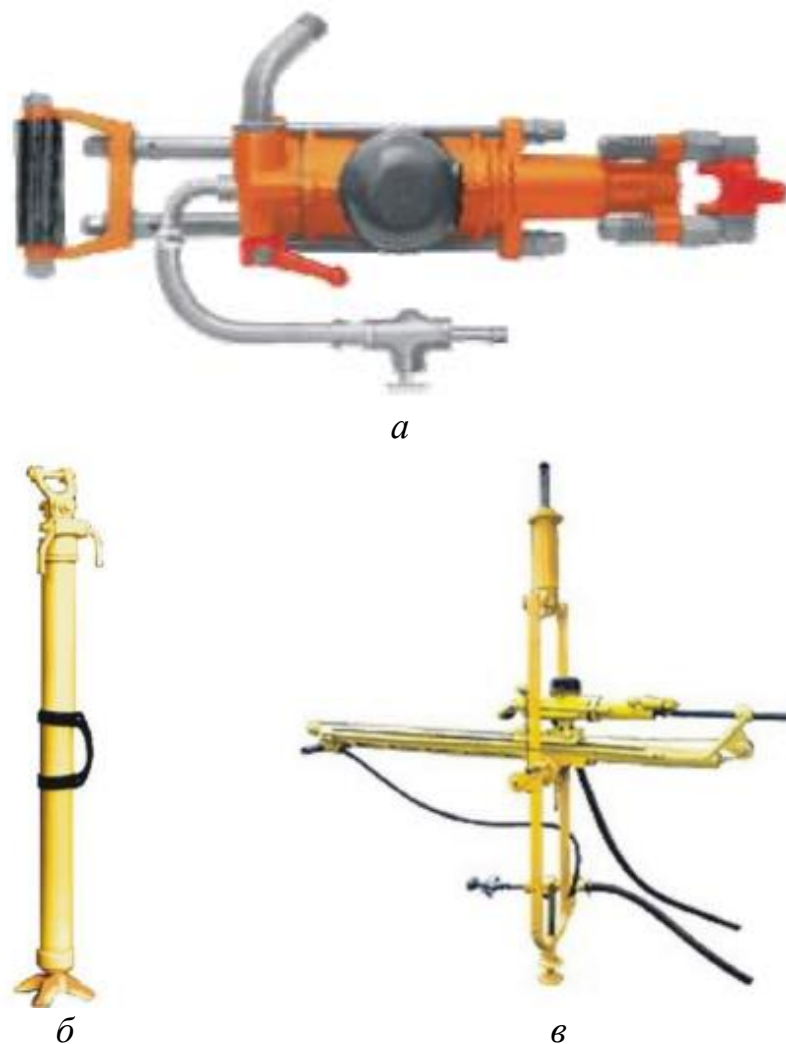


Рисунок 1.2 – Зовнішній вигляд переносного перфоратора ПП-63В (а), пневматичної підтримки ПІК (б) та переносної бурильної установки УПБ-1Б (в)

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики переносних перфраторів типу ПП-63

Показники	Значення
	ПП-63В2; ПП-63ВБ2; ПП-63С2; ПП-63С2Р; ПП-63П1
Діаметр коронки, мм	до 46
Глибина буріння, м	5
Енергія удару, Дж	63,74
Частота ударів, Гц	30,83
Обертальний момент, Н·м	27,5
Коефіцієнт міцності порід	до 20
Витрата повітря, м ³ /хв.	3,83
Габаритні розміри, мм	860x232x270; 900x240x270; 730x382x270; 830x382x270; 830x382x270
Маса, кг	32

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики пневматичних підтримок типу ПК

Показники	Значення		
	П1К	П2К	П3К
Величина ходу подачі, мм	800	1100	1300
Довжина у стиснутому стані, мм	1200	1500	1700
Максимальне зусилля подачі, Н, не менше	1500	1500	1500
Номінальний тиск повітря, МПа	0,5	0,5	0,5
Маса, кг	15,5	17,5	19,0

Таблиця 1.3 – Технічні характеристики бурильної установки УПБ-1Б

Показники	Значення
Висота установки, мм:	
без подовжувачів	1800...2400
з подовжувачами	2400...3000
Зусилля подачі, кН	1370
Зусилля розпору, кН	1965
Величина подачі, мм	1300
Витрата повітря, м ³ /хв.	0,42
Маса установки у зборі, кг	105

У виробках з поперечним перетином більше 7 м² є можливість застосування більш механізованого обладнання. В основному це шахтні бурильні установки (УБШ за вітчизняною аббревіатурою) самохідного типу з різними ходовими частинами (колісно-рейковою, гусеничною, пневмошинною) та приводами (дизельним, електричним), озброєні потужними бурильними машинами (від однієї до трьох) пневматичного або гідравлічного типу. Останні у залежності від міцності порід можуть бути обертової або обертово-ударної дії.

Сучасний стан розвитку світової гірничої промисловості характеризується надзвичайно широким використанням самохідної гірничої техніки, зокрема шахтних бурильних установок. Здебільшого це установки з гідравлічним бурильним обладнанням, на пневмошинному ходу, з дизельним або електричним приводом. Такі машини з огляду на типові перетини підземних гірничих виробок [16] класифікуються за розмірними групами і утворюють типорозмірні ряди обладнання. У табл. 1.4 приведений приклад такої класифікації, запропонованої криворізьким інститутом НДПрудмаш ВАТ «КриворіжНДПрудмаш» [17]. В найменуваннях УБШ вітчизняного виробництва перша цифра відповідає розмірній групі класифікації.

Відмінною рисою шахтних самохідних машин є шарнірно-зчленована рама, що забезпечує підвищену маневреність установок у стиснених умовах підземних виробок. На рис. 1.3 показана принципова схема шахтної бурильної установки, що складається тягача 1 з двигуном і напівпричіпу 8, з'єднаних причіпним пристроєм 9, бурильного обладнання (пульт керування 3, подавальний пристрій 4, бурильна головка 5, маніпулятор 6, позиціонер 7) та кабіни керування 2 машиною [11].

Шахтні бурильні установки подібної схеми випускаються багатьма провідними світовими виробниками гірничої техніки. На рис. 1.4, поряд з установками УБШ-207 та УБШ-312А розробки НДПрудмаш, показані машини Rocket Boomer 281 шведської фірми «Atlas Copco» і DD 311-40 фінської «Sandvik Tamrock» [13].

Такі конструкції відрізняються високим технічним рівнем, надійністю, продуктивністю, механізацією операцій буріння, комфортними умовами роботи обслуговуючого персоналу. Характеристики деяких з них приведені у табл. 1.5 [13].

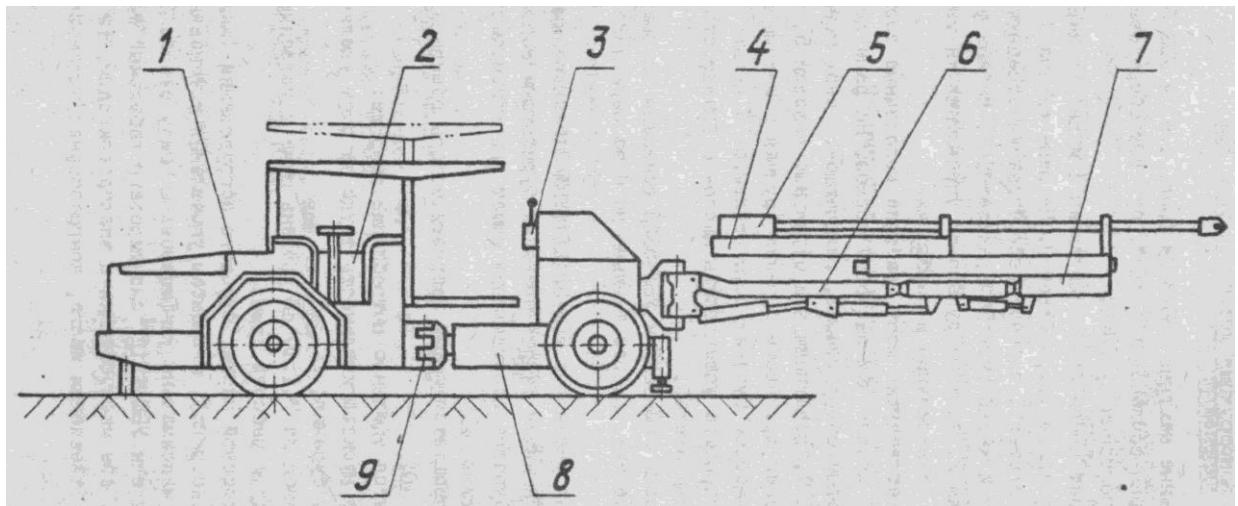


Рисунок 1.3 – Принципова схема самохідної шахтної бурильної установки:
 1 – тягач; 2 – кабіна керування; 3 – пульт керування бурінням; 4 – пристрій подавальний; 5 – головка бурильна; 6 – маніпулятор; 7 – позиціонер;
 8 – напівпричіп; 9 – пристрій зчіпний

Для механізації процесу зарядки пробурених шпурів вибухівкою використовуються ручні та переносні пневматичні пристрої ежекторного («Курама-7») та нагнітального (ЗМК-1), що живляться від шахтної пневмомережі, за допомогою яких гранульовані вибухові речовини подаються у шпури по трубопроводах з продуктивністю до 20 кг за хвилину [14].

Провітрювання тупикових забоїв після підривання зарядів здійснюється за допомогою пневматичних ежекторів типу E230 та вентиляторів місцевого провітрювання з електро- (серія ВМ, ВЦ-7) та пневмоприводом (серія ВМП) [14].

Для місцевого водовідливу застосовуються забійні насоси Н-1М, НЗВ-2 та «Байкал-2» [14].

Для приведення виробок у безпечний стан після підриву шпурів використовуються різноманітні пневматичні конструкції, а саме: машина для дроблення руди 1МДР, пневмомолот ПЛ-1М, обиральник покрівлі ОК-3 [14].

Відбиту гірничу масу потрібно вивезти із забою. У виробках малого перетину на шахтах України для цього досі широко використовується скреперна доставка руди за допомогою скреперних лебідок серії ЛС (наприклад, 17ЛС-2СМ, 30ЛС-2СМА). У більших є можливість та необхідність використання продуктивнішого самохідного обладнання.

Для навантаження гірничої маси на транспортні засоби (вагони електровозної відкатки, конвеєри, автосамоскиди) використовуються навантажувальні машини, які класифікуються за наступними ознаками:

- за видом робочого процесу навантаження – циклічної дії, безупинної дії;
- за типом робочого органу – ковшові, барабанно-лопатеві, гребкові, з парними загортальними лапами;
- за типом ходової частини – колісно-рейкові, гусеничні, пневмошинні;
- за типом приводу – пневматичні, електричні;
- за способом передачі вантажу – з прямою передачею (власним робочим органом), зі ступінчастою передачею (за допомогою проміжного перевантажувального конвеєра).

Але переважне застосування у світовій гірничорудній практиці отримали навантажувально-транспортні машини (НТМ) з вантажонесучим ковшем, пневмошиною ходовою частиною та дизельним чи електричним приводом. Така машина набирає гірничу масу зі штабелю у забої у свій ківш і везе її в ньому до місця розвантаження. Економічно виправдана довжина доставки породи на повинна перевищувати 500 м, у протилежному випадку сильно зростатимуть непродуктивні витрати часу на холості пробіги порожньої машини.

На рис. 1.5 показані схема та основні вузли такої машини [11]. Як і бурильні установки, НТМ має шарнірно-зчленовану конструкцію, що складається з двох піврам (передньої 3 і задньої 4) та центрального шарніру 5. На першій піврамі розташовані гідравлічна система 9 і стріла 2 з ковшем 1, а на другій – моторний відсік 6 та відсік оператора 8.

На рис. 1.6 показані деякі конструкції НТМ різних виробників, а в табл. 1.6 – технічні характеристики таких машин [12,13].

Нарешті, процес кріплення нової дільниці гірничої виробки. У загальному комплексі гірничо-підготовчих робіт операції кріплення гірничих виробок є одними з найбільш трудомістких. Трудові витрати на зведення кріплення сягають 30-35%, а витрати часу – до 40% усіх витрат у залежності від типу кріплення.

Для зведення анкерного кріплення потрібно пробурити шпури, завести та

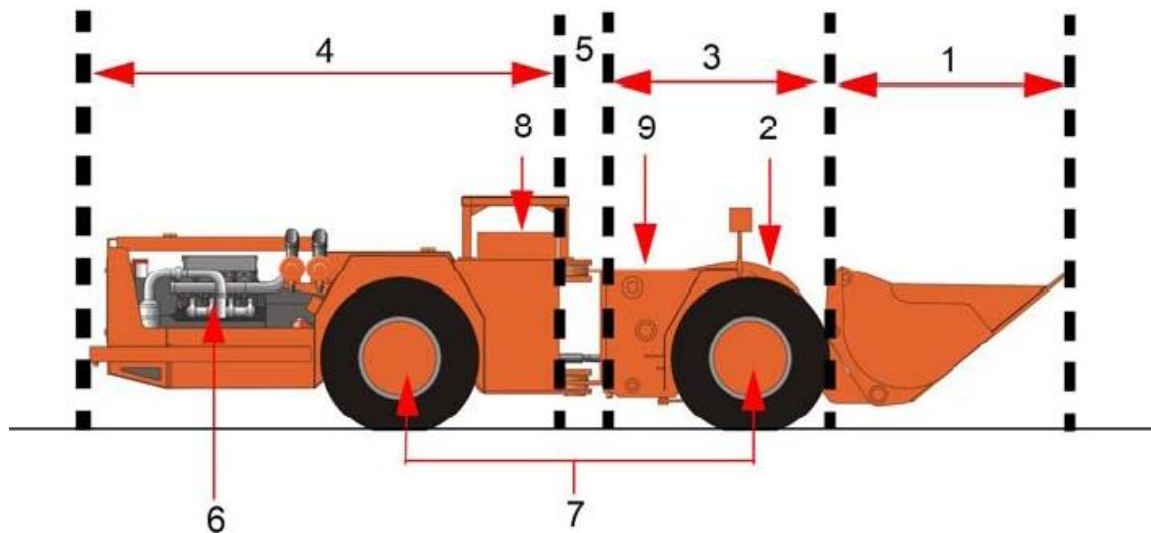


Рисунок 1.5 – Основні вузли навантажувально-транспортної машини з вантажонесучим ковшем:

1 – ківш; 2 – стріла; 3, 4 – піврами передня та задня; 5 – шарнір центральний; 6 – відсік моторний; 7 – шини; 8 – відсік оператора; 9 – гідравлічна система

закріпити в них анкери за допомогою механічних затискних пристроїв, бетонного розчину або полімерних швидкоотвердіючих смол. Обладнання для цих операцій відрізняється ступенем механізації робіт. Найкращі результати можуть бути отримані за допомогою самохідних установок типу Voltec (для установки болтових анкерів) та Cabletec (для установки тросових анкерів) виробництва «Atlas Copco» [13].

Зведення бетонного (за опалубку) та набризк-бетонного кріплення здійснюється за допомогою машин типу БМ-60, БМ-68, ПМБ-1М, ПБМ-2 [11].

У виробках, що проводяться в умовах високого гірничого тиску у слабких, нестійких породах, що розробляються системами з обваленням руди та порожніх порід, потрібно використовувати потужне кріплення аркового типу у вигляді жорстких, шарнірних або піддатливих конструкцій, виконаних із спеціальних профілів, наприклад типу УПК або КМП. На рис. 1.7 показана будова металевого аркового піддатливого кріплення КМП (трёхланкового КМП-А3 або пятиланкового КМП-А5, що має більшу піддатливість) [12].

Елементи аркового кріплення з'єднують внахльст і стягують між собою за допомогою скоб (хомутів), планок та гайок. Простір між окремими арками, що встановлюються зазвичай з кроком 0,5-1,0 м і розпираються між собою міжрам-

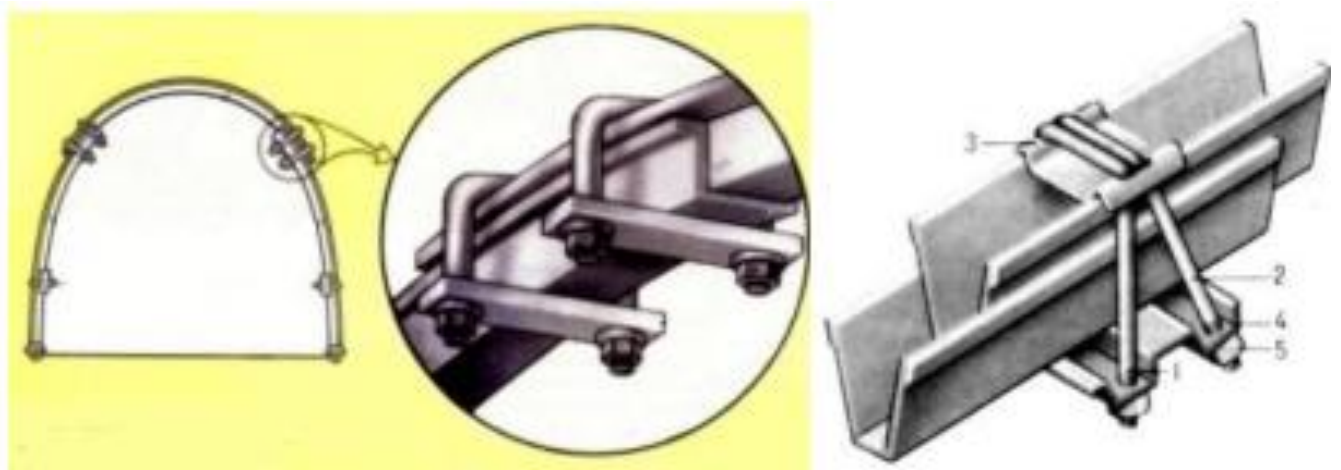


Рисунок 1.7 – Будова металевого аркового піддатливого кріплення:
1, 2 – скоби (хомути); 3, 4 – верхня і нижня планки; 5 – гайка

ними стяжками (розстрілами), затягують просічним сталевим листом для запобігання мимовільного висипання породи.

Механізація процесу зведення аркового кріплення є достатньо складною задачею. Найбільш трудомісткими операціями цього технологічного процесу є доставка складальних елементів металевого аркового кріплення у забій та установка верхнього елемента арки. Для виконання цих операцій використовуються спеціальні та універсальні машини, призначені для механізації допоміжних робіт підземного гірничого виробництва. Можна згадати для прикладу агрегат АМК-1,3 розробки інституту НДПрудмаш, що забезпечує одночасний підйом від трьох до п'яти арок з укладеними на них міжрамними огороженнями та підвищення продуктивності праці кріпильників на 40%, аркопідйомник АПП (інститут НДГРІ) у складі пневматичної лебідки та монтажної стріли, а також вантажник багатоцільовий шахтний ПМШ-0,35, до складу змінного робочого обладнання якого входить пристосування для підйому арок металевого кріплення у вигляді спеціального кронштейну, який кріпиться до рукоятки забірної частини вантажника [18]. Принципова схема вантажника ПМШ-0,35 приведена на рис. 1.8 [15]. Але решту операцій процесу – установку міжрамних огорожень, з'єднання елементів кріплення та інші допоміжні роботи – приходиться виконувати вручну, що вимагає підвищеної уваги до проблеми механізації цих операцій та зниження загальної метало-

ємності кріплення.

1.3 Комплекси прохідницького обладнання

Принципи потокової організації виробництва у багатьох галузях промисловості, у тому числі гірничій, стверджують, що підвищення ефективності роботи окремих машин, які механізують ті чи інші операції загального технологічного процесу, не може істотно впливати на його техніко-економічні показники. Лише перехід від одиничних машин до комплексів механічного обладнання, узгодженого за сукупністю основних параметрів та уніфікованого між собою може забезпечити докорінне удосконалення використовуваних технологій і техніки та підвищення рівня механізації основних і допоміжних процесів гірничого виробництва [9,11,18].

У залежності від умов експлуатації та виду застосовуваних машин можна виділити наступні схеми компонування комплексів обладнання для проходки горизонтальних та слабо похилих підземних гірничих виробок [17]:

- схема із застосуванням УБШ та навантажувальної машини на гусеничному ході. Така схема найбільш поширена під час виконання прохідницьких робіт у вугледобувних шахтах. У схемі використовується навантажувальна машина з бічним розвантаженням ковшу у вагони або на скребковий конвеєр. На рис. 1.9 і 1.10 приведені схеми розташування подібної машини МПК-1600 відповідно у вагони УВГ-2,5 та на конвеєр СР-70 у виробках різного поперечного перетину у світлі. Найбільш раціональною з них слід визнати другу, яка дозволяє до мінімуму скоротити пересування гусеничної ходової частини при максимальному наближенні натяжної головки конвеєра до забою;

- схема із застосуванням УБШ та навантажувальної машини на колісно-рейковому ході (рис. 1.11а). Ця схема розповсюджена як у вугільній, так і в гірничорудній промисловості завдяки своїй простоті, надійності та довговічності колісно-рейкової ходової частини, а також можливості навантажувати гірничу масу безпосередньо у вагони, що транспортують її до стовбуру шахти;

- схема із застосуванням УБШ та навантажувально-транспортної машини на пневмошинному ході (рис. 1.11б). Це найбільш прогресивна схема через можливість застосування самохідної техніки (бурильної установки і навантажувально-транспортної машини) з дизельним або електричним приводом.

Висновки:

- сучасний стан розвитку світової гірничодобувної промисловості характеризується переважним використанням для проходки горизонтальних і слабо похилих підземних виробок буропідривного способу, що включає операції, за допомогою яких здійснюють вибухове руйнування гірничого масиву, виймання зруйнованої породи та кріплення контуру виробки. Роботи ведуться циклічно, шляхом повторення послідовно виконуваних основних та допоміжних операцій прохідницького циклу;

- обсяги та специфіка прохідницьких робіт, а також типи використовуваного обладнання залежать від ходової частини, на якій базується це обладнання, та поперечного перетину виробки. Прохідницьке обладнання (за виключенням переносного) може мати колісно-рейкову, гусеничну або пневмошинну ходові частини. Що стосується перетину виробок, то у разі малого перетину (4-7 м²) зазвичай використовується переносне обладнання, а при більших його значеннях – колісно-рейкове або безрейкове (гусеничне чи пневмошинне);

- сучасний стан розвитку світової гірничої промисловості характеризується надзвичайно широким використанням самохідної гірничої техніки на пневмошинному ході з дизельним або електричним приводом, зокрема шахтних бурильних установок, навантажувально-транспортних машин та установок для механізації допоміжних робіт прохідницького циклу;

- принципи потокової організації виробництва у багатьох галузях промисловості, у тому числі гірничій, стверджують, що підвищення ефективності роботи окремих машин, які механізують ті чи інші операції загального технологічного процесу, не може істотно впливати на його техніко-економічні показники. Лише перехід від одиничних машин до комплексів механічного обладнання, узгоджено-

го за сукупністю основних параметрів та уніфікованого між собою може забезпечити докорінне удосконалення використовуваних технологій і техніки та підвищення рівня механізації основних і допоміжних процесів гірничого виробництва.

1.4 Мета і задачі дослідження

Мета роботи – обґрунтування вихідних вимог до комплексу самохідних машин для буропідривної проходки горизонтальних виробок малого перетину.

Проведений під час виконання роботи аналіз технологічних процесів проведення підземних гірничих виробок різними способами, особливостей буропідривної проходки горизонтальних і слабопохилих виробок та механічного обладнання, що використовується для цього, дозволив сформулювати задачі, які потрібно вирішити для досягнення поставленої мети:

- вибрати методи теоретичних та експериментальних досліджень;
- проаналізувати існуючий стан проходки виробок малого перетину та обґрунтувати склад і схему роботи прохідницького комплексу;
- проаналізувати вимоги, що ставляться до прохідницьких комплексів взагалі та до окремих машин, що входять до їх складу;
- обґрунтувати вихідні вимоги до машин прохідницького комплексу, а саме: бурильної установки, навантажувально-транспортної машини та машини для доставки матеріалів і зведення кріплення;
- оцінити очікувані результати практичного використання пропонованого прохідницького комплексу;
- обґрунтувати та вибрати машини прохідницького комплексу, зробити аналіз їх технічного рівня;
- оцінити необхідні обсяги витрат робочого часу на виконання операцій прохідницького циклу;
- зробити розрахунки та проаналізувати експлуатаційну ефективність пропонованого прохідницького комплексу.

Об'єкт дослідження – технологічний процес буропідривної проходки гори-

зонтальних та слабо похилих підземних гірничих виробок.

Предмет дослідження – комплекс самохідних машин для буропідривної проходки горизонтальних виробок малого перетину.

2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

Під час виконання магістерської роботи були проведені наукові дослідження, для реалізації яких використовувалися загальновідомі теоретичні та експериментальні методи.

Аналітичний метод наукових досліджень застосовувався для оцінки технологічних процесів проведення підземних гірничих виробок за допомогою різних способів проходки, аналізу особливостей буропідривної проходки горизонтальних і слабопохилих виробок та механічного обладнання, що використовується для цього, оцінки існуючого стану механізованої проходки виробок малого перетину та схем роботи прохідницьких комплексів, аналізу вимог, що ставляться до машин таких комплексів.

Метод синтезу дозволив обґрунтувати вихідні вимоги до машин прохідницького комплексу: бурильної установки, навантажувально-транспортної машини та машини для доставки матеріалів і зведення кріплення.

Для аналізу технічного рівня пропонованого прохідницького комплексу використовувався метод комплексного порівняння його показників призначення та надійності з аналогічними параметрами базового обладнання, що працює на вітчизняних залізрудних шахтах.

Для підтвердження правильності вибору параметрів машин комплексу запропонована методика розрахунку витрат робочого часу на виконання операцій прохідницького циклу та основних його експлуатаційних показників.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ВИМОГ ДО МАШИН ПРОХІДНИЦЬКОГО КОМПЛЕКСУ

3.1 Аналіз існуючого стану проходки виробок малого перетину та обґрунтування складу і схеми роботи прохідницького комплексу

Перспективи подальшого розвитку вітчизняної гірничорудної промисловості пов'язані з технічним переозброєнням підприємств гірничо-металургійного комплексу (ГМК) країни за рахунок впровадження нової високоефективної, високоякісної та конкурентоспроможної техніки. Наприклад, галузевою науково-технічною програмою «Створення сучасного устаткування для гірничорудної промисловості» (пріоритетний напрям 9 «Продукція важкого та транспортного машинобудування») передбачалося, зокрема, «...нарощування обсягів виробництва вітчизняного машинобудування для підприємств України, зменшення витрат енергоносіїв, забезпечення якості та конкурентоспроможності продукції» [19]. У рамках програми ставилися задачі створення типорозмірного ряду гідравлічних бурильних головок та систем їх енергозабезпечення (розробка 1.1), комплексів обладнання для проходки висхідних та горизонтальних гірничих виробок (розробки 1.2 і 1.6) та багатьох інших зразків гірничих машин та обладнання, а також збагачувального і переробного устаткування.

Проходка горизонтальних та слабо похилих підземних виробок малого перетину (4-7 м²) у вітчизняних залізородних шахтах здійснюється за допомогою буропідривного способу. В умовах у край обмеженого робочого простору використовуються малопродуктивні засоби механізації: переносні перфоратори на пневматичних підтримувальних колонках, переносні установки УПБ-1А, скреперні лебідки 17ЛС-2СМ, 30ЛС-2СМА.

Буріння шпурів ведеться на глибину не більше 1,5-1,8 м з дуже низькою швидкістю, особливо у міцних породах, з високими рівнями шуму, запиленості забою та викидів в його атмосферу повітряно-масляних емульсій. Процес буріння пов'язаний із значним використанням ручної праці.

Скреперні лебідки для прибирання відбитої гірничої маси із забоїв мають малу продуктивність, низький коефіцієнт використання протягом робочої зміни і не виключають важкої ручної праці під час проходки ніш і камер технологічного призначення, а також зачищення боків і підшви забою для установки кріплення. Робота скрепериста небезпечна і відбувається у важких та несприятливих санітарно-гігієнічних умовах.

Найбільш трудомісткими є операції з доставки кріпильних матеріалів у забій та установки кріплення, які виконуються вручну. Особливо це стосується металевого аркового кріплення, яке необхідне в умовах недостатньої міцності порід та стійкості виробок у багатьох варіантах використання систем розробки з підповерховим обваленням гірничої маси, широко розповсюджених на південних рудниках Кривбасу.

З огляду на це, вибір оптимального складу та раціональних параметрів машин комплексу має відбуватися з урахуванням гірничо-геологічних та технологічних умов їх застосування. Аналіз перспектив розвитку розробки багатих залізних руд Криворізького басейну дає можливість зробити висновок, що проходка підповерхових горизонтальних виробок з використанням комплексу самохідних машин буде здійснюватися в основному по м'яких рудах і породах середньої та нижче середньої міцності ($f = 6-10$) в умовах проявів гірничого тиску у зв'язку із підвищенням глибини розробки. А це викликає необхідність кріплення виробок арковим піддатливим металевим кріпленням зі спецпрофілю (наприклад, УПК) безпосередньо слідом за посуванням забою.

Результати досліджень, виконаних провідними вітчизняними спеціалістами, беззаперечно стверджують, що підвищення ефективності технологічних процесів проходки виробок та очисного виймання руди можна досягти на базі використання самохідної бурильної та навантажувально-доставкової техніки [20-22]. Цей висновок підтверджується успішним закордонним досвідом експлуатації подібного механічного обладнання.

Але техніко-економічний аналіз, проведений свого часу спеціалістами інституту НДПРудмаш, продемонстрував, що малогабаритна самохідна техніка для

роботи у виробках з перетином до 6 м² з арковим кріпленням виявляється неефективною. У першу чергу це пояснюється неможливістю виконати у таких умовах існуючі вимоги безпеки праці (наприклад, обов'язкові зазори між машинами і стінками виробки по 500 мм з кожного боку) [23].

Тому вважається доцільним проектування та створення комплексу для роботи у виробках перетином 6-7 м².

3.2 Призначення, умови експлуатації та склад комплексу

Комплекс малогабаритних самохідних машин з електричним приводом призначений для проведення горизонтальних і слабо похилих підземних гірничих виробок перетином 6-7 м² (у світлі при використанні аркового кріплення) у породах міцністю $f = 6 \dots 20$ за шкалою проф. М.М. Протод'яконова у шахтах, безпечних відносно газу і пилу, у помірних кліматичних умовах при температурі навколишнього середовища від +2 до +26 °С. Кліматичне виконання комплексу «У», категорія розміщення 5 за ГОСТ 15150.

Комплекс також може використовуватися для проходки гірничих виробок найбільшим перетином 10 м², що проводяться без застосування рамного кріплення.

Режим роботи комплексу – трьохзмінний, тривалість робочої зміни – 7 годин, середня кількість робочих днів протягом року – 305.

До складу комплексу входять:

- самохідна бурильна установка – 1 шт.;
- навантажувально-транспортна машина – 1 шт.;
- машина для доставки матеріалів та зведення аркового кріплення – 1 шт.

3.3 Вимоги, що ставляться до машин комплексу

3.3.1 Загальні вимоги

Усі машини комплексу повинні мати:

- пневмошинні ходові частини із здатністю долати ухили до 15°;
- електричні приводи з кабельним живленням від мережі змінного струму напругою 380 або 660 В та частотою 50 Гц та рудниковим виконанням РН-2.

Машини комплексу мають бути узгоджені за параметрами продуктивності, габаритів та маневреності (вписування у сполучення виробок).

Можливість роботи машин на ухилах визначатиметься споживачем у залежності від умов експлуатації, характеристик дорожнього покриття та забезпечення безпеки праці. У таких умовах реальні продуктивності машин можуть бути нижче у порівнянні з номінальними. Під час роботи у похилих виробках дорожнє покриття має забезпечувати коефіцієнт зчеплення з шинами не менше 0,5.

Середня квадратична ордината нерівностей мікропрофілю шахтних доріг не повинна перевищувати 50 мм.

Машини комплексу повинні бути забезпечені сидіннями для машиністів з козирками над ними (використання закритих кабін у малих машинах нереально, адже вони обмежують та ускладнюють роботу оператора). Розташування сидінь у транспортних машинах – поперечне із забезпеченням огляду вперед і назад.

Конструкція і розміри робочого місця, розміщення рукояток і педалей керування з точки зору гігієнічних вимог мають відповідати ГОСТ 12.2.106.

До забою мають бути підведені трубопроводи стисненого повітря (для живлення пневматичної бурильної установки або для змащення гідравлічного перфоратора і продування шпурів) з тиском 0,5-0,6 МПа та води для промивання шпурів та зрошення з тиском не менше 1,0 МПа.

Передбачається організація багатозабійної схеми експлуатації комплексу з одночасною роботою усіх машин у забоях, розташованих поруч у межах одного блоку. Схема такої багатозабійної організації роботи прохідницького комплексу самохідних машин показана на рис. 3.1.

Кожна машина комплексу виконує свій обсяг робіт (свою технологічну операцію) приблизно за дві години, тобто протягом зміни вона може обслужити три забої. Таким чином, за допомогою комплексу можна за зміну виконати три повних цикли проходки і досягнути швидкості просування забою у 6,75 м/зміну (для

виробок перетином 6-7 м² у світлі у породах міцністю $f = 8-10$). Коефіцієнт використання машин протягом зміни за такої організації робіт може досягати 0,6-0,7.

Характер робіт, виконуваних машинами комплексу у загальному технологічному процесі проведення гірничої виробки, приведений у табл. 3.1.

Доставка машин з поверхні у шахту здійснюється у кліті, а на підповерхи – похилими виробками за допомогою загальношахтного транспорту.

Операції технічного обслуговування та заміни складальних одиниць машин

Таблиця 3.1 – Характер робіт, виконуваних машинами комплексу у загальному технологічному процесі проведення гірничої виробки

Тип машини	Найменування виконуваних операцій
Установка бурильна	Буріння шпурів під час проведення виробок
Машина навантажувально-транспортна	Прибирання (навантаження, транспортування та розвантаження у рудоспуск) гірничої маси. Зачищення підшви виробки
Машина для доставки матеріалів та зведення кріплення	Доставка матеріалів та обладнання (елементів металевого кріплення, зтяжки, лісоматеріалів, засобів зарядження шпурів, вентиляторів, вентиляційних рукавів, насосів, лебідок тощо), підйом та утримання арок металевого кріплення, установка анкерів, зтягування покрівлі сіткою, підйом вантажів під час монтажу

відбуваються у підземних умовах у спеціально відведеному та обладнаному для цього місці.

3.3.2 Вимоги до бурильної установки

Бурильна машина повинна відповідати другій типорозмірній групі і мати у залежності від умов експлуатації або одну стрілу з гідравлічним перфоратором, або дві стріли з пневматичними перфораторами.

Для забезпечення економічної ефективності використання комплексу бурильна машина повинна мати технічну продуктивність буріння не менше 45 м шпурів за годину.

Бурильна установка повинна забезпечувати оббурювання фронтального забою, а також сполучення виробки під прямим кутом із заокругленнями і розширеннями, що відповідають внутрішньому та зовнішньому радіусам повороту установки з урахуванням зазорів за правилами техніки безпеки.

3.3.3 Вимоги до навантажувально-транспортної машини

Відбита гірнича маса, яку повинна транспортувати машина, має насипну густину не більше $2,7 \text{ т/м}^3$ з найбільшим розміром завантажувальних шматків в одному вимірюванні 500 мм (одиничні шматки).

Машина має бути повністю гідрофікованою і постаченою комплектною регульованою гідростатичною передачею у приводі ходу.

Навантажувально-транспортна машина повинна забезпечити технічну продуктивність доставки гірничої маси до рудозвальної висхідної виробки на потрібну відстань (середня – 50 м, максимальна – 80 м) не менше $18 \text{ м}^3/\text{год}$.

3.3.4 Вимоги до машини для доставки матеріалів та зведення кріплення

Призначення машини – виконання операцій доставки матеріалів і обладнання та кріплення виробок, які в умовах підповерху не механізовані і відносяться до категорії важких ручних робіт.

Машина має бути розроблена на базі навантажувально-транспортної установки комплексу з максимальною уніфікацією.

Машина повинна мати два змінні вантажонесучі органи, що встановлюються на її стрілі замість ковшу навантажувально-транспортної машини:

- платформу вантажопідйомністю 2,3 т;
- вили вантажопідйомністю 1,6 т.

Вантажонесучі органи мають дозволяти можливість підйому на висоту до 2 м та нахилу вперед на 45° .

Крім того на машині повинна бути тягальна лебідка з тяговим зусиллям 2 т для затягування вантажів на платформу.

Машина з платформою використовується:

- для перевезення обладнання та матеріалів (лебідок, бурильних верстатів, пневматичного нагнітача бетону, анкерів, металевої сітки тощо);

- у разі установки бортів на платформі – для перевезення сипких матеріалів та бетону;

- в якості помосту під час зведення анкерного кріплення.

Розвантаження платформи виконується за принципом самоскиду.

Вили в якості вантажонесучого органу зручні для перевезення довгомірних вантажів у контейнерах – лісоматеріалів, елементів аркового кріплення.

Вили мають бути поворотними у горизонтальній площині, завдяки чому радіус повороту машини при перевезенні вантажів довжиною до 3 м залишатиметься таким, як радіус повороту базової навантажувально-транспортної машини.

Машина постачається швидкознімним пристосуванням (модулем) для перевезення і монтажу аркового кріплення. На монтажному столі модуля можна перевозити та одночасно піднімати три арки з комплектом затяжки простору між ними. Піднятий верхній комплект кріплення служить захистом під час операцій установки нижніх опорних елементів кріплення та затягування хомутів.

Вили також можна застосовувати для перевезення контейнерів із засобами заряджання шпурів, для підйому помосту під час заряджання верхніх шпурів, для перевезення вентиляторів та насосів місцевого провітрювання та водовідливу, вентиляційних рукавів та інших робіт.

З використанням вказаної машини операції доставки кріпильних матеріалів у забій та зведення кріплення виконуватимуться механізованим способом, що дасть можливість ліквідувати важку ручну працю та підвищити продуктивність на операціях будівництва аркового кріплення у два рази у порівнянні з ручним варіантом.

3.4 Очікувані результати використання прохідницького комплексу

Обладнання має забезпечити комплексну механізацію праці прохідників за допомогою сучасної самохідної техніки. Комплекс повинен замінити на проходці

виробок у зазначених умовах експлуатації малопродуктивне стаціонарне, пересувне та переносне устаткування: перфоратори, переносні бурильні установки, скреперні лебідки.

Застосування самохідного прохідницького комплексу дозволить отримати наступні техніко-економічні переваги у порівнянні із технікою, що передбачається замінити:

- суттєво підвищити продуктивність проходки виробок за рахунок підвищення одиничної потужності та маневреності машин;
- забезпечити економічність енергоспоживання;
- механізувати практично усі трудомісткі операції основних та допоміжних робіт: буріння шпурів, навантаження і доставки гірничої маси з підготовчих та різних виробок, доставки у забій та монтажу аркового кріплення, доставки матеріалів та обладнання.

Усе це у значному ступені знизить рівень важкої ручної праці на проходці. Запровадження комплексу дасть можливість використати багатозабійну організацію прохідницьких робіт, підвищити культуру виробництва, покращити умови праці прохідників. В результаті очікується підвищення швидкості проведення виробок з 2-3 до 6,75 м/зміну, продуктивності праці прохідників у два рази та якості проведених виробок.

3.5 Вибір машин прохідницького комплексу

3.5.1 Основні зауваження

У важких умовах підземної розробки корисних копалин до правильності та обґрунтованості вибору техніки ставляться особливо високі вимоги. Міцність та абразивність руд і порід, стиснені габарити та складні конфігурації гірничих виробок, необхідність пересуватися нерівними дорогами з підйомами і спусками накладають на конструкції машин певні обмеження як з точки зору забезпечення високих показників призначення і надійності, так і з огляду на шкідливе забруднення шахтної атмосфери пилом, газами та продуктами вихлопу приводі.

Техніка для роботи у таких важких умовах повинна, незважаючи на усі ці труднощі, демонструвати потрібні робочі параметри і бути при цьому максимально потужною, продуктивною, автономною, надійною та безпечною, мати мінімальні габаритні розміри і вагу та забезпечувати економічність випуску продукції (у нашому випадку це погонні метри пройденої виробки) та її конкурентоспроможність. Створення машин, які б відповідали усім цим часто суперечливим вимогам, усім різноманітним гірничо-геологічним, гірничотехнічним та організаційним факторам конкретного виробництва є надзвичайно складною задачею, виконання якої за максимумом практично неможливо. Але прагнути цього необхідно, намагаючись знайти той бажаний компроміс між цими вимогами і факторами, який би давав потрібний максимально можливий результат.

З огляду на такі обставини, порядок вибору машин комплексу може бути приблизно наступним [11]:

- критичний аналіз майбутніх умов експлуатації комплексу;
- оцінка очікуваної величини продуктивності комплексу (у нашому випадку – темпів проходки виробки);
- вибір спочатку основних машин комплексу, якими є, передусім, бурильна установка, а потім – навантажувально-транспортна машина, що працюватиме за темпом, заданим бурильною установкою. Під вибором, у першу чергу, розуміють визначення необхідних типорозмірів машин, які диктуватимуться поперечним перетином виробки та величиною заданої продуктивності;
- вибір машин для виконання допоміжних операцій даного технологічного процесу (у нашому випадку – прохідницького циклу).

Оскільки комплекс, що розглядається, планується використовувати у багатозабійній схемі проходки, дуже важливою вимогою стає обов'язкове забезпечення однакової тривалості виконання основних операцій циклу, що здійснюватимуться у різних забоях. А необхідність ведення вибухових робіт у тупикових виробках та обов'язкового провітрювання їх після вибухів диктує доцільність використання такого графіку прохідницьких робіт, в якому для економії робочого часу ці операції здійснювалися би наприкінці зміни.

З огляду на усе вищесказане, пропонуються наступні варіанти компонування прохідницького комплексу на базі електрифікованих машин другої типорозмірної групи:

- варіант 1 – на базі машин вітчизняної розробки:

- бурильна установка – УБШ-208А з двома бурильними головками пневматичного типу або УБШ-2.. з однією гідравлічною бурильною головкою (конструкція потребує доопрацювання);

- навантажувально-транспортна машина – ПД-2Е;

- машина для доставки вантажів і зведення кріплення – установка МД-2 на базі машини ПД-2Е;

- варіант 2 – на базі машин закордонного виробництва (в якості прикладу розробника пропонується фінська фірма «Sandvik Tamrock»):

- бурильна установка – Quasar 1F з однією гідравлічною бурильною головкою;

- навантажувально-транспортна машина – TORO 151Е;

- машина для доставки вантажів і зведення кріплення – установка на базі машини TORO 151Е.

3.5.2 Бурильна установка

На рис. 3.2 і 3.3 відповідно показані схеми бурильних установок УБШ-2... та УБШ-208А, а також установки Quasar 1F фірми «Sandvik Tamrock». У табл. 3.2 і 3.3 відповідно приведені основні технічні характеристики цих машин [13].



Рисунок 3.2 – Загальний вигляд шахтної бурильної установки УБШ-208А



Рисунок 3.3 – Загальний вигляд шахтної бурильної установки Quasar 1F

Таблиця 3.2 – Основні технічні характеристики бурильних установок вітчизняного виробництва УБШ-2... та УБШ-208А

Показники	Тип установки	
	УБШ-2...	УБШ-208А
Кількість бурильних машин	1	2
Тип бурильної машини	гідравлічна ГВП 80-250	пневматична ПК-75А
Технічна продуктивність, м/год	40	42
Зона буріння (висота x ширина), м	3,0 x 3,3	3,2 x 5,0
Зовнішній радіус повороту, м	4,5	5,5
Найбільший кут підйому, град.	15	15
Місткість кабельного барабану, м	80	-
Габаритні розміри у транспортному положенні, мм:		
довжина	7500	8000
ширина	1400	1500
висота	1830	1800
Маса, кг	6300	7300

Таблиця 3.3 – Основні технічні характеристики бурильної установки Quasar 1F фірми «Sandvik Tamrock»

Показники	Значення
Кількість бурильних машин	1
Тип бурильної машини	гідравлічна HLX5
Зона буріння (висота x ширина), м	4,4 x 5,5
Габаритні розміри у транспортному положенні, мм:	
довжина	9090
ширина	1200
висота	1950
Маса, кг	9100

3.5.3 Навантажувально-транспортна машина

На рис. 3.4 і 3.5 відповідно показані схеми навантажувально-транспортних машин ПД-2Е і TORO 151Е, а у табл. 3.4 і 3.5 відповідно приведені основні технічні характеристики цих установок [13].



Рисунок 3.4 – Загальний вигляд НТМ ПД-2Е

Таблиця 3.4 – Основні технічні характеристики НТМ ПД-2Е

Показники	Значення
Технічна продуктивність, т/год	36
Вантажопідйомність, т	2,6
Місткість ковша, м ³	1,2
Максимальна швидкість руху, км/год	10
Потужність приводу, кВт	45
Зовнішній радіус повороту, м	4,5
Висота розвантаження, м	2,8
Найбільший кут підйому, град.	15
Місткість кабельного барабану, м	80
Габаритні розміри у транспортному положенні, мм:	
довжина	6250
ширина	1500
висота	1900
Маса, кг	6900

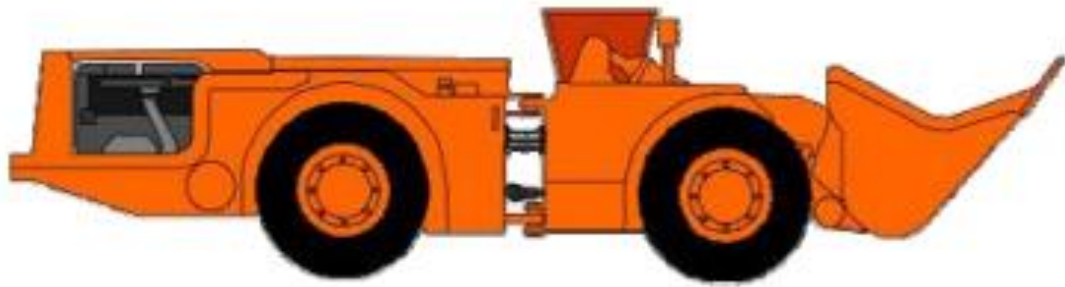


Рисунок 3.5 – Загальний вигляд НТМ TORO 151Е

Таблиця 3.5 – Основні технічні характеристики НТМ TORO 151Е

Показники	Значення
Вантажопідйомність, т	3,0
Місткість ковша, м ³	1,75
Потужність приводу, кВт	55
Радіус повороту, м	3,99
Габаритні розміри, мм:	
довжина	6995
ширина	1480
висота	1840
Маса, кг	9400

3.5.4 Машина для доставки матеріалів та зведення кріплення

Як було зауважено вище, ця машина створюється на основі навантажувально-транспортної установки і має бути максимально уніфікована з нею. Розглянемо це питання на прикладі використання НТМ ПД-2Е в якості бази машини МД-2.

Машина МД-2 складається з наступних вузлів: шарнірно-зчленованої рами, кабіни відкритого типу, переднього і заднього мостів, силової установки, кабельного барабану, робочого органу, трансмісії, гальмівної та рульової систем. Робочий орган представлений у двох варіантах – вантажна платформа і вили – за допомогою яких можна здійснювати транспортування вантажів і матеріалів, а також доставку контейнера з елементами аркового металевих кріплення у забій та підйом цих елементів на висоту 3 м для виконання кріплення виробки. Додатково машини комплектується контейнерами для лісоматеріалів та кріплення.

У табл. 3.6 приведені техніко-економічні характеристики машини МД-2 у порівнянні з найближчим до неї за призначенням та основними показниками аналогом – установкою Hauler 2Т розробки фірми «Eimco» (США, Франція), створеної на базі НТМ Eimco 911CLHD.

Таблиця 3.6 – Основні технічні характеристики машини МД-2 у порівняння з установкою Hauler 2Т

Показники	Hauler 2Т	МД-2
Вантажопідйомність, т:		
на платформі	2,0	2,3
на вилах	-	1,6
Максимальна швидкість руху на горизонтальному шляху, км/год	14,1	10,2
Кліренс, мм	190	220
Зовнішній радіус повороту, м	-	4,5
Найбільший кут підйому, град.	-	15
Встановлена потужність, кВт	37	45
Місткість кабельного барабану, м	-	80
Габаритні розміри у транспортному положенні, мм:		
довжина	6694	6500
ширина	1220	1400
висота	1880	1830
Маса, кг	7200	7100
Установлений ресурс до капітального ремонту, год	4000	4000
Питома маса, кг/т·год	0,9	0,8
Питома витрата енергії, кВт·год/т·км	6,6	4,2
Еквівалентний рівень звуку на робочому місці, дБА	89	85

Розрахунки приведених показників машини МД-2 здійснювалися наступним чином:

- *розрахунок вантажопідйомності.* Для цього розрахунку можна скористатися такою аналогією: машина Hauler 2Т розроблена фірмою «Eimco» на базі НТМ 911CLHD, а машина МД-2 створюється на базі НТМ ПД-2Е. Тоді можна скласти таку пропорцію:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{Q'_1}{Q'_2},$$

де $Q_1 = 2,27$ т – вантажопідйомність машини 911CLHD; $Q_2 = 2,0$ т – вантажопідйомність машини Hauler 2Т; $Q'_1 = 2,6$ т – вантажопідйомність машини ПД-2Е; Q'_2 – шукана вантажопідйомність машини МД-2:

$$Q'_2 = \frac{Q'_1 Q_2}{Q_1} = \frac{2,6 \cdot 2}{2,27} = 2,3 \text{ т};$$

- *розрахунок питомої маси*. Цей показник можна визначити за допомогою наступної формули:

$$M_{\Pi} = \frac{M_c}{Q'_2 T} = \frac{7100}{2,3 \cdot 4000} = 0,8 \text{ кг/т} \cdot \text{год},$$

де $M_c = 7100$ кг – суха маса машини МД-2; $T = 4000$ год – встановлений ресурс до капітального ремонту;

- *розрахунок питомої витрати енергії*. Ця величина визначається як відношення споживаної машиною електроенергії (кВт·год) до виконаного обсягу роботи (т·км) протягом однієї години:

$$q = \frac{Nt}{\eta_e Q'_2 L} = \frac{45 \cdot 1}{0,92 \cdot 2,3 \cdot 5,1} = 4,2 \text{ кВт} \cdot \text{год/т} \cdot \text{км},$$

де $N = 45$ кВт – встановлена потужність машини; $t = 1$ год – час роботи машини; $\eta_e = 0,92$ – к.к.д. електродвигуна; L – довжина шляху, пройденого машиною з вантажем за 1 годину роботи:

$$L = \frac{v_{\max}}{2} t = \frac{10,2}{2} \cdot 1 = 5,1 \text{ км},$$

де $v_{\max} = 10,2$ км/год – найбільша швидкість машини.

3.5.5 Оцінка технічного рівня машини МД-2

Для оцінки технічного рівня машини МД-2 можна скористатися комплексним методом порівняльного аналізу її показників з показниками установки Hauler 2Т [9,24]. Цей метод передбачає порівняння однакових показників обох машин з метою з'ясування, чи досягнуто у новій машині (в нашому випадку це МД-2) по-

кращення показника у порівнянні з базовою конструкцією (Hauler 2T). Для цього один показник ділять на інший, причому таким чином, щоб в результаті отримати величину більше одиниці (якщо показник став краще) або менше одиниці (якщо показник погіршився). Але просте порівняння не забезпечить переконливих результатів, адже одні показники можуть виявитися кращими, а інші – гіршими, тобто однозначної відповіді не буде.

Тому потрібно проаналізувати ці результати (коефіцієнти q_i) з урахуванням коефіцієнтів вагомості (m_i) цих показників, які вони мають (на погляд експертів, що проводять цей порівняльний аналіз) з точки зору впливу на загальний технічний рівень виробу. Загальна сума коефіцієнтів вагомості усіх показників повинна дорівнювати 1. Нарешті потрібно підрахувати узагальнений показник технічного рівня за наступною формулою:

$$K_{\text{тр}} = \sum_{i=1}^n m_i q_i .$$

Якщо цей коефіцієнт $K_{\text{тр}}$ буде більше 1,03, можна вважати, що нова машина має вищий технічний рівень у порівнянні з базовою.

У табл. 3.7 приведені дані для здійснення такого розрахунку: усього десять показників призначення та надійності машин МД-2 і Hauler 2T. Для спрощення розрахунку будемо вважати їх однаково вагомими, тобто коефіцієнт вагомості кожного з них буде дорівнювати 0,1.

З урахуванням приведених значень показників величина узагальненого показника технічного рівня машини МД-2 становитиме:

$$\begin{aligned} K_{\text{тр}} &= 1,15 \cdot 0,1 + 0,72 \cdot 0,1 + 1,16 \cdot 0,1 + 1,03 \cdot 0,1 + 0,87 \cdot 0,1 + \\ &+ 1,03 \cdot 0,1 + 1,00 \cdot 0,1 + 1,13 \cdot 0,1 + 1,57 \cdot 0,1 + 1,05 \cdot 0,1 = \\ &= 1,071 > 1,03. \end{aligned}$$

Таким чином, зазначена вище умова виконана. Тобто можна стверджувати, що машина МД-2 має вищий технічний рівень, чим база порівняння (машина Hauler 2T).

Таблиця 3.7 – До розрахунку узагальненого показника технічного рівня нової розробки

№ показника	Найменування показника	Нова машина МД-2	Базова машина Hauler 2T	q_i	m_i
1	Вантажопідйомність платформи, т	2,3	2,0	1,15	0,1
2	Максимальна швидкість руху по горизонтальному шляху, км/год	10,2	14,1	0,72	0,1
3	Кліренс, мм	220	190	1,16	0,1
4	Габаритна довжина машини, мм	6500	6694	1,03	0,1
5	Габаритна ширина машини, мм	1400	1220	0,87	0,1
6	Габаритна висота машина, мм	1830	1880	1,03	0,1
7	Встановлений ресурс до капітального ремонту, год	4000	4000	1,00	0,1
8	Питома маса, кг/т·год	0,8	0,9	1,13	0,1
9	Питома витрата енергії, кВт·год/т·км	4,2	6,6	1,57	0,1
10	Еквівалентний рівень звуку на робочому місці, дБА	85	89	1,05	0,1

Висновки:

- вибір оптимального складу та раціональних параметрів машин комплексу має відбуватися з урахуванням гірничо-геологічних та технологічних умов їх застосування. Аналіз перспектив розвитку розробки багатих залізних руд Криворізького басейну дає можливість зробити висновок, що проходка підповерхових горизонтальних виробок з використанням комплексу самохідних машин буде здійснюватися в основному по м'яких рудах і породах середньої та нижче середньої міцності ($f = 6-10$) в умовах проявів гірничого тиску у зв'язку із підвищенням глибини розробки. А це викликає необхідність кріплення виробок арковим піддатливим металевим кріпленням зі спецпрофілю (наприклад, УПК) безпосередньо слідом за посуванням забою;

- результати досліджень, виконаних провідними вітчизняними спеціалістами, беззаперечно стверджують, що підвищення ефективності технологічних про-

цесів проходки виробок та очисного виймання руди можна досягти на базі використання самохідної бурильної та навантажувально-доставкової техніки. Цей висновок підтверджується успішним закордонним досвідом експлуатації подібного механічного обладнання. Але навіть малогабаритна самохідна техніка для роботи у виробках з перетином до 6 м² з арковим кріпленням виявляється неефективною. У першу чергу це пояснюється неможливістю виконати у таких умовах існуючі вимоги безпеки праці (наприклад, обов'язкові зазори між машинами і стінками виробки по 500 мм з кожного боку). Тому вважається доцільним проектування та створення комплексу для роботи у виробках перетином 6-7 м²;

- до складу такого комплексу входять: самохідна бурильна установка; навантажувально-транспортна машина та машина для доставки матеріалів та зведення аркового кріплення. З огляду на характер робіт, виконуваних машинами комплексу у загальному технологічному процесі проведення гірничої виробки, у роботі сформульовано основні конструктивні та експлуатаційні вимоги як до комплексу у цілому, так і до кожної окремої машини, що входить до його складу. На базі цих вимог вибрані конкретні моделі машин вітчизняного та закордонного виробництва;

- особлива увага приділена обґрунтуванню параметрів машини для механізації операцій доставки матеріалів і обладнання до прохідницького забою, а також зведення аркового металевих кріплення. Розраховано основні показники призначення та надійності такої конструкції, а також виконано аналіз її технічного рівня у порівнянні з найближчим аналогом – машиною Hauler 2T розробки фірми «Eimco» (США, Франція). За результатами аналізу зроблено висновок про достатньо високий технічний рівень пропонованої машини МД-2.

4 ОБГРУНТУВАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОХІДНИЦЬКОГО КОМПЛЕКСУ

4.1 Оцінка обсягів робочого часу на виконання операцій прохідницького циклу

Тривалість прохідницького циклу може бути визначена за допомогою наступної формули [11]:

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{б}} + t_{\text{н}} + t_{\text{зп}} + t_{\text{пб}} + t_{\text{пр}} + t_{\text{к}}, \text{ хв.}, \quad (4.1)$$

де $t_{\text{б}}$ – тривалість процесу буріння шпурів, хв.; $t_{\text{н}}$ – тривалість процесу навантаження гірничої маси, хв.; $t_{\text{зп}}$ – тривалість процесів заряджання і підривання шпурів, хв.; $t_{\text{пб}}$ – тривалість процесу приведення забою в безпечний стан, хв.; $t_{\text{пр}}$ – тривалість процесу провітрювання забою, хв.; $t_{\text{к}}$ – тривалість процесу зведення тимчасового кріплення, хв.

Аналіз буропідривної проходки виробок з багатозабійною схемою організації робіт показує, що на операцію буріння шпурів витрачається приблизно 25-30% робочого часу зміни, на заряджання та підривання шпурів – 10-15%, на навантаження гірничої маси – 35-45%.

Розглянемо витрати часу на виконання основних операцій прохідницького циклу.

Буріння шпурів. Вибір бурильної машини залежатиме від діаметру, довжини і кількості шпурів, які необхідно бурить у забої. Для ударно-обертового бурового обладнання теоретична швидкість буріння становитиме:

$$Q_{\text{теор}} = \frac{60v_{\text{п}}(1-e^{-\alpha L})}{\alpha L}, \text{ м/ГОД}, \quad (4.2)$$

де $v_{\text{п}}$ – швидкість буріння першого метра шпуру, мм/с:

$$v_{\text{п}} = \frac{50An}{d^2 f}, \text{ мм/с}, \quad (4.3)$$

α – показник, що характеризує ступінь загасання енергії силового імпульсу у міру заглиблення бурового інструменту у шпур (чим масивніше і потужніше модель

бурильної головки, тим від менший); L – глибина шпуру, м; A – енергія удару бурильної головки, Дж; n – частота ударів, Гц; d – діаметр шпуру, мм; f – коефіцієнт міцності породи.

Технічна швидкість буріння:

$$Q_{\text{техн}} = \frac{60K_2K_0R}{\frac{\alpha L}{v_n(1-e^{-\alpha L})} + \frac{1}{v_{3x}} + \frac{T_3}{B} + \frac{T_H+T_{3б}}{L}}, \text{ м/ГОД}, \quad (4.4)$$

де R – число бурильних головок на установці; K_r – коефіцієнт готовності обладнання, який, як відомо з теорії надійності, є комплексним показником надійності технічного об'єкту, характеризує його безвідмовність та ремонтпридатність і визначається як відношення часу напрацювання на відмову T до підсумку цього часу та часу на відновлення після відмови $T_в$:

$$K_r = \frac{T}{T+T_в}, \quad (4.5)$$

K_0 – коефіцієнт одночасності роботи бурильних головок (для бурильної установки з однією бурильною головкою дорівнює 1, а з двома – 0,8); v_{3x} – швидкість зворотного ходу бурильної головки, м/хв.; T_3 – час заміни коронки, хв.; B – стійкість коронки після заточування, м; T_H – час наведення бурильної машини з одного шпуру на інший, хв.; $T_{3б}$ – час забурювання шпуру, хв.

Нарешті, величина змінної експлуатаційної продуктивності, яка враховує також регламентовані витрати робочого часу на підготовчо-заклучні операції та витрати на простої обладнання з різного роду організаційних причин:

$$Q_{\text{зм.експл}} = \frac{(T_{3м}-T_{пз}-T_{оп})K_2K_0R}{\frac{\alpha L}{v_n(1-e^{-\alpha L})} + \frac{1}{v_{3x}} + \frac{T_3}{B} + \frac{T_H+m(T_H+T_{3б})}{mL}}, \text{ м/ЗМІНУ}, \quad (4.6)$$

де $T_{3м}$ – тривалість зміни, хв.; $T_{пз}$ – час на підготовчо-заклучні операції, хв.; $T_{оп}$ – час організаційних простоїв, хв.; $T_{п}$ – час перегону установки з одного забою в інший, хв.; m – кількість шпурів в забої.

Тоді тривалість операції «буріння» визначатиметься за допомогою наступної формулою:

$$t_6 = \frac{LmT_{зм}}{Q_{зм.експл}}, \text{ год.} \quad (4.7)$$

Зарядка і підривання шпурів. Витрати часу на цю операцію залежатимуть від площі поперечного перетину забою (а, значить, від кількості шпурів, необхідних для його оббурювання), глибини шпурів та продуктивності процесу їх зарядження вибухівкою. Для зарядного обладнання пневматичного типу величина продуктивності цього процесу становитиме:

$$Q = 60S_{ш}v_{ш}\gamma_{вр}, \text{ кг/хв.}, \quad (4.8)$$

де $S_{ш}$ – площа перетину шлангу підведення вибухової речовини, м^2 ; $\gamma_{вр}$ – густина вибухової речовини, кг/м^3 ; $v_{ш}$ – швидкість руху вибухової речовини на виході зі шлангу, м/с :

$$v_{ш} = 0,1\sqrt{p_3 + 2000 - 1350L_{пр}}, \text{ м/с}, \quad (4.9)$$

де p_3 – надлишковий тиск стисненого повітря у зарядному пристрої, $\times 10^2$ кПа; $L_{пр} = L_{ш}f' \pm H_{ш}$ – приведена довжина шлангу, м; $L_{ш}$ – довжина шлангу, м; $H_{ш}$ – висота підйому (опускання) шлангу, м; f' – коефіцієнт тертя вибухової речовини відносно матеріалу шлангу (табл. 4.1) [11].

Прибирання та доставка гірничої маси. Вибір типорозміру навантажувально-транспортної машини відбувається з урахуванням умов експлуатації установки, серед яких головними є наступні: спосіб навантаження гірничої маси (зі штабелю, що лежить на підшві виробки або з випускного отвору); гранулометричні та фізико-механічні властивості матеріалу; розміри виробок, де відбуваються операції навантаження, доставки і транспортування руди; стан траси, її профіль, довжина та покриття; спосіб розвантаження (на інший транспортний засіб або у рудо-спуск); продуктивність НТМ, її конструктивні та технічні параметри. Чим більші технічні можливості машини (вантажопідйомність, потужність, продуктивність), тим краще, але вони, перш за все, мають бути узгоджені з існуючими поперечними перетинами підземних виробок. При цьому потрібно обов'язково враховувати необхідні зазори між машиною і стінками та покрівлею виробки з точки зору вимог безпеки. Для створення потрібних безпечних умов роботи гірників бічні зазо-

ри мають бути не менше 0,5 м з одного боку і 1,0 м з протилежного (там, де плануються проходи для обслуговуючого персоналу та інших гірників), а також 0,45-0,6 м між каскою водія та покрівлею виробки.

Таблиця 4.1 – Значення коефіцієнти тертя вибухових речовин відносно матеріалу шлангу

Матеріал	Коефіцієнт тертя ковзання
Гума	0,66-0,68
Текстоліт	0,54-0,60
Сталевий лист	0,57-0,59
Амінопласт	0,33-0,34
Вініпласт	0,35-0,37
Поліетиленова плівка	0,35-0,37
Органічне скло	0,27-0,29
Скло	0,33-0,35
Алюмінієвий лист	0,36-0,37
Дюралюмінієвий лист	0,40-0,42
Оцинковане залізо	0,35-0,40

Величини розрахункової маси НТМ Q (т) та місткості її ковшу ε_k (м³) повинні відповідати насипній густині руди ρ (т/м³), а також розміру її кондиційного шматка:

$$\varepsilon_k = \frac{Q}{\rho K_3}, \quad (4.10)$$

де $K_3 = 0,9-0,96$ – коефіцієнт заповнення ковшу під час завантаження.

У табл. 4.2 приведені дані для узгодження місткості ковшу з розмірами кондиційних шматків гірничої маси [11]. Допускається збільшення місткості ковшу на 5-10% та перевищення навантаження машини на 3%.

Що стосується раціональної довжини доставки гірничої маси навантажувально-транспортними машинами, то, з огляду на циклічність їх роботи, вона, зазвичай, не перевищує 300-500 м. Це добре ілюструють графіки, приведені на рис. 4.1 [11].

Таблиця 4.2 – Залежність місткості ковшу НТМ від розміру кондиційних шматків гірничої маси

Місткість ковшу, м ³	1,0-1,5	2,0-3,0	4,0-5,0	6,0-8,0
Максимальний розмір кондиційного шматка, мм	250-300	400-500	600-800	900-1000

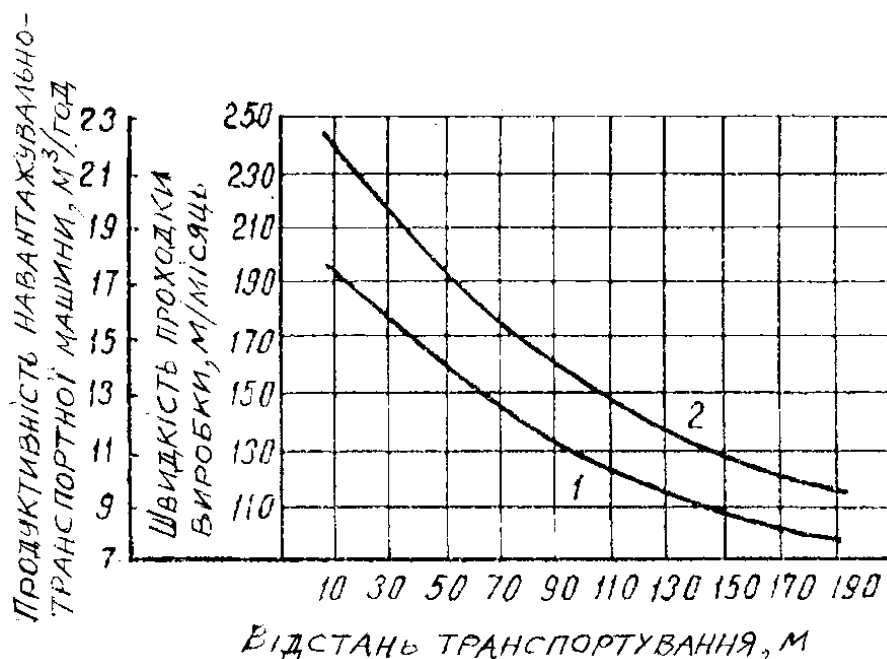


Рисунок 4.1 – Змінення продуктивності НТМ (1) і швидкості проходки виробки (2) в залежності від відстані транспортування гірничої маси

Вибрана навантажувально-транспортна машина має бути придатною для роботи у даних умовах експлуатації, відповідати усім вимогам безпеки у режимах навантаження і транспортування гірничої маси, особливо на підйомах та ухилах траси.

Для тягового розрахунку НТМ використовують класичні методики розрахунку колісних транспортних засобів з урахуванням умов руху на різних ділянках траси у залежності від її конфігурації у профілю і плані, стану покриття тощо. Максимально допустимі швидкості руху на них також обмежуються існуючими вимогами безпеки.

Для розрахунку технічної продуктивності НТМ можна користуватися наступною формулою [11]:

$$Q_{\text{техн}} = \frac{3600 \varepsilon_K K_3}{t_H}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (4.11)$$

де t_H – час циклу роботи НТМ у секундах (див. формулу (4.1)):

$$t_H = t_{\text{зап}} + t_{\text{під}} + t_{\text{дост}} + t_{\text{зв}} + t_{\text{розв}}, \text{ с}, \quad (4.12)$$

де $t_{\text{зап}}$ – час заповнення ковшу гірничою масою, с:

$$t_{\text{зап}} = 3,6 \left(\frac{l_K + l_2}{v_{\text{ВП}}} + \frac{l_1}{v_X} \right), \quad (4.13)$$

де l_K – глибина днища ковшу, м; l_1 і l_2 – величини шляхів відповідно при відході машини для навантаження і повернення її до штабелю руди, м; $v_{\text{ВП}}$ і v_X – швидкості рухів відповідно впровадження ковшу у штабель гірничої маси і його зворотного ходу, км/год; $t_{\text{під}}$ – час підйому ковшу, с:

$$t_{\text{під}} = 15 \frac{\pi D_K^2}{\Pi_T \eta_{\text{об}}} (h_X K_y + h), \quad (4.14)$$

де D_K – діаметр гідроциліндру повороту ковшу, см; Π_T – теоретична подача насосів, л/хв.; $\eta_{\text{об}}$ – об'ємний к.к.д.; h_X і h – відповідно ходи гідроциліндру ковшу з положення впровадження до положення перекидання і повний, см; $K_y \geq 2$ – коефіцієнт уповільнення процесу заповнення ковшу; $t_{\text{дост}}$ і $t_{\text{зв}}$ – час руху НТМ відповідно від забою до пункту розвантаження і зворотний, с:

$$t_{\text{дост}} + t_{\text{зв}} = 3,6 L_D \left(\frac{1}{v_B} + \frac{1}{v_{\text{П}}} \right), \text{ с}, \quad (4.15)$$

L_D – довжина доставки гірничої маси, м; v_B і $v_{\text{П}}$ – швидкості машини відповідно з навантаженим і порожнім ковшем у процесі доставки гірничої маси і зворотного ходу, км/год; $t_{\text{розв}}$ – час розвантаження (опускання) ковшу, с ($t_{\text{розв}} \approx t_{\text{під}}$).

Отже, величина технічної продуктивності НТМ складе [11]:

$$Q_{\text{техн}} = \frac{3600VK}{3,6 \left(\frac{l_K + l_2}{v_{\text{ВП}}} + \frac{l_1}{v_X} \right) + 30 \frac{\pi D_K^2}{\Pi_T \eta_{\text{об}}} (h_X K_y + h) + 3,6 L_D \left(\frac{1}{v_B} + \frac{1}{v_{\text{П}}} \right)}, \text{ м}^3/\text{хв}. \quad (4.16)$$

4.2 Розрахунки та аналіз ефективності експлуатації комплексу

Як вже було зауважено вище, з урахуванням гірничо-геологічних та організаційно-технічних умов проведення підповерхових горизонтальних виробок Кривбасу з метою механізації прохідницьких робіт був прийнятий комплекс у складі самохідної бурильної установки, навантажувально-транспортної машини та машини для доставки матеріалів і металевого аркового кріплення виробок.

Під час вибору параметрів машин використовувалися діючі типи та стандарти на загальні технічні вимоги до самохідних гірничих машин. Параметри машин комплексу визначалися згідно з наступними вимогами:

- відповідності габаритних розмірів машин поперечному перетину виробок та вимогам техніки безпеки для самохідних нерейкових машин, що використовуються на підземних роботах;

- узгодженості машин комплексу між собою за продуктивністю з урахуванням обсягів робіт прохідницького циклу та тривалості робочої зміни з метою найбільш повного використання машин протягом робочої зміни при багатозабійній організації праці;

- забезпечення економічної ефективності застосування комплексу самохідних машин у порівнянні з існуючим прохідницьким обладнанням.

В якості бази порівняння був прийнятий розповсюджений донині варіант проведення підповерхових виробок горизонту доставки з акумуляційною виробкою з використанням наступного прохідницького обладнання: переносних бурильних установок УПБ-1А та скреперних лебідок 30ЛС-2СМА.

Застосування базового обладнання, виходячи з його продуктивності, обсягів робіт та часу, що витрачається на виконання кожної операції прохідницького циклу, а також з урахуванням нормального і повного завантаження робочого дня усіх членів прохідницької бригади, передбачає ведення робіт двома забоями. Кожен з них має бути постачений однією бурильною установкою УПБ-1А та однією скреперною лебідкою 30ЛС-2СМА. Ще одну таку лебідку потрібно стаціонарно вста-

новити в акумуляційній виробці. Виходячи з цього, кількісний склад базового комплексу обладнання буде наступним:

- бурильні установки УПБ-1А – 2 шт.;
- скреперні лебідки 30ЛС-2СМА – 3 шт.

В якості нового обладнання прийнятий комплекс у складі:

- самохідна бурильна установка УБШ-2... (або УБШ-208А) – 1 шт.;
- навантажувально-транспортна машина ПД-2Е – 1 шт.;
- машина для доставки матеріалів та зведення кріплення МД-2 – 1 шт.

Під час проведення підповерхових горизонтальних виробок застосовується комплексна організація та оплата праці. У комплексних бригадах робітники пов'язані між собою загальним технологічним процесом, робочим місцем та мають професії, необхідні для виконання робіт прохідницького циклу. Бригаду очолює бригадир, призначений з числа робітників провідних професій, не звільнений від виконання своєї основної роботи. Праця робітників таких комплексних оплачується за погонний метр пройденої виробки. Режим роботи – трьохзмінний. Встановлена тривалість робочої зміни – 7 годин. Для заряджання шпурів використовується пневмозарядник МЗК-25. Підривання зарядів здійснюється наприкінці зміни, а провітрювання забоїв після вибухів – у перервах між змінами.

Річні обсяги робіт визначаються виходячи із середньозмінної продуктивності прохідницького комплексу, прийнятого на шахтах режиму роботи на проходці виробок та часу роботи комплексу протягом року з урахуванням планово-попереджувальних і поточних ремонтів обладнання.

Середньозмінні продуктивності порівнювальних прохідницьких комплексів визначалися виходячи з графіків організації робіт прохідницького циклу.

У табл. 4.3, 4.4 і 4.5 приведені відповідно графік організації робіт під час проведення підповерхових горизонтальних виробок, результати розрахунків продуктивності та використання обладнання протягом робочої зміни, а також тривалості операцій прохідницького циклу для існуючого комплексу обладнання у складі бурильних установок УПБ-1А та скреперних лебідок 30ЛС-2СМА. У табл. 4.6, 4.7 і 4.8 приведені аналогічні показники для пропонованого прохідницького

комплексу самохідного обладнання.

Аналіз розрахунків та їх результатів, приведених у табл. 4.4, 4.5, 4.7, 4.8, показує, що новий варіант обладнання забезпечує 4320 м пройдених виробок за рік у порівнянні з 1037 м у базовому варіанті, тобто підвищення продуктивності процесу проходки більше, ніж у 4 рази.

Висновки:

- висока ефективність циклічного способу здійснення того чи іншого технологічного процесу, у тому числі буропідривної проходки горизонтальних підземних виробок, може бути забезпечена лише за умови чіткого узгодження роботи усіх машин комплексу, що механізує виконання цього процесу. У першу чергу це узгодження має відбуватися за продуктивністю виконання операцій циклу (у даному випадку прохідницького), в результаті чого усі вони повинні реалізовуватися за однакові проміжки часу. Для цього в роботі зроблено оцінку обсягів робочого часу на виконання операцій прохідницького циклу та рекомендовано шляхи забезпечення необхідних результатів раціонального підбору машин комплексу прохідницького обладнання;

- в якості такого комплексу для проходки горизонтальних підземних гірничих виробок малого перетину запропоновано використання вітчизняного або закордонного самохідного обладнання на пневмошинному ході у складі шахтної бурильної установки, навантажувально-транспортної машини та допоміжної установки для перевезення матеріалів і обладнання та механізованого зведення аркового металевих кріплення;

- для визначення експлуатаційної ефективності пропонованого комплексу проведено аналіз організації проходки виробок перетином 6-7 м² самохідним обладнанням у складі бурильної установки УБШ-2... (або УБШ-208А) (1 шт.), навантажувально-транспортної машини ПД-2Е (1 шт.) та машини для доставки матеріалів і зведення кріплення МД-2 (1 шт.) у порівнянні з виконанням цієї ж роботи за допомогою бурильних установок УПБ-1А (2 шт.) та скреперних лебідок 30ЛС-2СМА (3 шт.). Аналіз результатів порівняльного аналізу показує, що новий варі-

ант обладнання забезпечує 4320 м пройдених виробок за рік у порівнянні з 1037 м у базовому варіанті, тобто підвищення продуктивності процесу проходки більше, ніж у 4 рази.

ВИСНОВКИ

Проведені під час виконання магістерської роботи дослідження дозволили зробити наступні висновки та сформулювати рекомендації:

- у світової гірничодобувної промисловості для проходки горизонтальних і слабо похилих підземних виробок переважне використання знаходить буропідри-вний спосіб, що включає операції, за допомогою яких здійснюють вибухове руйнування гірничого масиву, виймання зруйнованої породи та кріплення контуру виробки. Роботи ведуться циклічно, шляхом повторення послідовно виконуваних основних та допоміжних операцій прохідницького циклу;

- обсяги та специфіка прохідницьких робіт, а також типи використовуваного обладнання залежать від ходової частини, на якій базується це обладнання, та поперечного перетину виробки. Прохідницьке обладнання (за виключенням переносного) може мати колісно-рейкову, гусеничну або пневмошинну ходові частини. Що стосується перетину виробок, то у разі малого перетину (4-7 м²) зазвичай використовується переносне обладнання, а при більших його значеннях – колісно-рейкове або безрейкове (гусеничне чи пневмошинне);

- сучасний стан розвитку світової гірничої промисловості характеризується надзвичайно широким використанням самохідної гірничої техніки на пневмошинному ходу з дизельним або електричним приводом, зокрема шахтних бурильних установок, навантажувально-транспортних машин та установок для механізації допоміжних робіт прохідницького циклу;

- принципи потокової організації виробництва у багатьох галузях промисловості, у тому числі гірничій, стверджують, що підвищення ефективності роботи окремих машин, які механізують ті чи інші операції загального технологічного процесу, не може істотно впливати на його техніко-економічні показники. Лише перехід від одиничних машин до комплексів механічного обладнання, узгодженого за сукупністю основних параметрів та уніфікованого між собою може забезпечити докорінне удосконалення використовуваних технологій і техніки та підвищення рівня механізації основних і допоміжних процесів гірничого виробництва;

- вибір оптимального складу та раціональних параметрів машин комплексу має відбуватися з урахуванням гірничо-геологічних та технологічних умов їх застосування. Аналіз перспектив розвитку розробки багатих залізних руд Криворізького басейну дає можливість зробити висновок, що проходка підповерхових горизонтальних виробок з використанням комплексу самохідних машин буде здійснюватися в основному по м'яких рудах і породах середньої та нижче середньої міцності ($f = 6-10$) в умовах проявів гірничого тиску у зв'язку із підвищенням глибини розробки. А це викликає необхідність кріплення виробок арковим піддатливим металевим кріпленням зі спецпрофілю (наприклад, УПК) безпосередньо слідом за посуванням забою;

- результати досліджень, виконаних провідними вітчизняними спеціалістами, беззаперечно стверджують, що підвищення ефективності технологічних процесів проходки виробок та очисного виймання руди можна досягти на базі використання самохідної бурильної та навантажувально-доставкової техніки. Цей висновок підтверджується успішним закордонним досвідом експлуатації подібного механічного обладнання. Але навіть малогабаритна самохідна техніка для роботи у виробках з перетином до 6 м^2 з арковим кріпленням виявляється неефективною. У першу чергу це пояснюється неможливістю виконати у таких умовах існуючі вимоги безпеки праці (наприклад, обов'язкові зазори між машинами і стінками виробки по 500 мм з кожного боку). Тому вважається доцільним проектування та створення комплексу для роботи у виробках перетином $6-7 \text{ м}^2$;

- до складу такого комплексу входять: самохідна бурильна установка; навантажувально-транспортна машина та машина для доставки матеріалів та зведення аркового кріплення. З огляду на характер робіт, виконуваних машинами комплексу у загальному технологічному процесі проведення гірничої виробки, у роботі сформульовано основні конструктивні та експлуатаційні вимоги як до комплексу у цілому, так і до кожної окремої машини, що входить до його складу. На базі цих вимог вибрані конкретні моделі машин вітчизняного та закордонного виробництва;

- особлива увага приділена обґрунтуванню параметрів машини для механі-

зації операцій доставки матеріалів і обладнання до прохідницького забою, а також зведення аркового металевго кріплення. Розраховано основні показники призначення та надійності такої конструкції, а також виконано аналіз її технічного рівня у порівнянні з найближчим аналогом – машиною Hauler 2T розробки фірми «Eimco» (США, Франція). За результатами аналізу зроблено висновок про достатньо високий технічний рівень пропонованої машини МД-2;

- висока ефективність циклічного способу здійснення того чи іншого технологічного процесу, у тому числі буропідривної проходки горизонтальних підземних виробок, може бути забезпечена лише за умови чіткого узгодження роботи усіх машин комплексу, що механізує виконання цього процесу. У першу чергу це узгодження має відбуватися за продуктивністю виконання операцій циклу (у даному випадку прохідницького), в результаті чого усі вони повинні реалізовуватися за однакові проміжки часу. Для цього в роботі зроблено оцінку обсягів робочого часу на виконання операцій прохідницького циклу та рекомендовано шляхи забезпечення необхідних результатів раціонального підбору машин комплексу прохідницького обладнання;

- в результаті проведених досліджень в якості такого комплексу для проходки горизонтальних підземних гірничих виробок малого перетину запропоновано використання вітчизняного або закордонного самохідного обладнання на пневмошинному ході у складі шахтної бурильної установки, навантажувально-транспортної машини та допоміжної установки для перевезення матеріалів і обладнання та механізованого зведення аркового металевго кріплення;

- для визначення експлуатаційної ефективності пропонованого комплексу проведено аналіз організації проходки виробок перетином 6-7 м² самохідним обладнанням у складі бурильної установки УБШ-2... (або УБШ-208А) (1 шт.), навантажувально-транспортної машини ПД-2Е (1 шт.) та машини для доставки матеріалів і зведення кріплення МД-2 (1 шт.) у порівнянні з виконанням цієї ж роботи за допомогою бурильних установок УПБ-1А (2 шт.) та скреперних лебідок 30ЛС-2СМА (3 шт.). Аналіз результатів порівняльного аналізу показує, що новий варіант обладнання забезпечує 4320 м пройдених виробок за рік у порівнянні з 1037 м

у базовому варіанті, тобто підвищення продуктивності процесу проходки більше, ніж у 4 рази.

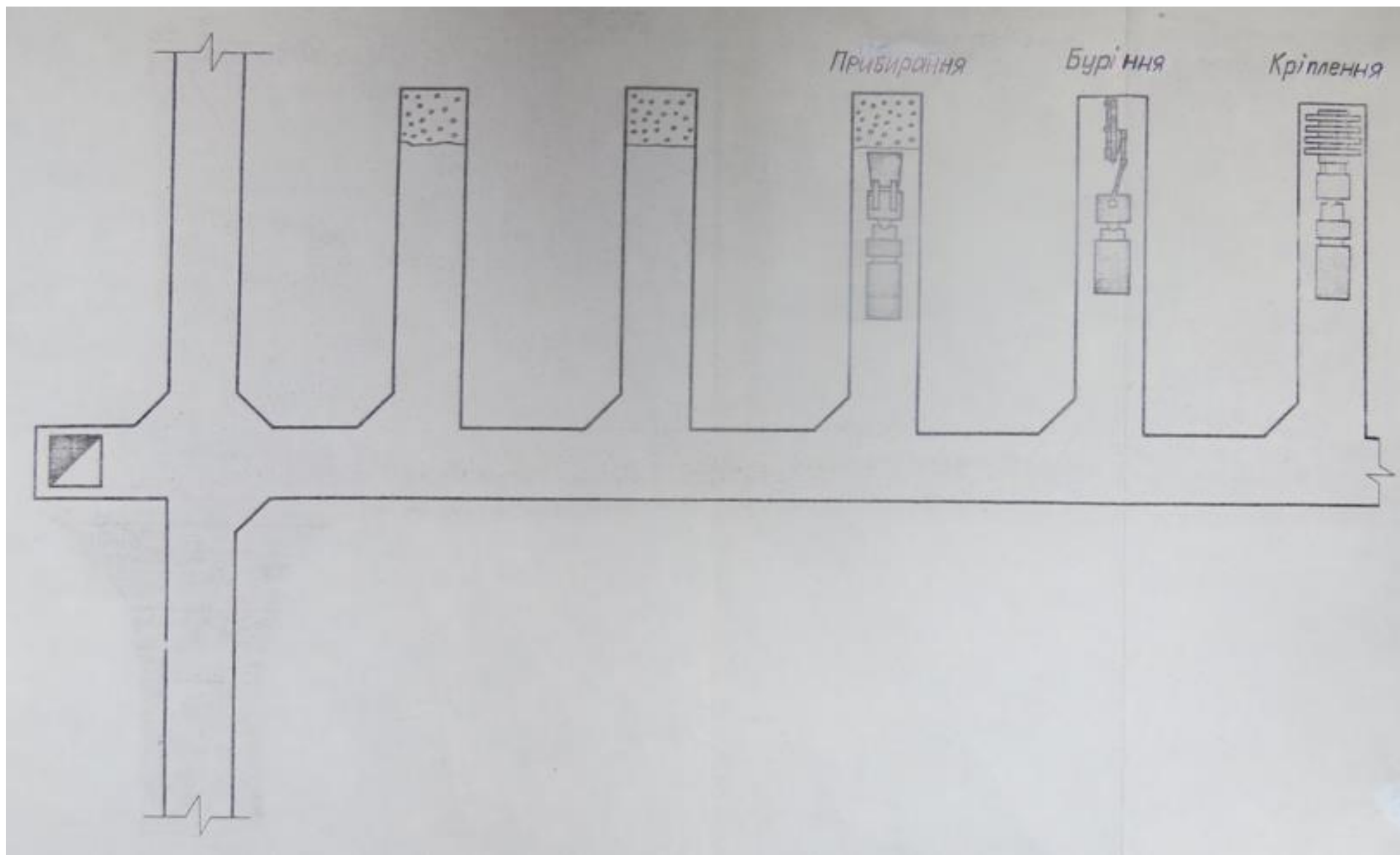
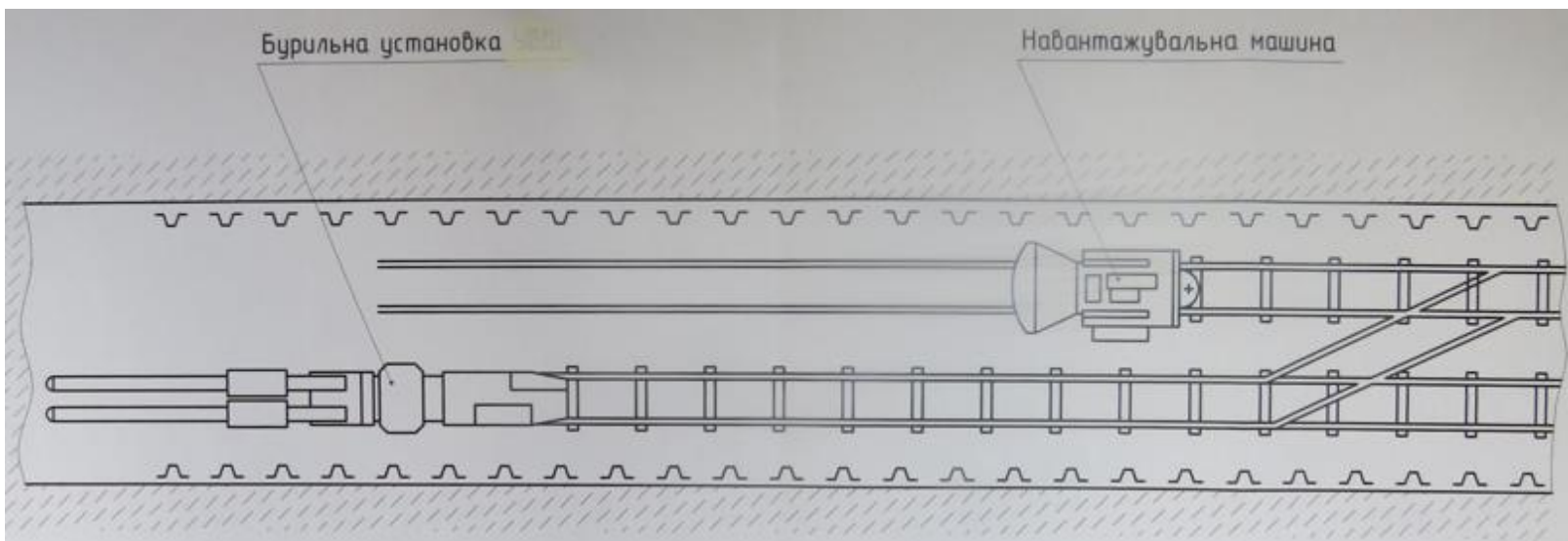
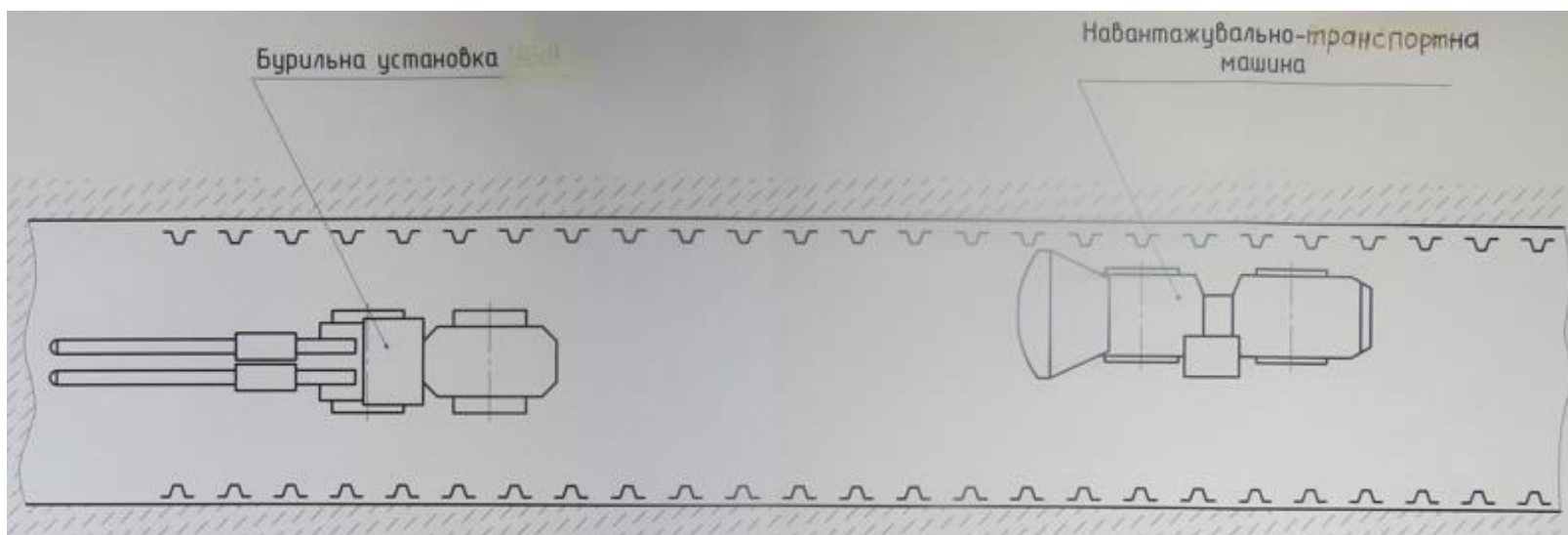


Рисунок 3.1 – Схема багатозабійної організації роботи прохідницького комплексу самохідних машин

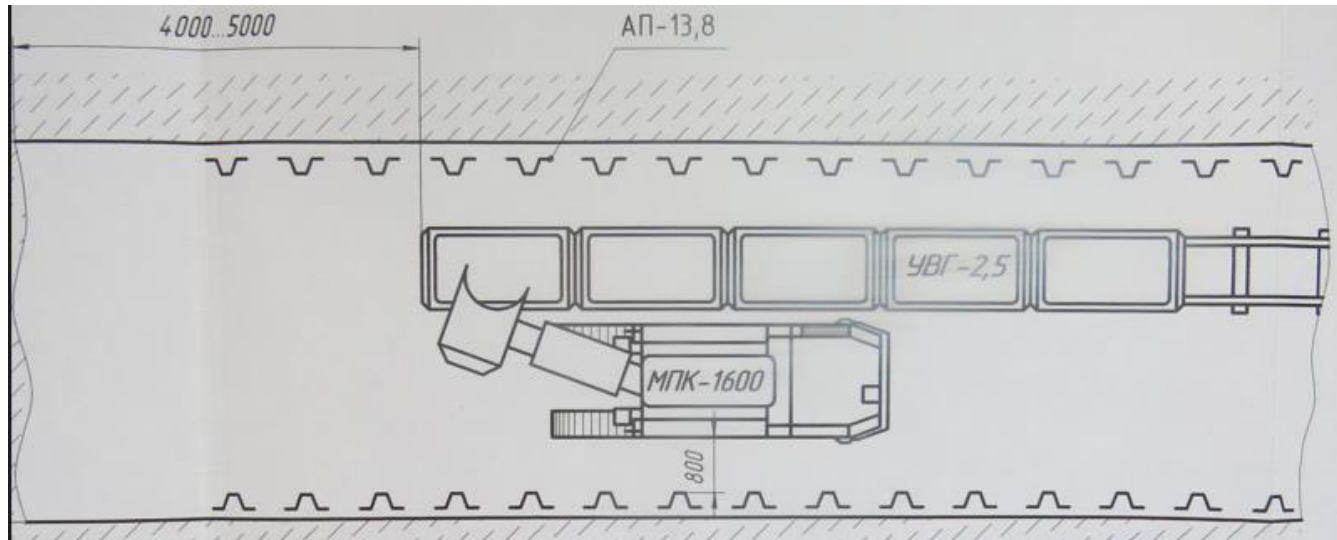


а

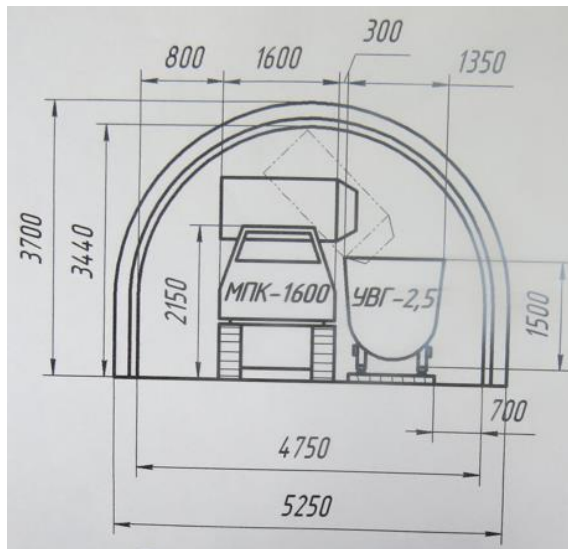


б

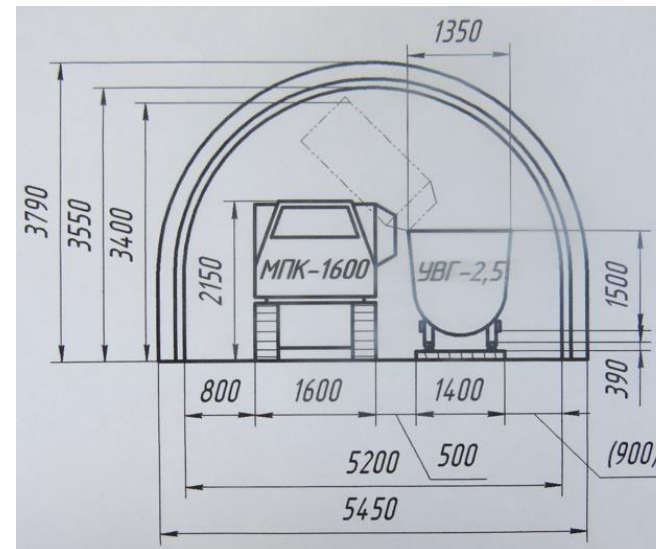
Рисунок 1.11 – Варіанти розташування у прохідницькому забої бурильного та навантажувального обладнання:
а – на колісно-рейковому ході; *б* – на пневмошинному ході



а

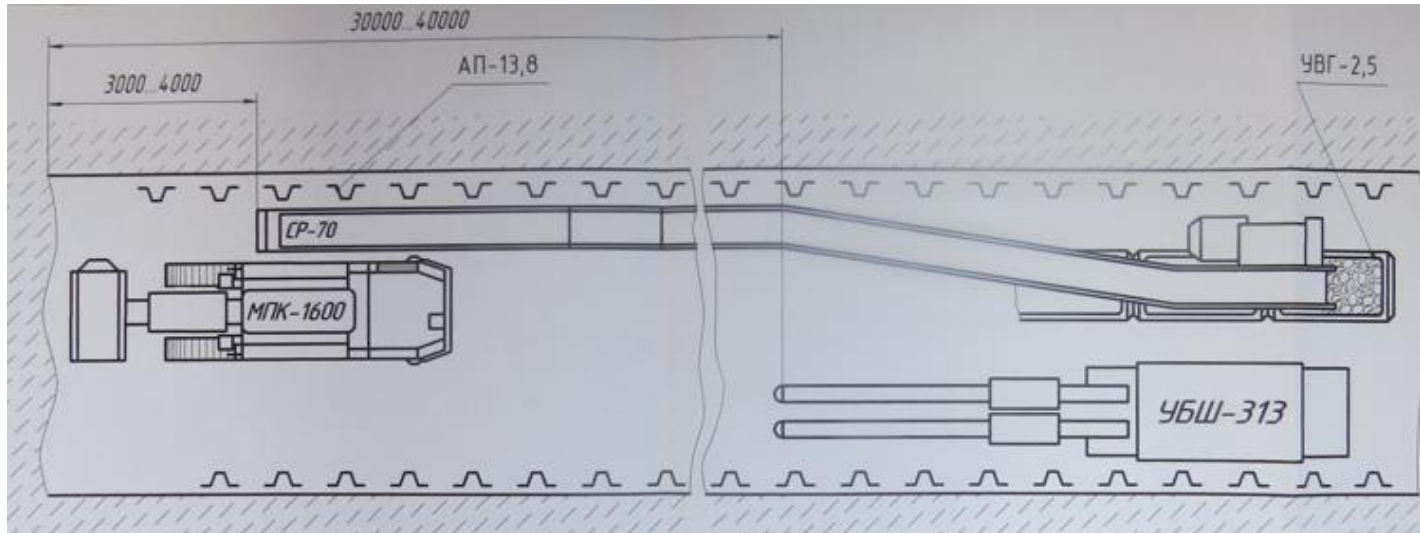


б

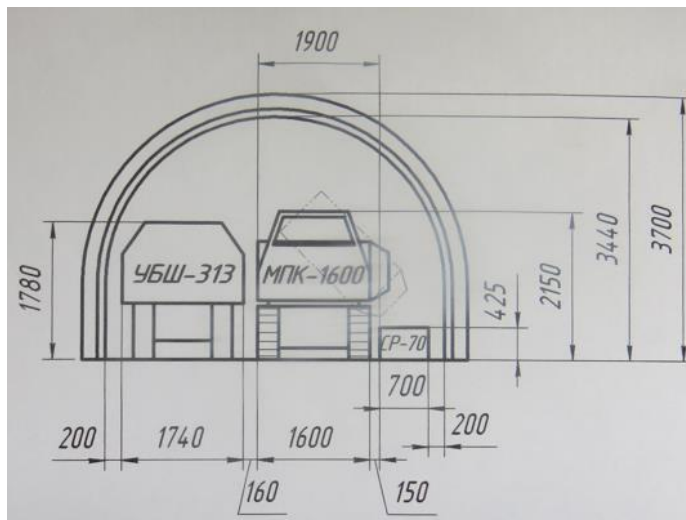


в

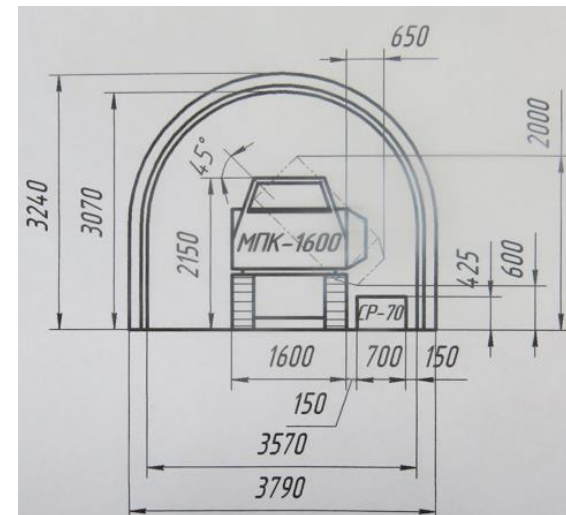
Рисунок 1.9 – Схеми розташування навантажувальної машини МПК-1600 на гусеничному ході і вагонів електровозної відкатки УВГ-2,5 у проходницькому забі з поперечним перетином у світлі 12,8 (а, б) та 15,5 м² (в)



а



б



в

Рисунок 1.10 – Схеми розташування навантажувальної машини МПК-1600 на гусеничному ході і скребкового конвеєра СР-70 у проходницькому забої з поперечним перетином у світлі 12,8 (а, б) та 8,5 м² (в)

Таблиця 1.4 – Типорозмірний ряд шахтних бурильних установок (УБШ) за класифікацією ВАТ «КриворіжНДПрудмаш»

Розмірна група	Тип установки	Кількість бурильних машин	Вид енергії живлення бурильної головки	Тип ходової частини	Коефіцієнт міцності породи за шкалою проф. М.М. Протод'яконова	Розміри забою з арковим кріпленням у світлі (висота х ширина), м, не менше
1	О	1	Е або Г	К, Г, П	2-8	2,0 х 2,2
	ОУ	1	П або Г		8-18	
2	О	1 або 2	Е або Г	К, Г, П	2-8	2,5 х 3,3
	ОУ		П або Г		8-16	
3	О	1 або 2	Е або Г	К, Г, П	2-8	3,6 х 4,5
	ОУ		П або Г		8-18	
4	О	2	Е або Г	Г або П	2-8	5,0 х 6,0
	ОУ	2	П або Г		8-18	
5	О	2 або 3	Е або Г	П	2-8	7,0 х 8,4
	ОУ		П або Г		8-20	

Примітки:

- тип установки: О – обертової дії; ОУ – ударно-обертової дії;
- вид енергії живлення бурильної головки: Е – електрична; Г – гідравлічна; П – пневматична;
- тип ходової частини: К – колісно-рейкова; Г – гусенична; П – пневмошинна

Таблиця 1.5 – Технічні характеристики шахтних бурильних установок різних виробників

Тип установки	Зона буріння (висота х ширина), м	Глибина буріння, м	Кількість бурильних машин	Тип бурильної машини	Тип ходової частини	Довжина, мм	Ширина, мм	Висота, мм
Вітчизняного виробництва								
УБШ-207	3,2 х 4,0	2,5	2	Б106	колісно-рейковий	6500	1300	1500
УБШ-227	3,5 х 4,0	2,7	1	Б106	колісно-рейковий	6900	1300	1650
УБШ-308У	4,0 х 5,0	2,8-3,2	2	БГА-2М	гусеничний	7800	1600	1700
УБШ-201А	3,3 х 4,0	2,2	2	Б106	пневмошинний	6050	1450	1600
УБШ-312А	5,0 х 7,0	3,9	2	Б106	пневмошинний	12000	2000	2500
Виробництва фірми «Atlas Copco» (Швеція)								
Boomer 104	4,7 х 4,8	2,5-3,7	1	СОР 1838	пневмошинний	9700	1200	2700
Boomer 281	6,1 х 6,1	3,1-4,9	1	СОР 1838	пневмошинний	10700	1650	2800
Boomer 282	6,4 х 8,7	3,1-4,9	2	СОР 1838	пневмошинний	11800	2000	3000
Boomer М2С	6,8 х 8,7	5,0	2	СОР 1838	пневмошинний	13600	2200	3000
Виробництва фірми «Sandvik Tamrok» (Фінляндія)								
DD 311-40	5,83 х 7,2	4,66	1	HLX 5	пневмошинний	11870	1850	3100
DD 321-40	6,06 х 8,82	4,66	2	HLX 5	пневмошинний	12550	2150	3200
DD 421-60	6,69 х 9,97	4,66	2	HLX 5	пневмошинний	13000	2310	3420

Таблиця 1.6 – Технічні характеристики навантажувально-транспортних машин різних виробників

Тип машини	Вантажопідйомність, т	Місткість ковшу, м ³	Потужність приводу, кВт	Габаритні розміри (довжина x ширина x висота), мм	Маса, кг
Вітчизняного виробництва					
ПД-5А	6,0	3,0	100,0	8000 x 2200 x 1850	15000
ПД-8	8,0	4,0	147,0	9000 x 2500 x 2500	22400
МПД-4	9,2	3,8	170,0	9710 x 2540 x 2350	24000
Виробництва фірми «Atlas Copco» (Швеція)					
EST 2D	3,6	2,0	56,0	6880 x 1520 x 2090	11400
EST 3,5	6,0	3,4	74,6	8850 x 2120 x 2120	17000
ST 1030	10,0	5,6	186,0	9750 x 2560 x 2360	26300
ST 1520	15,0	7,5	298,0	11320 x 2920 x 2650	41300
Виробництва фірми «Sandvik Tamrok» (Фінляндія)					
LH 203	3,5	1,75	63,0	6970 x 1480 x 1840	8700
LH 307	6,7	3,3	142,0	8610 x 2230 x 2200	17200
LH 409E	9,6	4,6	110,0	9740 x 2530 x 2320	24500
LH 410	10,0	5,4	187,0	9680 x 2550 x 2400	26200
LH 514	14,0	6,0	243,0	10510 x 2840 x 2540	33700
LH 517	17,2	8,4	298,0	11120 x 3000 x 2750	44000



а



б

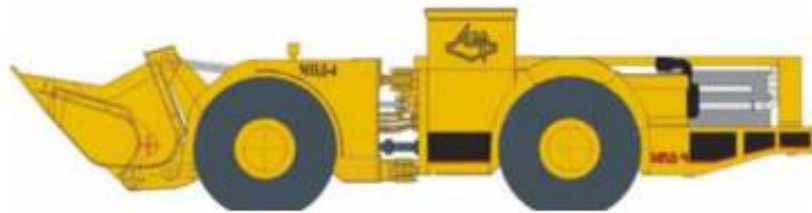


в



г

Рисунок 1.4 – Загальний вид деяких конструкцій самохідних шахтних бурильних установок:
а, б – виробництва НДПрудмаш (відповідно УБШ-207 та УБШ-312А);
в – Rocket Boomer 281 («Atlas Copco», Швеція); *г* – DD 311-40 («Sandvik Tamrock», Фінляндія)



a



б



в



г

Рисунок 1.6 – Загальний вид деяких конструкцій навантажувально-транспортних машин:
a, б – вітчизняного виробництва (відповідно МПД-4 та ПД-5А);
в – EST 2D («Atlas Copco», Швеція); *г* – TORO 1400 («Sandvik Tamrock», Фінляндія)

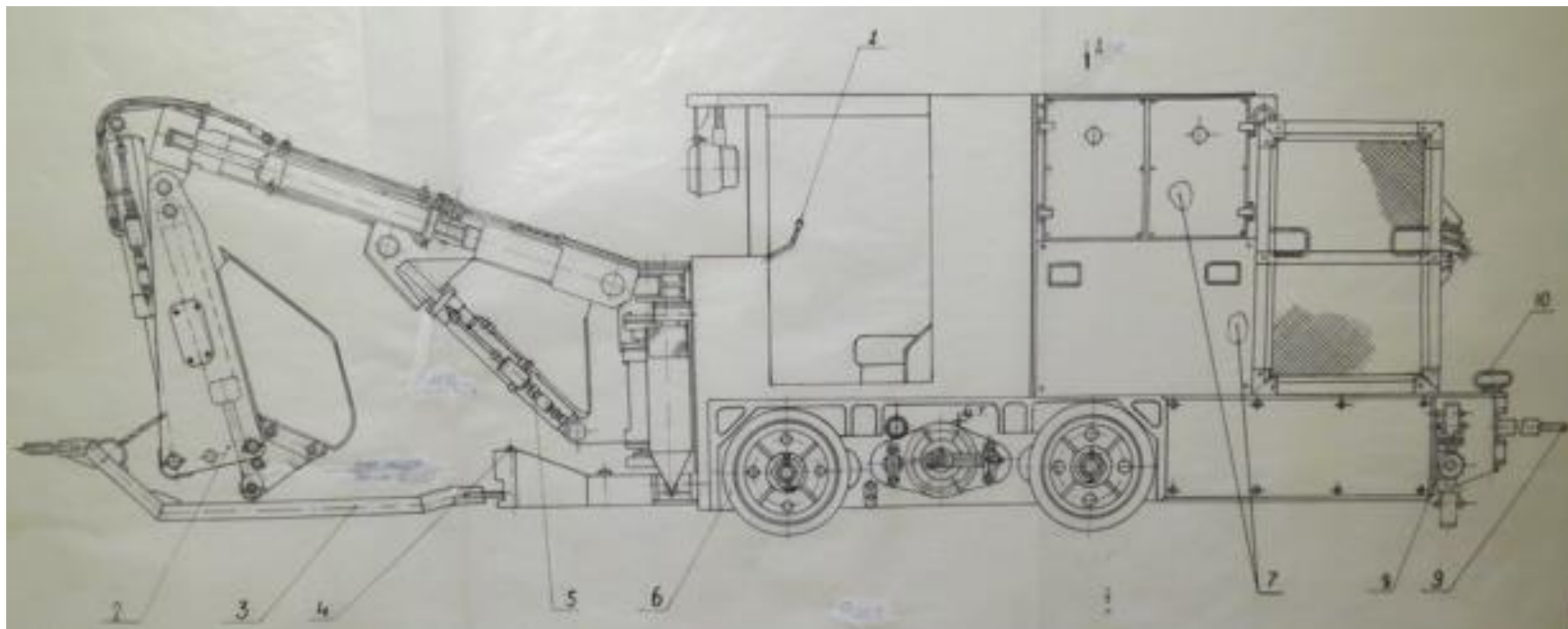


Рисунок 1.8 – Принципова схема вантажника ВБШ-0,35:
1 – система керування; 2 – частина забірна; 3, 9 – тяги; 4, 10 – пальці; 5 – підвіска вантажопідйомна; 6 – візок ходовий; 7 – система гідравлічна; 8 – захвати рейкові

Таблиця 4.3 – Графік організації робіт під час проведення підповерхових горизонтальних виробок за допомогою існуючого обладнання (бурильних установок УПБ-1А та скреперних лебідок 30ЛС-2СМА)

№ за-бою	Операції прохідн. циклу	1 зміна							перерва	2 зміна							перерва	3 зміна							перерва	4 зміна							перерва		
		1	2	3	4	5	6	7		1	2	3	4	5	6	7		1	2	3	4	5	6	7		1	2	3	4	5	6	7			
1	Б																																		
	З-П-П																																		
	Пр																																		
	К																																		
2	Б																																		
	З-П-П																																		
	Пр																																		
	К																																		
Кількість циклів проходки виробок протягом зміни		1								1								1								1									

Примітки: Б – буріння; З-П-П – зарядження, підривання та провітрювання; Пр – прибирання; К – кріплення

Таблиця 4.4 – Змінна продуктивність та використання існуючого обладнання протягом робочої зміни

Кількість циклів проходки у середньому за зміну	Посунення забою за цикл проходки, м	Середньо-змінна продуктивність, м/зміну	Тип обладнання		Кільк., шт.	Обсяг робіт		Технічна продуктивність	Оперативний час роботи обладнання протягом зміни, год	Коефіцієнт внутрішньо-змінного використання обладнання
						на 1 м виробки	протягом зміни			
1	1,62	1,62	Бурильна установка УПБ-1А		2	27,22 м	44,1 м	9,5 м/год	4,6	0,66
			Скреперні лебідки 30ЛС-2СМА	у прохідницьких забоях	2	13,44 м ³	21,77 м ³	20,4 м ³ /год	1,1	0,16
				в акумуляційній виробці	1	13,44 м ³	21,77 м ³	21,7 м ³ /год	1,0	0,14

Таблиця 4.5 – Тривалість операцій прохідницького циклу при використанні існуючого обладнання

Категорія гірничих порід за буримістю	Перетин виробки у світлі, м ²	Глибина буріння шпурів, м	Операції прохідницького циклу	Обсяг робіт за цикл проходки	Склад ланки, чол.	Норма виробки на ланку	Тривалість операцій, год
XII-XIV	6,7	1,8	Буріння шпурів	44,1 м	1	54,3 м	5,68
			Заряджання та підривання	44,1 м	2	306 м	1,00
			Прибирання гірничої маси	21,77 м ³	2	115,4 м ³	1,32
			Кріплення виробки	1,62 рами	2	4,0 рами	2,84

Таблиця 4.6 – Графік організації робіт під час проведення підповерхових горизонтальних виробок за допомогою пропонованого комплексу самохідного обладнання

№ за-бою	Операції проходн. циклу	1 зміна							перерва	2 зміна							перерва	3 зміна							перерва	4 зміна							перерва							
		1	2	3	4	5	6	7		1	2	3	4	5	6	7		1	2	3	4	5	6	7		1	2	3	4	5	6	7								
1	Б																																							
	З-П-П																																							
	Пр																																							
	К																																							
2	Б																																							
	З-П-П																																							
	Пр																																							
	К																																							
3	Б																																							
	З-П-П																																							
	Пр																																							
	К																																							
4	Б																																							
	З-П-П																																							
	Пр																																							
	К																																							
5	Б																																							
	З-П-П																																							
	Пр																																							
	К																																							
Кільк. циклів проходки виробок протягом зміни		3								3								3								3														

Примітки: Б – буріння; З-П-П – зарядження, підривання та провітрювання; Пр – прибирання; К – кріплення

Таблиця 4.7 – Змінна продуктивність та використання обладнання самохідного прохідницького комплексу протягом робочої зміни

Кількість циклів проходки у середньому за зміну	Посунення забою за цикл проходки, м	Середньо-змінна продуктивність, м/зміну	Тип обладнання	Кільк., шт.	Обсяг робіт		Технічна продуктивність	Оперативний час роботи обладнання протягом зміни, год	Коефіцієнт внутрішньо-змінного використання обладнання
					на 1 м виробки	протягом зміни			
3	2,25	6,75	Самохідна бурильна установка	1	27,22 м	183,7 м	45 м/год	4,08	0,58
			Навантажувально-транспортна машина	1	13,44 м ³	90,72 м ³	18 м ³ /год	5,04	0,72
			Машина для зведення аркового кріплення	1	1 рама	6,75 рам	1,5 рам/год	4,50	0,64

Таблиця 4.8 – Тривалість операцій прохідницького циклу при використанні самохідного прохідницького комплексу

Категорія гірничих порід за буримістю	Перетин виробки у світлі, м ²	Глибина буріння шпурів, м	Операції прохідницького циклу	Обсяг робіт за цикл проходки	Склад ланки, чол.	Норма виробки на ланку	Тривалість операцій, год
XII-XIV	6,7	2,5	Буріння шпурів	61,2 м	1	215 м	1,99
			Зарядження та підривання	61,2 м	2	362 м	1,18
			Прибирання гірничої маси	30,24 м ³	1	97,6 м ³	2,17
			Кріплення виробки	2,25 рами	2	8,0 рам	1,97