

Панасюк Анатолій Сергійович

Магістерська робота

**Дослідження та розробка вихідних даних для створення комбайну
бурильного типу для проходки коротких висхідних виробок**

Керівник

доц., к.т.н. Хруцький А.О.

ВСТУП

Розробка рудних родовищ підземним способом вимагає проходки цілої низки вертикальних і горизонтальних гірничих виробок для розкриття родовища (потрібно впритул підійти до рудного тіла, що знаходиться під землею, оточене супутніми порожніми породами) та підготовки його до очисного виймання (рудне тіло необхідно розділити на окремі об'єми, зручні для перетворення цих скельних масивів за допомогою підривних робіт на суміш транспортабельних шматків, та вивезти цю руду на поверхню засобами внутрішньошахтного транспорту). Для належної організації усіх цих робіт будуються капітальні, підготовчі, нарізні, транспортні, господарчі, вентиляційні та інші виробки різного поперечного перетину, довжини і напрямку [1-3].

Гірничопрохідницькі роботи характеризуються значною трудомісткістю і потребують великих матеріальних, енергетичних та людських витрат. Особливо це стосується процесу проходки висхідних виробок у міцних гірничих породах. Він суттєво ускладнений напрямком робіт, необхідністю здійснення технологічних операцій прохідницького циклу у підвішеному стані механічного обладнання в умовах надзвичайно стисненого простору поперечного перетину виробки. З іншого боку, потреба в таких виробках дуже висока. Висхідні виробки широко розповсюджені на етапах підготовки та проведення операцій очисного виймання руди. Рудозвальні виробки потрібні для скидання випущеної з очисного блоку гірничої маси на нижні транспортні горизонти, вентиляційні служать для провітрювання шахтного поля, ходові використовуються для організації транспортного та інших видів зв'язку між окремими технологічними дільницями тощо [4-13].

До висхідних виробок відносяться також шахтні стовбури, але це великі й складні інженерно-технічні споруди значного (до 6-8 м у діаметрі) поперечного перетину, що обов'язково обладнуються надійним високоміцним кріпленням та постачаються різноманітним устаткуванням для механізації операцій спуску-підйому людей, механічного обладнання, матеріалів та видобутої мінеральної сировини, а також для провітрювання шахти та забезпечення її електроенергією, во-

дою і стисненим повітрям [13-15]. Для проходки шахтних стовбурів застосовується спеціалізована техніка, розгляд якої не передбачається темою даної роботи. В рамках останньої увага зосереджується виключно на висхідних виробках місцевого призначення (без виходу на поверхню, у міжповерхових межах шахтного поля).

Усе вищесказане свідчить про надзвичайну важливість вирішення проблем дослідження, проектування, виготовлення та впровадження у практичну експлуатації нового високоефективного гірничопрохідницького обладнання (а також удосконалення вже існуючих машин і комплексів) для будівництва підземних виробок висхідного типу. З огляду на це, актуальність теми представленої магістерської роботи, присвяченої розробці вихідних даних для створення комбайну бурильного типу для проходки коротких висхідних виробок, не викликає жодних сумнівів.

Об'єкт дослідження – технологічний процес проходки підземних висхідних гірничих виробок способом буріння на повний перетин.

Предмет дослідження – комбайн бурильного типу для проходки коротких висхідних виробок.

1 ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ОБЛАДНАННЯ

1.1 Короткий огляд технологічних способів проходки висхідних підземних гірничих виробок

Висхідні підземні виробки зазвичай мають вертикальну або наближену до неї орієнтацію у просторі (від 0 до 15° відносно вертикалі), а їх довжина залежить від висоти поверху і найчастіше може досягати 100 м. Утім, бувають висхідні виробки протяжністю у декілька поверхів. Деякі з них на окремих ділянках можуть змінювати напрямок. Від довжини (висоти) висхідної виробки у значному ступені залежить вибір способу її проходки. Найскладніше будувати виробки довжиною 70-100 м і більше. У цих випадках виникають додаткові проблеми, пов'язані з провітрюванням, підйомом матеріалів та обладнання, пересуванням людей тощо. Що стосується форми і розмірів поперечного перетину, то для виробок ходового та господарського призначення, які можуть мати два-три відділення, більше підходить квадратна чи прямокутна форма з розмірами у світлі від 1200x1500 до 3000x2500 мм. Там, де потрібно мінімізувати опори руху гірничої маси або повітря (наприклад, в рудоспусках або вентиляційних виробках), використовують перетини круглої форми діаметром від 1 до 3 м [16].

Способи проходки висхідних виробок можна розділити на два основних класи: буропідривні та безвибухові.

У перших, які мають циклічний характер, для руйнування міцного гірничого масиву бурять висхідні прохідницькі шпури, які потім заряджають вибухівкою і підривають. До складу прохідницького циклу, таким чином, входять операції буріння, заряджання, підриву, прибирання відбитої гірничої маси, провітрювання тупикового прохідницького забою. Роботи, які ведуться, як правило, знизу-нагору, сильно ускладнюються необхідністю постійного пересування людей, механічного обладнання та матеріалів у вертикальному напрямку, труднощами фіксації устаткування у різних місцях виробки, наявністю великих обсягів ручних операцій, важкими санітарно-гігієнічними умовами праці прохідників, значною небез-

пекою проведення робіт. Усе це стає причиною суттєво вищих трудових витрат на виймання 1 м³ гірничої маси під час проходки вертикальних виробок (у 2-3 рази) та менших темпів робіт (в 1,5-2 рази) у порівнянні з горизонтальними [16].

Безвибухова проходка висхідних виробок шляхом їх буріння на повний перетин вільна від перерахованих недоліків. Такий процес є безупинним і високопродуктивним. Він дозволяє механізувати практично усі технологічні операції і вивести людей із зони забою, що значно підвищує безпеку та покращує умови праці прохідників.

1.2 Аналіз існуючого механічного обладнання для проходки висхідних виробок

1.2.1 Устаткування для буропідривної проходки

Буріння висхідних шпурів під час буропідривної проходки вертикальних і крутопохилих підземних гірничих виробок здійснюється здебільшого за допомогою телескопних перфораторів типу ПТ. Основною проблемою при цьому є створення опорних конструкцій для розміщення бурильника-підричника з перфоратором та зарядним пристроєм. Раніше вона вирішувалася шляхом покрокового зведення тимчасових дерев'яних помостів, що вимагало величезних витрат часу і праці на монтажні-демонтажні операції і не витримувало жодної критики з точки зору незручності та небезпеки гірників під час проходки.

Ситуація змінилася з появою самохідних комплексів типу КПВ та КПРС. На рис. 1.1 показана принципова схема розташування комплексу КПВ під час проходки висхідної виробки. Комплекс складається з двоповерхового самохідного помосту 1 (на нижньому поверсі розташована кабіна для прохідника, в якій він знаходиться під час пересування помосту, а на верхньому – робочий майданчик, з якого ведеться буріння висхідних прохідницьких шпурів через отвори захисного даху), що за допомогою пневмодвигуна 2, редуктора 3 та зубчастого зачеплення може переміщатися по монорейці 4 з рейкою. Монорейка набирається з окремих секцій довжиною 0,75 і 1,5 м з трьома вбудованими трубами для подачі стисне-

Комплекс КПВ

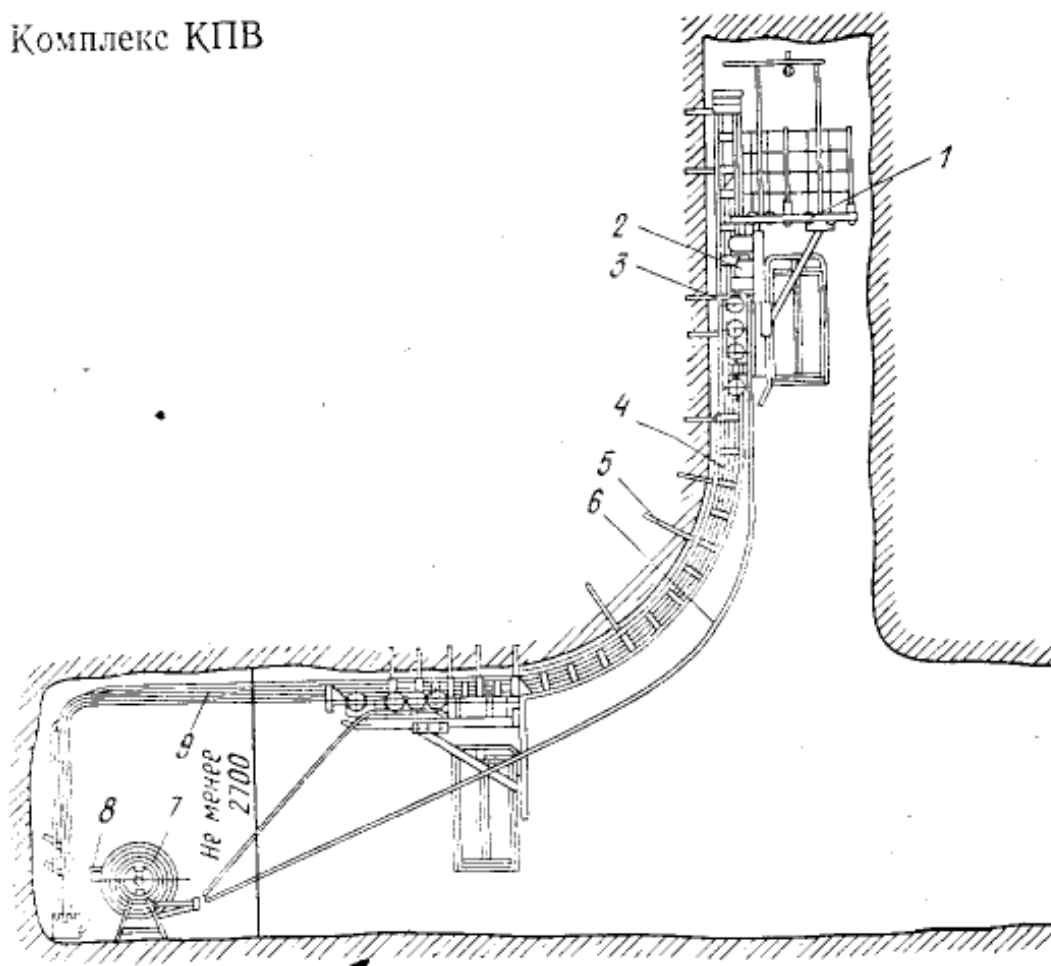


Рисунок 1.1 – Самохідний комплекс КПВ на проходці висхідної виробки:
1 – самохідний поміст; 2 – пневмодвигун; 3 – редуктор; 4 – монорейка;
5 – цангова штанга; 6 – шланг; 7 – шлангова лебідка; 8 9 – труби

ного повітря (дві труби) та води, які кріпляться до стінки висхідної виробки у за-
здалегідь пробурених шпурах за допомогою цангових штанг 5 довжиною 1,2-1,5
м. Стиснене повітря для пневмодвигуна подається по шлангу 6, що під час підйо-
му і спуску помосту автоматично намотується на барабан шлангової лебідки 7,
встановленої на нижче лежачому горизонті. По трубах 8 і 9 до монорейки пода-
ються необхідні для роботи перфоратора вода і стиснене повітря [16].

Проходка висхідної виробки починається з нижчележачого горизонту, на
якому обладнується бічна монтажна камера довжиною не менше 6 м і монтується
початкова криволінійна ділянка монорейки. Початкову ділянку виробки висо-
тою 3-5 м вище монтажної камери проходять з тимчасових дерев'яних помостів.

Далі, у процесі виконання прохідницького циклу прохідник піднімається вже на самохідному помості у забій виробки, закріплює наступну секцію монорейки на його стінці, пробурює висхідні шпури і заряджає їх вибухівкою. Перед підриванням шпурів поміст спускають та укривають його у камері від ушкодження вибухом. Після примусового провітрювання забою цикл повторюється. У табл. 1.1 приведена технічна характеристика самохідного прохідницького комплексу КПВ-1 [16].

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика прохідницького комплексу КПВ-1

| Показники | Значення |
|------------------------------|--|
| Тип | вантажолюдський, самохідний з пневмоприводом |
| Вантажопідйомність, кН | 5 |
| Висота підйому, м | 80 |
| Швидкість, мхв.: | |
| підйому | 12 |
| спуску | 15 |
| Довжина секції монорейки, мм | від 750 до 1500 |
| Двигун: | |
| тип | пневматичний |
| потужність, кВт | 10 |
| Тиск повітря, МПа | 0,5 |
| Габарити, м: | |
| довжина | 1500 |
| ширина | 1500 |
| висота | 1126 |
| Маса, кг | 1140 |

У разі необхідності кріплення проведеної виробки може використовуватися комплекс КПК, який додатково постачений прохідницьким щитом у вигляді каркасу з верхнім і нижнім перекриттями, а для виробок з кутом нахилу від 30 до 60° відносно горизонту та довжиною до 120 м – комплекс КПН з колонковими перфораторами ПК-30К на канатно-поршневих подавальних пристроях.

Часто у практиці шахтного будівництва потрібна проходка висхідних виробок у безпосередній близькості одна відносно іншої. У таких випадках може бути застосований комплекс КПРС-1 (рис. 1.2). Розворот самохідного помосту під час переїзду від однієї висхідної виробки до іншої здійснюється за допомогою поворотних пристроїв. Кожен з останніх складається з хрестовини, на якій закріплені чотири кінцеві секції з роликами. На роликах обертається поворотний круг з поворотною секцією, яка у горизонтальній площині (через поворотний круг) утримується чотирма роликами, закріпленими на хрестовині. Фіксацію поворотної секції у тому чи іншому положенні забезпечує фіксатор [16].

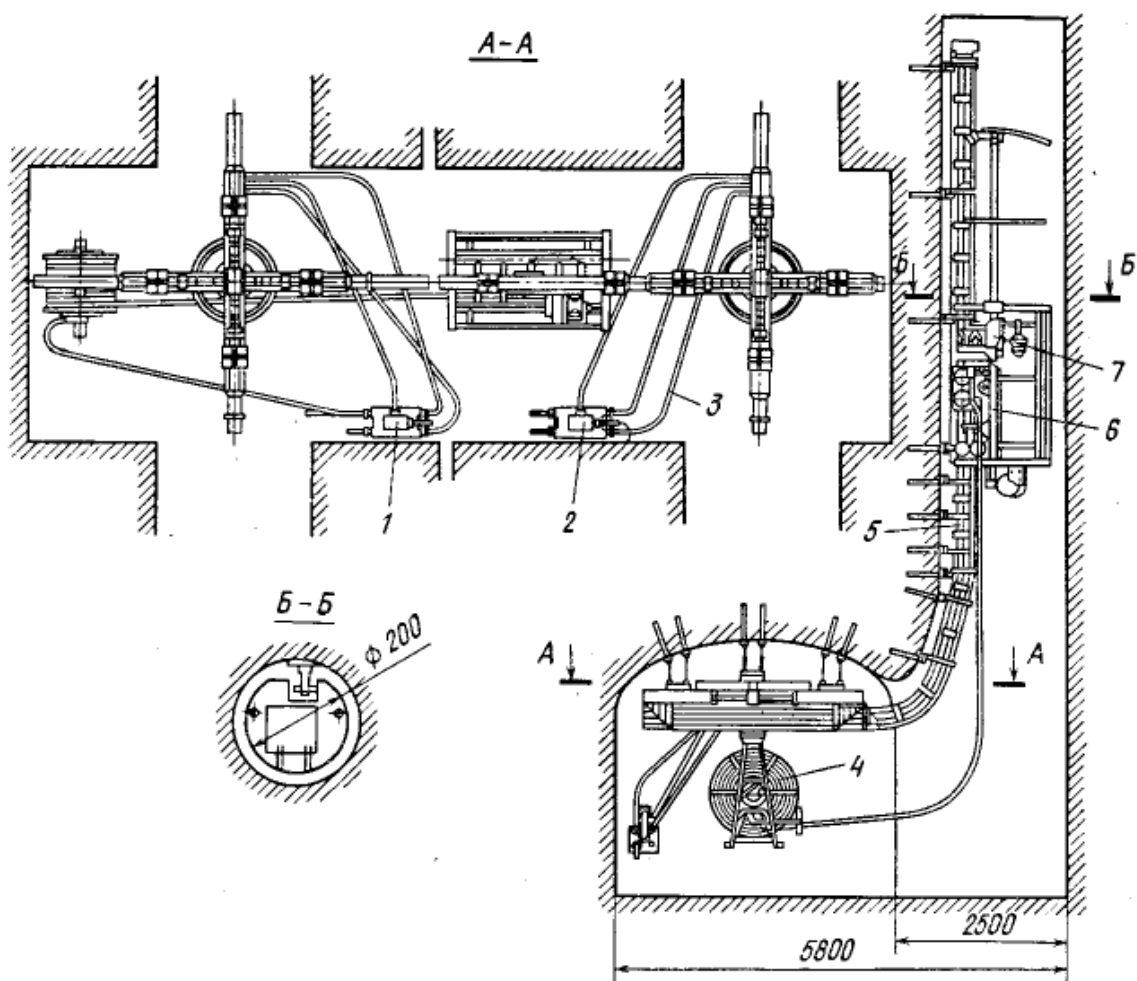


Рисунок 1.2 – Самохідний прохідницький комплекс КПРС-1:
 1 – блок відбору проб; 2 – блок живлення; 3 – пневмогідророзводка; 4 – шлангова лебідка з кареткою; 5 – монорейка; 6 – самохідний поміст; 7 – апаратура зв'язку

Можна також згадати спосіб буропідривної проходки висхідних виробок за допомогою кліті, яка підвішується на тросі, пропущеному у задалегідь пробурену

по осі майбутньої виробки свердловини діаметром 90-300 мм. Далі процес проходки виробки здійснюється аналогічно описаному вище з тією різницею, що замість самохідного помосту використовується підвісна кліть [16].

1.2.2 Устаткування для бурової проходки

Перші зразки такого обладнання з'явилися досить давно, практично двісті років тому, але вони були призначені для роботи у досить слабких породах, таких як вугілля, глинисті сланці, крейда. Розробка конструкцій для більш міцних порід на довгий час була затримана винаходом динаміту, який значно знизив собівартість буропідривної проходки. Лише на початку другої половини минулого століття буровий спосіб проходки почав знову розвиватися. Були створені установки, що дозволили проходити виробки у породах високої міцності (до 300 МПа і більше). Номенклатура подібного обладнання дуже різноманітна внаслідок використання різних технологій буріння з точки зору послідовності операцій руйнування забою, режимів його обробки, видів переданої на забій енергії та технічних засобів здійснення процесу проходки.

На рис. 1.3 показані можливі технологічні схеми проходки висхідних виробок бурильним способом [7]. У залежності від призначення виробки та конкретних гірничо-геологічних умов підприємства процес буріння може здійснюватися як з верхнього горизонту на нижній (рис. 1.3а, б), так і навпаки (рис. 1.3в, г, д, е); відразу усієї виробки (рис. 1.3г) або з попереднім бурінням пілотної свердловини вниз (рис. 1.3а) чи нагору (рис. 1.3в) і подальшим її розширенням до повного перетину у зворотному напрямку (рис. 1.3б, д, е).

З відомих конструкцій прохідницького обладнання бурильного типу для використання в гірничих породах відносно невисокої міцності можна згадати установку «Стріла-77», що знайшла широке застосування у вугільній промисловості (рис. 1.4) [4,16]. Вона здатна проходити висхідні виробки діаметром 1 м і довжиною до 100 м, під кутом від 40 до 90° відносно горизонталі у породах з коефіцієнтом міцності за шкалою проф. М.М. Протод'яконова $f < 10$. Установка постачена породоруйнуючим інструментом дискового або шарошкового типу, який здійс-

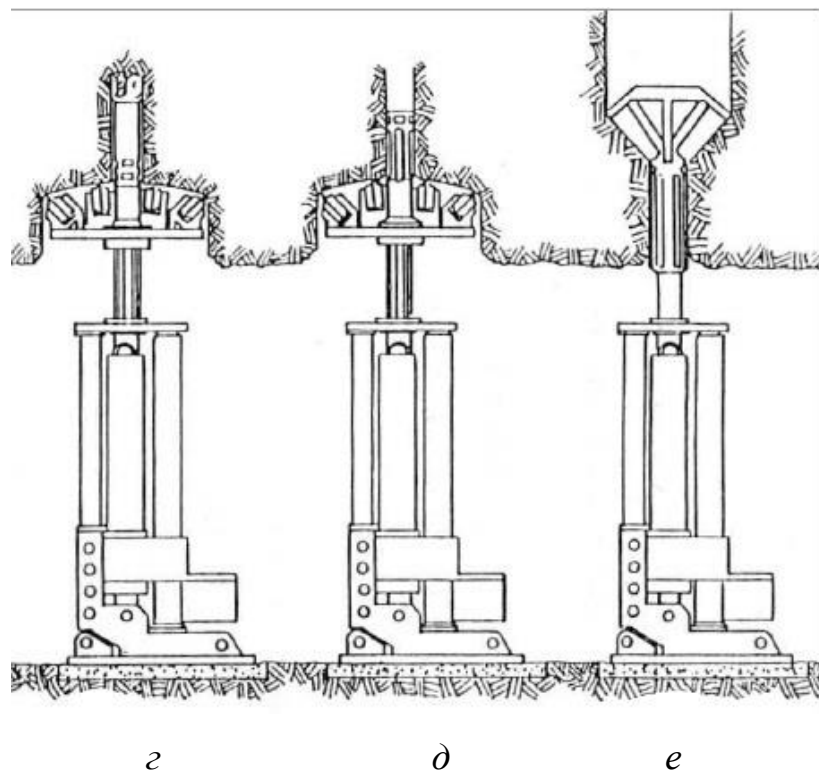
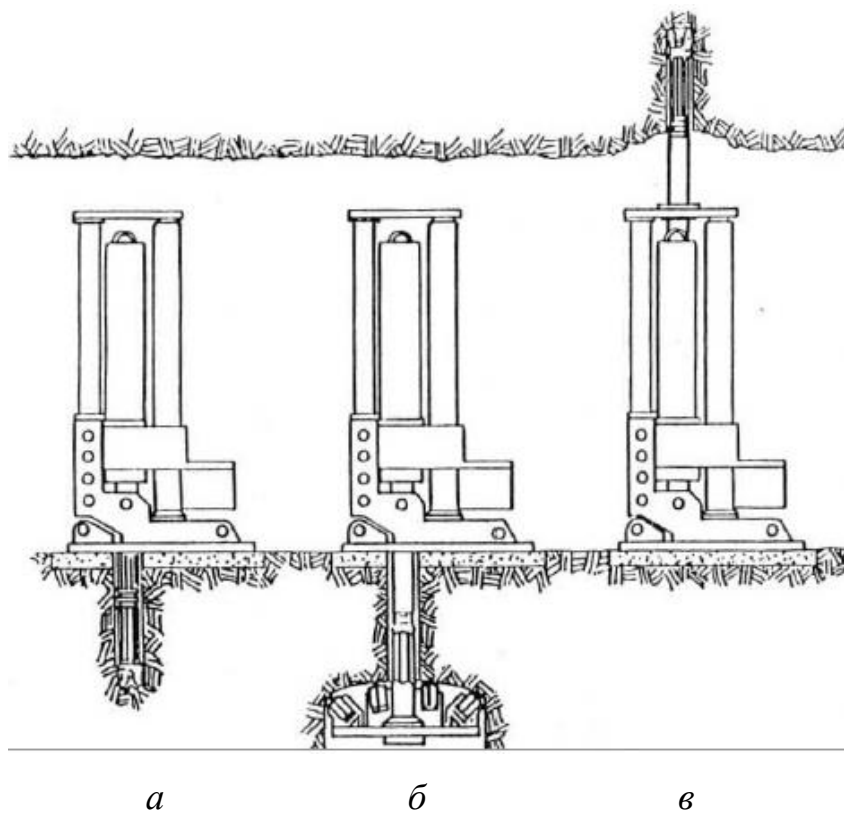


Рисунок 1.3 – Можливі схеми проходки висхідних гірничих виробок бурінням:
a – буріння пілотної свердловини зверху-вниз; *б* – розбурювання знизу-нагору;
в – буріння пілотної свердловини знизу-нагору; *г* – сліпе розбурювання знизу-
нагору; *д* – розбурювання нагору разом з пілотною свердловиною; *е* – пілотно
свердловина нагору, розбурювання вниз

нює планетарний рух відносно забою. Буровий постав при цьому передає осьове зусилля подачі на нього.

Бурильні установки типу БГА різних модифікацій призначені для буріння виробок діаметром до 800 мм по вугіллю будь-якої міцності. Машина БГА-4, наприклад, складається з бурового верстату насосної станції з пультом керування, бурового інструменту, системи пилоуловлювання. Подача бурового інструменту на забій здійснюється за допомогою гідродомкратів, а його обертання забезпечується електродвигуном через редуктор [16].

Бурильний комбайн 2КВ-С використовується для проходки вентиляційних та технічних свердловин з поверхні шахти (рис. 1.5) [16]. Установка змонтована на самохідному шасі УГ-60 і дозволяє бурити свердловини діаметром до 1,8 м і довжиною до 160 м у породах з межею міцності на стискання до 180-200 МПа. Спочатку проходять пілот-свердловину до нижнього горизонту, а потім розбурюють її на повний перетин у зворотному напрямку (див. схеми *а* і *б* на рис. 1.3).

Для буріння у міцних породах використовують, як правило, шарошковий спосіб буріння. Бурильний верстат при цьому складається з трьох основних вузлів: бурильного агрегату 1, бурового поставу 2 та бурового інструменту 3 (шарошкового пілотного долота чи пристрою з декількома шарошками для розбурювання висхідної виробки на повний перетин – розширювача) (рис. 1.6) [7].

Головним вузлом є бурильний агрегат, який забезпечує прикладання осьового зусилля та крутного моменту до бурового поставу з буровим інструментом. На рис. 1.7 показані схема бурильного агрегату однієї з перших вітчизняних установок для буріння висхідних виробок у міцних породах БУВ-800Р (рис. 1.7а) та загальний вигляд бурильного верстату RHINO 400 Н виробництва фінської фірми «Sandvik Tamrock» (рис. 1.7б) [7,16].

Буровий постав збирається з окремих бурових штанг (труб), які з'єднуються між собою за допомогою різьби. До останньої штанги кріпиться пілотне шарошкове долото або розширювач. На рис. 1.8 показана схема одного з розширювачів, якими комплектується бурильний верстат RHINO 400 Н. Він має вісім шарошок, кожна з яких під час його роботи описує певну траєкторію руху у забої [7].

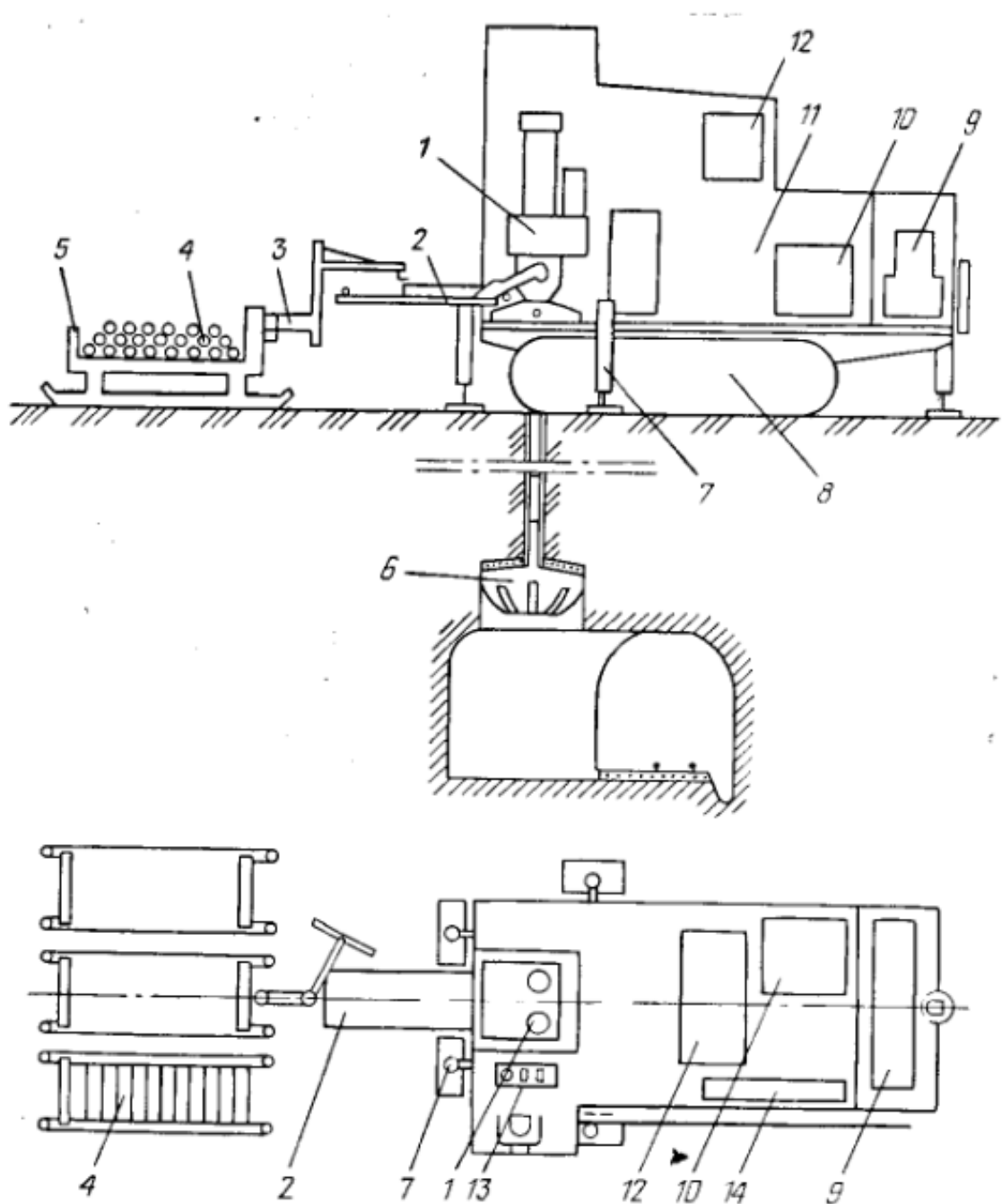


Рисунок 1.5 – Бурильний комбайн 2КВ-С:

1 – бурильний верстат; 2 – маніпулятор; 3 – підйомник; 4 – постав бурових штанг; 5 – платформа; 6 – розбурювач; 7 – гідродомкрат; 8 – ходовий візок; 9 – компресор; 10 – маслостанція; 11 – кузов; 12, 14 – електрошафи відповідно керування і ходу; 13 – пульт керування

Сучасний світовий ринок гірничопрохідницького обладнання пропонує широку номенклатуру бурильних верстатів шарошкового типу для проходки висхідних виробок у породах будь-якої міцності і за будь-якою технологічною схемою. Прикладами провідних закордонних фірм, відомих продукцією подібного роду, є

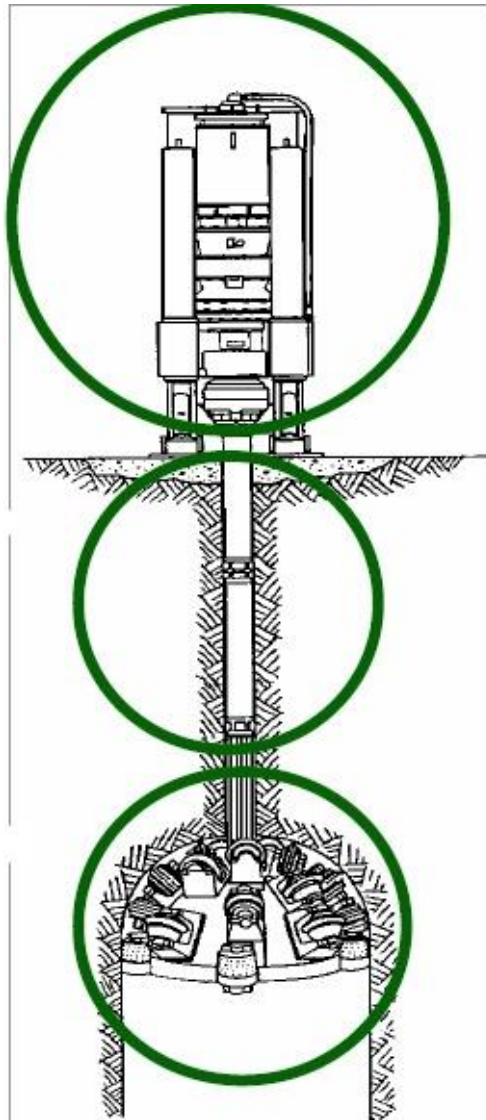


Рисунок 1.6 – Основні частини бурильного верстату:
1 – бурильний агрегат; 2 – буровий постав; 3 – буровий інструмент

згадана вище фінська «Sandvik Tamrock» (зокрема, бурильний верстат RHINO 400 Н працює за схемою роботи, показаною на рис. 1.3а, б), а також американська «Robbins», що випускає цілу гаму верстатів, які забезпечують можливість буріння вертикальних і крутопохилих висхідних виробок діаметром від 0,6 до 6,0 м і глибиною до 1000 м [7].

Серед вітчизняних зразків такого обладнання чільне місце займають бурильні комбайни типу КВ розробки інституту ВНДПрудмаш (м. Кривий Ріг) [5-7,11,12,16]. Наприклад, за схемою верстату RHINO 400 Н (рис. 1.3а, б) працює комбайн 2КВ-А, показаний на рис. 1.9. Установка призначена для проходки висхід-

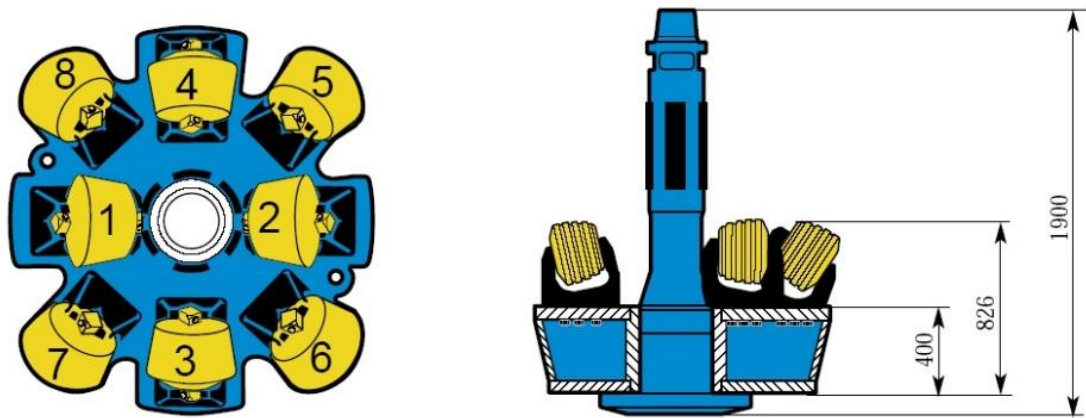


Рисунок 1.8 – Розширювач бурильного верстату RHINO 400 Н

дних виробок глибиною до 160 (185) м і діаметрами 1,25; 1,5 та 1,8 м. Комбайн представляє собою комплекс взаємопов'язаних механізмів, головним з яких є бурильний верстат 4, що разом з маніпулятором 8 забезпечує виконання основних технологічних операцій проходки – буріння пілот-свердловини шарошковим долотом зверху-донизу та розширення її у зворотному напрямку на повний перетин виробки за допомогою розбурювача 7, постаченого вісьма шарошками. Комплект бурового поставу комбайну складається з бурових штанг 5, штанг-стабілізаторів 9 та перехідників 10 і 11. Обертання бурового поставу разом з буровим інструментом здійснюється обертачем бурильного верстату, що живиться двома електродвигунами постійного струму потужністю 55 кВт кожний. Обертач пересувається вниз і нагору уздовж чотирьох напрямних за допомогою гідроциліндрів осьової подачі верстату. Керує двигунами тиристорний перетворювач, розміщений у шафі керування блока живлення 1. Оператор комбайну працює з дистанційного пульта керування 2.

Описана схема роботи отримала найбільше розповсюдження у гірничій практиці. Удосконалена конструкція комбайну 2КВ-3000 вже має можливість проходки висхідних виробок діаметрами 2,24; 2,5; 3,15 та 3,55 м і висотою до 400 м.

Комбайн 1КВ1 працює за схемою роботи суцільним забоєм знизу-нагору, показаною на рис. 1.3г. Ця схема не вимагає обов'язкового сполучення висхідної виробки з двома горизонтами (верхнім і нижнім), спорудження монтажної камери

на верхньому горизонті (як це робиться для комбайну 2КВ), спеціального очищення забою під час буріння. Можливе розташування обладнання бурильного комбайну типу 1КВ1 у такому випадку приведено на рис. 1.10.

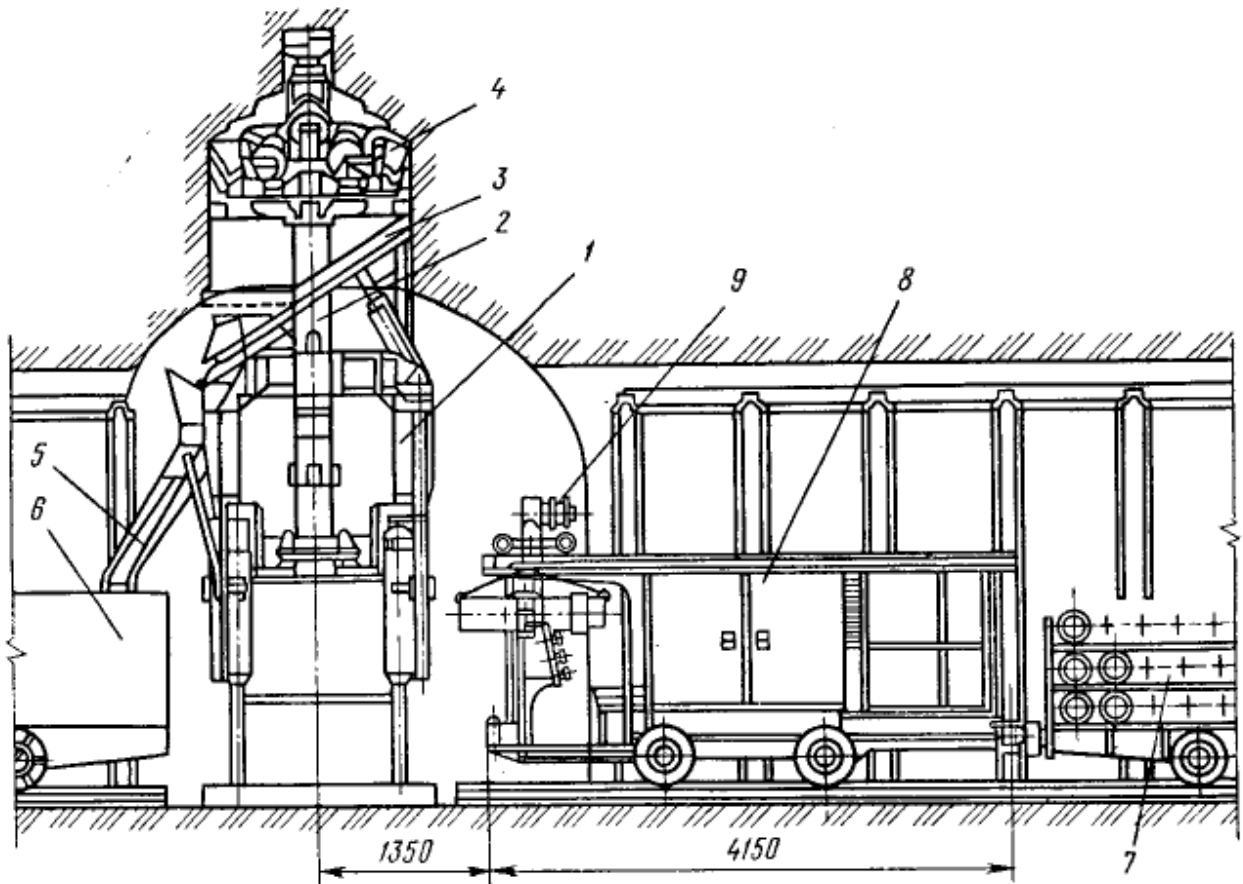


Рисунок 1.10 – Схема розташування бурильного комбайну (наприклад, типу 1КВ1) під час буріння висхідної виробки суцільним забоєм знизу-нагору: 1 – бурильний верстат; 2 – буровий постав; 3 – похилий запобіжний поміст; 4 – виконавчий орган (буровий інструмент); 5 – жолоб; 6 – вагонетка; 7 – візок для бурових штанг; 8 – візок для блоку електро- і гідроапаратури, а також пристрою для подачі бурових штанг; 9 – пристрій для подачі бурових штанг

У табл. 1.2 приведені основні технічні характеристики бурильних комбайнів типу КВ розробки ВНДПрудмаш [12].

Висновки:

- виконаний аналіз технологічних способів проходки висхідних підземних гірничих виробок у породах різної міцності та існуючого механічного обладнання

Таблиця 1.2 – Основні технічні характеристики бурильних комбайнів типу КВ

| Показники | Значення | | |
|---|----------|----------------|-------------------------|
| | 1КВ1 | 2КВ-А | 2КВ-3000 |
| Діаметр робочого органу, м | 1,5 | 1,25; 1,5; 1,8 | 2,2; 2,6; 3,15; 3,65 |
| Висота буріння, м | 91 | 160 (185) | 400 |
| Технічна продуктивність, м ³ /год. | 2,3 | 3,6 | 4,0 |
| Напірне зусилля під час буріння пілот-свердловини, кН | 0-1200 | 0-500 | 0-500 |
| Тягове зусилля під час розбурювання, кН | - | 0-1500 | 0-3800 |
| Напрямок буріння відносно горизонталі, град. | 75-90 | 60-105 | 60-90 |
| Витрата повітря, м ³ /хв. | 20 | 22 | 22 |
| Витрата води, л/хв. | 40 | 32 | 40 |
| Встановлена потужність, кВт | 132 | 140,5 | 300 |
| Габаритні розміри бурильного верстату у робочому положенні, мм: | | | |
| довжина | 1755 | 1460 | 1700 |
| ширина | 1800 | 1570 | 1460 |
| висота | 3900 | 4000 | 5200 |
| Маса комплекту поставки (бурильного агрегату), кг | 85000 | 63200 | 250000 |

для виконання цієї роботи дозволив зробити однозначний висновок про беззаперечні переваги та великі перспективи подальшого розвитку бурильного способу проходки на повний перетин виробок за допомогою верстатів (комбайнів) шарошкового типу, особливо у разі експлуатації в умовах руйнування міцних гірничих порід;

- використання установок бурильного типу забезпечує реалізацію режиму безупинної проходки висхідних виробок, суттєве підвищення продуктивності процесу, високий рівень безпеки та комфортні умови праці прохідників, механізацію практично усіх робочих операцій. Завдяки круглій формі перетину та віднос-

ній гладкості стінок виробок, а також тому, що навколишній скельний масив не піддається впливу підричних робіт, отримані виробки значно краще опираються дії гірничому тиску та мають кращі аеродинамічні характеристики. Точне дотримання проектних контурів виробок дає можливість значно скорочувати витрати на кріплення;

- найбільш розповсюдженою схемою бурильної проходки висхідних виробок у міцних гірничих породах є буріння пілот-свердловини шарошковим долотом з верхнього горизонту або з поверхні землі вниз до нижнього горизонту з подальшим розширенням виробки до повного перетину у зворотному напрямку розбурювачем, озброєним декількома шарошками. Високими техніко-економічними показниками характеризується також схема проходки суцільним забоем знизу-нагору;

- до найкращих світових зразків механічного обладнання для бурильної проходки висхідних виробок у міцних гірничих породах обома вказаними способами можна віднести бурильні комбайни серії KB розробки інституту ВНДПрудмаш (м. Кривий Ріг).

1.3 Мета і задачі дослідження

Мета роботи – розробка вихідних даних для створення комбайну бурильного типу для проходки коротких висхідних виробок.

Проведений під час виконання роботи аналіз технологічних особливостей процесу проходки висхідних гірничих виробок в умовах підземних гірничих підприємств, а також механічного обладнання, що використовується для цього, дозволив сформулювати задачі, які потрібно вирішити для досягнення поставленої мети:

- вибрати методи теоретичних та експериментальних досліджень;
- обґрунтувати актуальність пропонованого дослідження;
- проаналізувати гірничотехнічні умови експлуатації обладнання для безвибухової проходки коротких висхідних виробок;

- обґрунтувати основні розміри висхідних виробок у залежності від їх функціонального призначення;

- обґрунтувати основні техніко-економічні показники використання прохідницьких комбайнів бурильного типу;

- обґрунтувати конструктивну схему комбайну та його основні енергетичні параметри;

- розробити основні вимоги до створюваної конструкції бурильної установки;

- оцінити загальний технічний рівень пропонованої конструкції.

Об'єкт дослідження – технологічний процес проходки висхідних підземних гірничих виробок.

Предмет дослідження – комбайн бурильного типу для проходки коротких висхідних виробок.

2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

Для обґрунтування необхідності створення мобільного комбайну бурильного типу для проходки коротких (до 50 м) висхідних виробок різного технологічного призначення, обґрунтування та вибору його основних показників призначення, визначення та технологічної схеми проходки, конструкції комбайну та його основних складових частин під час виконання представленої магістерської роботи виконувалися дослідження з використання методів науково-технічного пошуку, вивчення науково-технічної та патентної літератури, вітчизняного і закордонного досвідів створення і застосування машин для проходки висхідних виробок, техніко-економічного аналізу використання комбайну у гірничорудній промисловості.

В результаті виконаних досліджень визначені головні показники призначення бурильної установки, розраховані його силові параметри, сформульовані вимоги до його конструктивного виконання та режиму експлуатації, доведена економічна доцільність розробки та використання даного виду гірничої техніки.

3 АНАЛІЗ ГІРНИЧОТЕХНІЧНИХ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА ОБГРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ БЕЗВИБУХОВОЇ ПРОХОДКИ КОРОТКИХ ВИСХІДНИХ ВИРОБОК

3.1 Загальні зауваження

Як впливає із здійсненого вище аналізу сучасного стану механізації процесів проходки підземних виробок різного призначення, під час видобутку руд чорних і кольорових металів, а також нерудних корисних копалин, приходиться виконувати великі обсяги робіт з проведення капітальних, підготовчих та очисних висхідних гірничих виробок. У масштабах країни ці обсяги сягають десятків і сотень тисяч метрів.

Висхідні виробки проходять по рудах і породах різної міцності та мінералогічного складу, у різних гірничотехнічних умовах, розмаїття яких обумовлюється широким спектром використовуваних у гірничій практиці технологічних схем підготовки до виймання та власне очисного виймання.

Існуючі способи проходки висхідних виробок в умовах вітчизняної гірничодобувної промисловості обмежуються у більшості випадків застосуванням буропідривного методу, який має суттєві недоліки (див. розділ 1). У той же час, у світі усе більше розповсюдження одержує машинний спосіб бурової проходки таких виробок за допомогою верстатів (комбайнів) шарошкового типу, що у порівнянні з буропідривним методом значно підвищує рівень продуктивності та санітарно-гігієнічних умов праці прохідників. Проте, пропоновані конструкції подібного вітчизняного та закордонного обладнання розраховані на використання для проходки висхідних виробок висотою від 50 м і більше. Проходка ж коротких висхідних виробок (висотою до 50 м), частка яких у загальному обсязі таких робіт сягає 26-30%, здійснюється практично виключно буропідривним способом.

Важливість досягнення поставленої у роботі мети підтверджується змістом галузевої науково-технічної програми Державного комітету промислової політики України «Створення сучасного устаткування для гірничорудної промисловості»

(Пріоритетний напрям 9 «Продукція важкого та транспортного машинобудування»), зокрема у частині, що стосується створення комплексу обладнання для проходки висхідних підземних виробок [17].

3.2 Аналіз існуючого досвіду проходки висхідних виробок на висоту до 50 м

В умовах підземних рудників на висоту до 50 м проходять висхідні виробки наступного призначення:

- рудозвальні;
- матеріально-ходові;
- ходові;
- вентиляційні;
- відрізні;
- виробки для водовідливу та передачі пневматичної або електричної енергій.

Такі висхідні виробки проводяться зазвичай з основного відкотного чи проміжного горизонту або з підповерхів з використанням наступних методів проходки:

- буропідривного шляхом підривання шпурів глибиною 1,5-1,7 м з дерев'яних помостів, що споруджуються після кожного підриву забою;
- буропідривного шляхом підривання шпурів глибиною 1,7-2,0 м за допомогою самохідних помостів;
- буропідривного шляхом підривання свердловин на глибину не більше 25-30 м;
- буропідривного шляхом підривання свердловин на компенсаційний простір, утворений свердловиною великого діаметру на усю довжину висхідної виробки;
- безвибуховий шляхом розбурювання масиву на повний перетин знизу-нагору.

Використання буропідривних дрібношпурових методів проходки (особливо це стосується варіанту з несамохідними помостами) відрізняється значними недо-

ліками, а саме:

- високими значеннями вартості проходки та трудомісткості окремих її операцій (як основних, так і допоміжних, що здійснюються після підриву забою);
- високою трудомісткістю пересування гірників і переміщення матеріалів та обладнання по висхідній виробці;
- значним опором повітряному струменю під час провітрювання забою;
- великими обсягами ручної праці на проходці;
- високими рівнями шуму та запиленості повітря у забої;
- підвищеною небезпекою робіт та пересування прохідників у висхідній виробці.

Разом із цим, цей метод проходки ще досі зберігається на рудниках, хоча свого часу Держгіртехнаглядом СРСР була заборонена проходка висхідних виробок шляхом дрібношпурового буріння і підривання на висоту більше 20 м. Його частка в умовах вітчизняних рудників сягає 39%.

Використання самохідних помостів у складі прохідницьких комплексів типу КПВ забезпечує наступні переваги:

- підвищення середньомісячної швидкості проходки в 1,3-1,5 рази;
- зростання продуктивності праці прохідників в 1,4-1,55 рази;
- зниження собівартості проходки висхідної виробки на 10-25%;
- підвищення рівня безпеки робіт;
- появу можливості механізації робіт з проходки підповерхів з висхідних виробок;
- появу можливості використання прохідницької кліті для армування висхідних виробок.

Частка проходки за допомогою самохідних комплексів складає до 59%. Таким чином, загалом з використанням дрібношпурового буріння проходять до 92% висхідних виробок.

Незважаючи на суттєві переваги варіанту самохідних комплексів, спосіб дрібношпурового буріння характеризується такими недоліками:

- необхідністю присутності людей у небезпечній забійній зоні;

- ненормальними санітарно-гігієнічними умовами праці прохідників;
- значними витратами на монтаж і демонтаж прохідницького комплексу;
- невисоким рівнем техніко-економічних показників процесу проходки висхідних виробок.

До 7% обсягів проходки висхідних виробок на висоту до 25-30 м припадає на спосіб, що використовує секційне підривання свердловинних зарядів. Його головними перевагами є висока продуктивність та безпека праці, проте досвід його практичного застосування показує, що він є економічним саме до висоти 25-30 м, а при більш довгих виробках він поступається варіанту з використанням комплексів КПВ. Таке становище пояснюється, у першу чергу, невирішеністю задачі високоєфективного та надійного спрямованого буріння глибоких свердловин. Специфічною вимогою до бурильних верстатів, призначених для буріння глибоких свердловин під час проходки висхідних виробок, є недопустимість більш-менш значних відхилень свердловин від заданого напрямку, що має вирішальне значення для надійності та ефективності процесу проходки. У разі розходження свердловин залишаються незруйнованими ділянки породи між ними, а при зближенні їх спостерігається заpresування свердловин, що може призвести до їх втрати та необхідності бурити нові (або взагалі до припинення процесу проходки).

У таких умовах приходиться констатувати значні переваги бурового способу проходки за допомогою верстатів (комбайнів) шарошкового типу. До них слід віднести:

- більшу точність проходки висхідних виробок;
- отримання гладкої поверхні виробки, що сприяє покращанню руху виробкою гірничої маси та повітря;
- підвищення стійкості порід висхідної виробки;
- створення стабільних розмірів перетину по усій довжині виробки;
- високу безпеку праці робітників, що знаходяться під час проходки поза робочої зони забою;
- повну механізацію основних і допоміжних процесів та операцій;
- високу продуктивність праці гірників;

- зниження вартості проходки.

Таким чином, можна зробити висновок, що найбільш перспективними способами проходки коротких висхідних виробок є:

- проходка за допомогою секційного підривання вибухових свердловин на висоту до 20-25 м;

- проходка безвибуховим (буровим) способом на висоту до 50 м і більше.

3.3 Обґрунтування основних розмірів висхідних виробок у залежності від їх функціонального призначення

3.3.1 Діаметр висхідних виробок

Для забезпечення вільного проходження потоку рудної маси вертикальною виробкою потрібно дотримуватися певного співвідношення діаметру рудоспуску і кондиційних параметрів гірничої маси (допустимого розміру шматків та схильності її до злежування). Для несортованих вантажів справедлива наступна залежність:

$$\frac{d}{d_p} = 4,83, \quad (3.1)$$

де d – діаметр рудоспуску, м; d_p – діаметр середнього шматка (кондиція шматка), м.

За даними досліджень гранулометричного складу рудної маси на вітчизняних підземних рудниках чорної та кольорової металургії середній розмір шматкової фракції (без аглоруди розміром до +10 мм) змінюється у межах від 300 до 360 мм. При цьому максимальний усереднений розмір шматків усіх форм змінюється від 500 до 800 мм.

Середнє значення середнього розміру, за яким визначають коефіцієнт прохідності та оптимальний діаметр рудоспуску, дорівнює:

$$\bar{d}_k = \frac{300+360}{2} = 330 \text{ мм.}$$

Тоді оптимальний діаметр рудоспуску круглого поперечного перетину ста-

НОВИТИМЕ:

$$d_p = 4,83 \cdot 330 = 1600 \text{ мм} = 1,6 \text{ м.}$$

Необхідні розміри поперечного перетину ходових висхідних виробок визначаються формою їх перетину. При прямокутному перетині висхідної виробки вимоги техніки безпеки до ходових виробок задовольняються при розмірах 1,5x1,5, тобто при площі перетину 2,25 м². У висхідних ходових виробках круглого перетину розмістити сходи та отвори для людей можна у перетині діаметром 1,6 м, тобто на площі 2 м².

Розміри вентиляційних висхідних виробок також складають у середньому 1,6 м у діаметрі.

Що стосується відрізних висхідних виробок, які використовуються під час ведення очисних робіт, то й тут найкращі результати можна отримати при діаметрі проходки 1,5-1,6 м у залежності від висоти виробки.

Таким чином, бурильний комбайн для проходки усіх типів коротких висхідних виробок має забезпечувати процес буріння свердловини діаметром 1,6 м.

3.3.2 Висота висхідних виробок

У більшості випадків пропонований комбайн буде використовуватися для робіт з підготовки рудних покладів до ведення очисного виймання на стадії виконання відрізки та підготовки до вилучення балансових запасів руди.

Як правило, висота панелей і блоків систем розробки з підповерховим обваленням руди не перевищує 40-50 м. Для таким умов роботи необхідно мати мобільну бурильну установку придатних розмірів.

Кут нахилу висхідних виробок може змінюватися у залежності від їх функціонального призначення. Так, наприклад, ходові і матеріальні висхідні виробки мають вертикальну орієнтацію. Такий самий напрямок більш доцільний для більшості рудоспусків та відрізних висхідних виробок. Це пояснюється тим, що під час гравітаційного процесу витікання гірничої маси кут випуску коливається від 76 до 90° (відносно горизонталі). Однак, процес створення комбайнів для проходки висхідних виробок під різними кутами нахилу (більше 45°) пов'язаний зі знач-

ним ускладненням конструкцій та зменшенням їх експлуатаційної надійності. Крім того, при невеликій висоті рудоспусків вартість проходки та експлуатації похилих висхідних виробок виявлять дорожчою у порівнянні з вертикальними за рахунок збільшення їх довжини та зменшення стійкості стінок гірничих порід. Тому для розглянутих умов рекомендується обмежувати можливий кут нахилу висхідної виробки відносно вертикалі величиною у 15°.

3.3.3 Міцність гірничих порід

Загальна потреба з проведенні коротких висхідних виробок, що призначені для використання в якості рудоспусків, ходових, матеріальних, вентиляційних та відрізних виробок може сягати декількох десятків тисяч метрів на рік. У табл. 3.1 приведено приблизне розподілення таких виробок за коефіцієнтом міцності порід.

Таблиця 3.1 – Розподілення міцності гірничих масивів, в яких проходяться короткі висхідні виробки

| Коефіцієнт міцності порід за шкалою проф. М.М. Протод'яконова | 4 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 |
|---|------|------|------|------|------|------|-----|-----|
| Питома вага порід, що перетинаються висхідними виробками, % | 20,9 | 23,6 | 18,0 | 10,8 | 12,0 | 10,9 | 3,0 | 1,7 |

З огляду на ці дані, можна стверджувати, що характерні особливості технології гірничих робіт визначають переважну потребу гірничодобувної промисловості у висхідних виробках висотою 40-50 м та діаметром 1,6 м, які найбільш доцільно проходити безвибуховим способом за допомогою комбайнів бурильного типу.

3.4 Обґрунтування основних техніко-економічних показників використання прохідницьких комбайнів бурильного типу

До таких показників, насамперед, відносяться швидкість проходки виробок

(а, значить, і продуктивність цього процесу), а також його собівартість.

3.4.1 Швидкість проходки коротких висхідних виробок

При оптимальних параметрах руйнування гірничих порід чиста швидкість буріння q (технічна продуктивність буріння висхідної виробки) може бути апроксимована наступною формулою:

$$q = \frac{18,5}{252f^{0,568} - 10,397f - 125}, \text{ м/хв.}, \quad (3.2)$$

де $f = \frac{\sigma_{\text{ст}}}{100}$ – коефіцієнт міцності гірничих порід; $\sigma_{\text{ст}}$ – тимчасовий опір порід одновісному стисканню, кг/см².

Середня змінна швидкість проходки:

$$P_{\text{зм}} = \frac{T_{\text{зм}} + \eta_2}{\frac{1}{q} + t_{\text{доп}}}, \text{ м/зміну}, \quad (3.3)$$

де $T_{\text{зм}} = 420$ хв. – тривалість робочої зміни, хв.; $\eta_2 = 0,6$ – коефіцієнт використання робочого часу зміни; $t_{\text{доп}}$ – витрати часу на допоміжні процеси, хв./м (приведені у табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Витрати часу на виконання допоміжних операцій у процесі буріння

| Коефіцієнт міцності порід за шкалою проф. М.М. Протод'яконова | 4 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 |
|---|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| $t_{\text{доп}}$, хв./м | 9,0 | 11,0 | 12,4 | 13,2 | 13,8 | 15,6 | 16,8 | 17,9 |

Річна продуктивність комбайну бурильного типу:

$$P_{\text{річ}} = P_{\text{зм}} N_{\text{к}} \Sigma \eta, \text{ м/рік}, \quad (3.4)$$

де $N_{\text{к}} = 730$ змін – календарна кількість робочих змін у році з урахуванням двозмінного використання обладнання; $\Sigma \eta$ – інтегральний коефіцієнт використання

комбайну у часі (прийнято за прикладом статистики роботи комбайнів типів 2КВ і 1КВ1):

$$\Sigma\eta = \eta_1\eta_2\eta_3\eta_4\eta_5, \quad (3.5)$$

де $\eta_1 = 0,65$ – коефіцієнт використання оперативного часу зміни; $\eta_2 = 0,6$ – коефіцієнт використання робочого часу зміни; $\eta_3 = 0,666$ – коефіцієнт, що враховує витрати часу на транспортування породи від комбайну до місця розвантаження; $\eta_4 = 0,9$ – коефіцієнт, що враховує простої комбайну в результаті заходів планово-попереджувальних та аварійних ремонтів; $\eta_5 = 0,913$ – коефіцієнт, що враховує простої через несвоєчасну підготовку фронту робіт та загальношахтні аварії (відсутність води, стисненого повітря, електроенергії).

Звідси маємо:

$$\Sigma\eta = 0,65 \cdot 0,6 \cdot 0,666 \cdot 0,9 \cdot 0,913 = 0,329.$$

Згідно з формулою (3.4):

$$P_{\text{річ}} = 730 \cdot 0,329 \cdot P_{\text{ЗМ}} = 240,17 \cdot P_{\text{ЗМ}}, \text{ м/рік.}$$

Результати розрахунку продуктивності комбайну приведені у табл. 3.3.

Середня річна продуктивність проходки висхідних виробок комбайном бурильного типу з урахуванням усього діапазону міцності гірничих порід:

$$\begin{aligned} P_{\text{річ.сер}} &= P_4U_4 + P_8U_8 + P_{10}U_{10} + P_{12}U_{12} + P_{14}U_{14} + P_{16}U_{16} + P_{18}U_{18} + \\ &P_{20}U_{20} = 2021 \cdot 0,2 + 1363 \cdot 0,236 + 1200 \cdot 0,18 + 1080 \cdot 0,108 + 991 \cdot 0,12 + \\ &919 \cdot 0,109 + 859 \cdot 0,03 + 809 \cdot 0,017 = 1317 \approx 1300 \text{ м/рік,} \end{aligned} \quad (3.6)$$

де $P_4 \dots P_{20}$ – значення продуктивності комбайну у залежності від коефіцієнту міцності порід ($f = 4 \dots 20$); $U_4 \dots U_{20}$ – питома вага порід міцністю від 4 до 20.

Отримана величина річної продуктивності комбайну більше ніж у два рази перевищує річне напрацювання базового комплексу машин, що складається з КПВ, навантажувальної машини та пневматичного нарядника (560 м/рік).

Таблиця 3.3 – Результати розрахунку продуктивності комбайну

| Коефіцієнт міцності порід за шкалою проф. М.М. Протод'яконова | Чиста швидкість буріння q | | Змінна продуктивність комбайну $P_{зм}$, м/зміну | Річна продуктивність комбайну $P_{річ}$, м/рік |
|--|-----------------------------|--------|---|---|
| | мм/хв. | м/год. | | |
| 4 | 47,7 | 2,86 | 8,42 | 2021 |
| 8 | 30,2 | 1,80 | 5,68 | 1363 |
| 10 | 26,3 | 1,578 | 5,00 | 1200 |
| 12 | 23,6 | 1,40 | 4,50 | 1080 |
| 14 | 21,2 | 1,27 | 4,13 | 991 |
| 16 | 20,0 | 1,20 | 3,83 | 919 |
| 18 | 18,7 | 1,12 | 3,58 | 859 |
| 20 | 17,64 | 1,056 | 3,37 | 809 |
| середнє* значення – 11 значення, прийняте для розрахунку – 10-12 | | | 5,40 | 1317 |
| | | | 5,00 | 1300 |

*визначено за середньозваженій питомій вазі порід за міцністю (див. табл. 2)

3.4.2 Порівняльний аналіз собівартості процесу проходки

Для оцінки собівартості процесу проходки висхідних виробок способом буріння на повний перетин в якості базового варіанту (об'єкту порівняння) візьмемо буропідричну проходку за допомогою самохідного обладнання (помосту або кліті). Собівартість базового варіанту позначимо C_1 , а нового (бурильного) – C_2 . На підставі даних, отриманих під час експлуатації прохідницького обладнання, можна записати:

$$C_2 = adf, \text{ грн./м}, \quad (3.7)$$

де a – емпіричний коефіцієнт для поточного календарного року, який враховує рівень цін на матеріали, обладнання та оплату праці; d – діаметр висхідної виробки, м; f – коефіцієнт міцності гірничих порід за шкалою проф. М.М. Протод'яконова.

Розрахункові результати порівняльного аналізу собівартості приведені у табл. 3.4 (величина C_1 приймається за одиницю).

Таблиця 3.4 – Розрахункові результати порівняльного аналізу собівартості

| Коефіцієнт міцності гірничих порід за шкалою проф. М.М. Протод'яконова | Відносна собівартість проходки | |
|---|--|---|
| | Новий варіант (бурильним комбайном), розрахункова, C_2 | Базовий варіант (буропідривний, самохід- ним обладнанням), за статистичними даними, C_1 |
| 4 | 1,33 | 1,0 |
| 8 | 0,73 | 1,0 |
| 10 | 0,67 | 1,0 |
| 12 | 0,63 | 1,0 |
| 14 | 0,61 | 1,0 |
| 16 | 0,59 | 1,0 |
| 18 | 0,58 | 1,0 |
| 20 | 0,57 | 1,0 |
| середнє значення | 0,66 | 1,0 |

Отримання економічного ефекту при використанні бурильного способу проходки окрім інших чинників забезпечується досить суттєвим зниженням обсягів буріння у порівнянні з буропідривним методом. За даними підземних підприємств, перевищення вилучення гірничих порід у порівнянні з проектними величинами у разі застосування буропідривної проходки висхідних виробок може сягати 14%. Наприклад, під час проходки виробки квадратного перетину з розмірами 1,5х1,5 м об'єм вилученої гірничої породи з одного погонного метра виробки становитиме:

$$V_{\text{кв}} = 1,5 \cdot 1,5 \cdot 1,14 = 2,565 \text{ м}^3/\text{м},$$

а виробки круглого перетину діаметром 1,6 м:

$$V_{\text{кр}} = \frac{\pi \cdot 1,6^2}{4} = 2,01 \text{ м}^3/\text{м}.$$

Найбільший ефект від проходки висхідних виробок бурильними комбайнами досягається у породах міцністю $f = 12$.

3.4.3 Оцінка річної потреби у прохідницьких бурільних комбайнах

Річна потреба у комбайнах повинна забезпечити заплановані річні обсяги проходки висхідних виробок. Її величину можна визначити за допомогою наступної формули:

$$\Pi = \frac{QK_{pp}}{P_{рiч.сер}}, \text{ шт.}, \quad (3.8)$$

де Q – необхідна річна протяжність проходки висхідних виробок, тис. м; $K_p = 1,1$ – коефіцієнт річного резерву парку комбайнів; $P_{рiч.сер} = 1300$ м/рік – середня річна продуктивність проходки висхідних виробок комбайном (див. формулу (3.6)).

Наприклад, для $Q = 100$ тис. м матимемо:

$$\Pi = \frac{100000 \cdot 1,1}{1300} \approx 84 \text{ комбайни.}$$

Необхідний річний випуск комбайнів при терміні служби 4 роки:

$$\Pi_B = \frac{\Pi}{T_{сл}} = \frac{84}{4} = 21 \text{ комбайн/рік.}$$

3.4.4 Оцінка очікуваної продуктивності прохідників

Продуктивність праці прохідників, що обслуговують комбайн, може бути розрахована за наступною формулою [16]:

$$P = \frac{P_{зм}S_B}{n_k + n_d} = \frac{5 \cdot 2}{1 + 1} = 5 \text{ м}^3/\text{чол.зміну}, \quad (3.8)$$

де $P_{зм} = 5$ м³/зміну – змінна продуктивність комбайну, обчислена за допомогою формули (3.3); $S = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 1,6^2}{4} = 2$ м² – величина поперечного перетину висхідної виробки діаметром $d = 1,6$ м; $n_k = 1$ чоловік – кількість робітників, що обслуговують сам комбайн; $n_d = 1$ чоловік – кількість допоміжних робітників, що об-

слуговують комбайн при виконанні допоміжних операцій на робочому органі та буровому інструменті, а також під час супроводження транспортованої зруйнованої гірничої маси до місця розвантаження.

Таким чином, продуктивність праці у варіанті бурильної проходки висхідних виробок очікується у 2,5 рази більша, ніж при базовому варіанті (за даними практичного досвіду – 2 м³/чол.зміну).

3.5 Обґрунтування основних показників призначення комбайну для бурильної проходки коротких висхідних виробок

3.5.1 Вихідні дані для розрахунку

Визначення головних робочих параметрів комбайну виконано на підставі залежностей, приведених у роботі [18]. Такими параметрами є осьове зусилля породоруйнуючого інструменту на забій, частота його обертання, а також крутний момент, необхідний для обертання породоруйнуючого інструменту із заданими величинами осьового зусилля та частоти обертання. Вихідними даними для розрахунку узяті діаметр висхідної виробки та висота буріння, встановлені раніше під час аналізу вимог гірничої технології до машини даного призначення, а саме:

$$D_B = 1,6 \text{ м}; H_B = 50 \text{ м}.$$

3.5.2 Визначення раціонального осьового зусилля на породоруйнуючому інструменті

Величина осьового зусилля інструменту на забій визначається виходячи з питомого допустимого навантаження q на породоруйнуючі елементи, яке залежить від необхідної стійкості шарошок. Аналіз максимальних питомих навантажень на породоруйнуючий інструмент вітчизняних комбайнів типу КВ, а також бурильних верстатів американської фірми «Robbins», показує, що вони можуть бути прийняті у межах $q = 150\text{-}220$ кг/мм або $(1,5\text{-}2,2) \cdot 10^5$ Па. Для розрахунків вибираємо допустиме питоме навантаження $q = 160$ кг/мм ($1,6 \cdot 10^5$ Па).

Величина оптимального зусилля на забій може бути визначена за допомогою наступної емпіричної формули:

$$Q_{oc} = 500qD_B = 500 \cdot 160 \cdot 1,6 = 128000 \text{ кг або } 1250 \text{ кН.} \quad (3.9)$$

3.5.3 Визначення максимальної частоти обертання породоруйнуючого органу

Для визначення величини частоти обертання породоруйнуючого органу може бути використана така емпірична формула [18]:

$$n = \frac{60S}{\pi D_B t_{\min} K f^{0,333}}, \text{ хв.}^{-1}, \quad (3.10)$$

де $S = 30\text{-}32$ мм – крок установки твердосплавних штирів на шарошках; $t_{\min} = 0,0044$ с – мінімальна тривалість ударного імпульсу, необхідна для отримання гарантованого об’ємного руйнування породи; $K = 1,5\text{-}2,0$ – коефіцієнт, що враховує необхідність збільшення тривалості дії ударного імпульсу для отримання гарантованого об’ємного руйнування породи; $f = 10\text{-}20$ – коефіцієнт міцності породи за шкалою проф. М.М. Протод’яконова.

Для крайніх значень f матимемо:

$$n_{10} = \frac{60 \cdot 30}{3,14 \cdot 1600 \cdot 0,0044 \cdot 1,75 \cdot 10^{0,333}} = 21,58 \text{ хв.}^{-1};$$

$$n_{20} = \frac{60 \cdot 30}{3,14 \cdot 1600 \cdot 0,0044 \cdot 1,75 \cdot 20^{0,333}} = 17,13 \text{ хв.}^{-1}.$$

Таким чином, рекомендована максимальна частота обертання дорівнюватиме: $n_{\max} = 21,5 \text{ хв.}^{-1}$.

3.5.4 Розрахунок величини номінального крутного моменту

Для визначення величини крутного моменту також можна застосувати емпіричну формулу [18]:

$$M_{кр} = 0,25 f_2 Q_{oc} D_B, \text{ кг} \cdot \text{м}, \quad (3.11)$$

де $f_2 = 0,08 - 0,016f$ – коефіцієнт опору процесу перекочування шарошки по забою, який залежить від контактної міцності породи (за результатами замірів, виконаних під час промислової експлуатації комбайнів 1КВ1); f – коефіцієнт міцності породи за шкалою проф. М.М. Протод'яконова.

Для середніх значень міцності породи можна узяти $f_2 = 0,07$, тоді:

$$M_{кр} = 0,25 \cdot 0,07 \cdot 128000 \cdot 1,6 = 3584 \text{ кг}\cdot\text{м.}$$

Необхідна потужність на забої:

$$N_3 = \frac{M_{кр}n}{975} = \frac{3584 \cdot 21,5}{975} = 79 \text{ кВт.} \quad (3.12)$$

Потужність двигунів приводу обертання робочого органу:

$$N_{дв} = \frac{N_3}{\eta_{max}} = \frac{79}{0,85} = 93 \text{ кВт,} \quad (3.13)$$

де $\eta = 0,85$ – загальний к.к.д. механічних передач.

Висновки:

- пропонувані конструкції вітчизняного та закордонного обладнання бурильного типу розраховані на використання для проходки висхідних виробок висотою від 50 м і більше. Проходка ж коротких висхідних виробок (висотою до 50 м), частка яких у загальному обсязі таких робіт сягає 26-30%, здійснюється практично виключно буропідривним способом із застосуванням дрібношпурового буріння. Виконаний аналіз можливих шляхів його заміни показав, що найбільш перспективними способами проходки коротких висхідних виробок є проходка за допомогою секційного підривання вибухових свердловин на висоту до 20-25 м та проходка безвибуховим (буровим) способом на висоту до 50 м і більше;

- з точки зору забезпечення вільного проходження потоку рудної маси крізь поперечний перетин вертикальної виробки для найбільш розповсюджених характеристик гранулометричного складу руд вітчизняних шахт з видобутку мінеральної сировини для чорної і кольорової металургії оптимальний діаметр рудоспуску

має бути не менше 1,6 м. Таким чином, можна стверджувати, що характерні особливості технології гірничих робіт визначають переважну потребу гірничодобувної промисловості у висхідних виробках висотою 40-50 м та діаметром 1,6 м, які найбільш доцільно проходити безвибуховим способом за допомогою комбайнів бурильного типу;

- в роботі проведено обґрунтування основних техніко-економічних показників використання прохідницьких комбайнів бурильного типу, зокрема швидкості проходки коротких висхідних виробок та його собівартості, а також зроблено оцінку очікуваної продуктивності прохідників та річної потреби у подібному прохідницькому обладнанні бурильного типу;

- здійснено обґрунтування основних показників призначення комбайну для бурильної проходки коротких висхідних виробок, а саме: раціональних величин осьового зусилля, максимальної частоти обертання та крутного моменту породоруйнуючого органу.

4 РОЗРОБКА ВИХІДНИХ ДАНИХ ДЛЯ СТВОРЕННЯ КОМБАЙНУ БУРИЛЬНОГО ТИПУ ДЛЯ ПРОХОДКИ КОРОТКИХ ВИСХІДНИХ ВИРОБОК

4.1 Обґрунтування конструктивної схеми комбайну

4.1.1 Технологічно-експлуатаційні вимоги до конструкції

Дослідження, результати яких були приведені у розділі 1 даної роботи, показали, що світовий досвід створення і впровадження бурильного обладнання для проходки підземних висхідних виробок дозволив зосередитися на двох основних схемах проходки та обладнанні відповідних типів, а саме:

- таких, що проводять виробку знизу-нагору глухим забоєм;
- таких, що бурять спочатку пілот-свердловину діаметром 250-350 мм, а потім розбурюють її до необхідного розміру виробки у зворотному напрямку. Установка при цьому зазвичай розташовується на верхньому горизонті або поверхні шахти.

Для машин другого типу потрібна верхня виробка з площиною перетину 15-20 м², що не завжди реально забезпечити в умовах діючих шахт. З цієї точки зору, краще перший варіант з розташуванням установки у нижній виробці, хоча недоліками такої схеми є надмірне подрібнення гірничої породи та підвищений знос бурового інструменту. Машини такого типу краще вписуються у традиційну гірничу технологію, адже вони розташовуються, як правило, на підготовчих горизонтах і не заважають проведенню очисних робіт.

Останнім часом спостерігається тенденція створення прохідницького обладнання для специфічних умов використання, тобто цільового призначення, у тому числі для проходки коротких висхідних виробок. Такі машини повинні мати високу мобільність, малі габаритні розміри бурильного вузла, малі обсяги будівельно-монтажних робіт, мінімальні витрати на спорудження бурових камер.

Таким чином, під час вибору та обґрунтування конструктивної схеми комбайну бурильної дії для проходки коротких висхідних виробок слід враховувати

технологічно-експлуатаційні вимоги, що ставляться до нього, головними з яких є наступні:

- технологія буріння висхідної виробки у напрямку знизу-нагору за один прохід на повний перетин без буріння пілот-свердловини;

- висока мобільність конструкції, можливість використання як колісно-рейкового, так і пневмошинного ходу, можливість швидкого перекидання машини з однієї робочої ділянки на іншу як у межах одного горизонту, так і разі переміщення з горизонту на горизонт;

- мінімальні розміри бурової камери для розміщення бурильного агрегату комбайну (не більше 20 м³);

- монтаж комбайну повинен здійснюватися без спорудження бетонного фундаменту. Тривалість монтажу або демонтажу комбайну не повинна перевищувати двох робочих змін;

- обслуговувати комбайн під час роботи має один робітник, при монтажу-демонтажу – дві людини.

4.1.2 Принципова та кінематична схеми пропонованого комбайну

Принципова схема комбайну для буріння коротких висхідних виробок показана на рис. 4.1. Установка складається із занурювального роторного робочого органу з гідравлічним або електричним приводом обертання та гідравлічним механізмом подачі на забій, необертової бурової колони, що сприймає реактивний крутний момент та осьове навантаження на породоруйнуючий інструмент, стартової рами з механізмом нарощування бурової колони, системи видачі бурового шламу, масло станції, електричної шафи керування, пульта керування, пристрою для подачі бурових штанг, допоміжного обладнання.

Робочий орган комбайну постачений вісьма шарошками, які в залежності від міцності гірничих порід можуть мати різне твердосплавне озброєння.

Кінематична схема комбайну приведена на рис. 4.2.

Обертвий ротор машини з шарошками спирається на підшипниковий вузол, який сприймає радіальні та осьові навантаження під час буріння. Обертання ротора забезпечується за допомогою трьох гідро- або електродвигунів через планетарні передачі та передачу з внутрішнім зачепленням. Робоче осьове навантаження на інструмент створюється трьома гідравлічними циліндрами діаметром 160 мм, що забезпечують величину зусилля до 1250 кН.

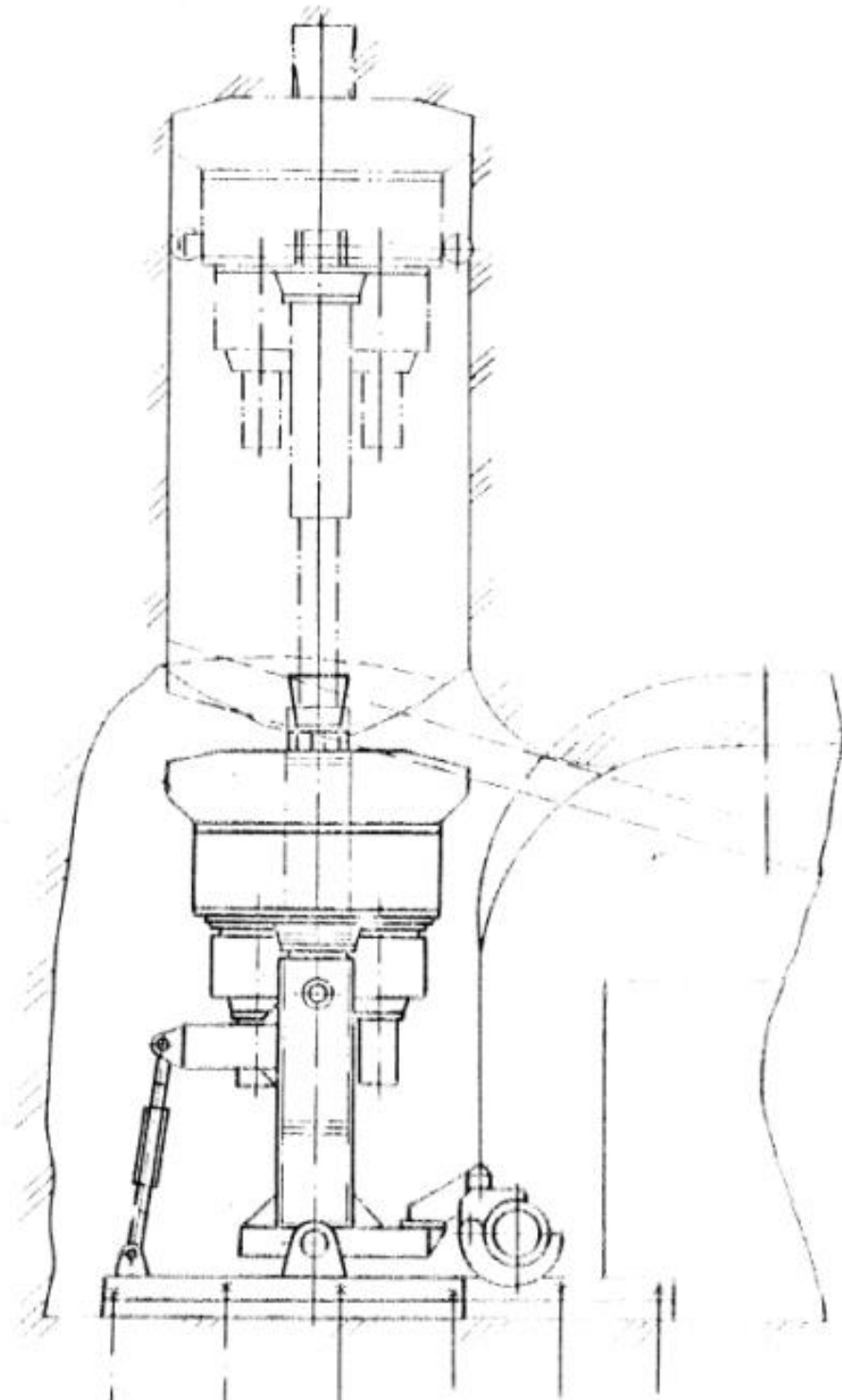


Рисунок 4.1 – Принципова схема комбайну для буріння коротких висхідних виробок

Бурова колона наращується знизу за допомогою гідроциліндрів перехвату, розташованих на стартовій рамі.

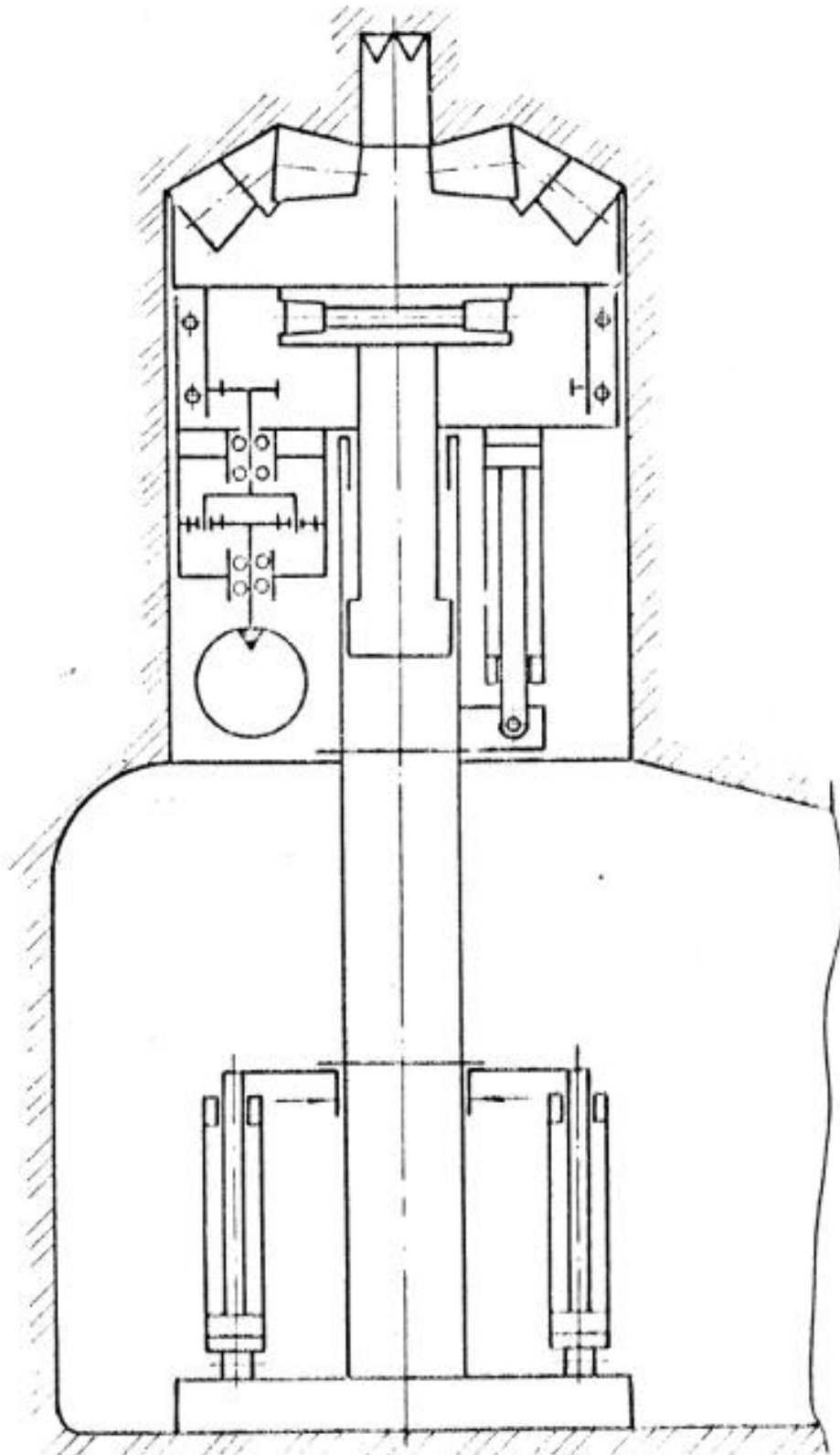


Рисунок 4.2 – Кінематична схема комбайну
для буріння коротких висхідних виробок

4.1.3 Вибір варіантів приводу обертання ротора установки

Привод обертання ротора є найвідповідальнішою складовою частиною комбайнів бурильного типу, яка у значному ступені визначає надійність та ефективність роботи машини у цілому. Тому питання правильного та обґрунтованого вибору конструктивного виконання цього вузла є дуже важливим. З цією метою спеціалістами інституту ВНДПрудмаш був виконаний порівняльний аналіз можливості використання у конструкції комбайну для бурильної проходки коротких висхідних виробок електричного та гідравлічного варіантів регульованого приводу на базі серійного електро- та гідрообладнання.

Електричний варіант приводу комбайну повинен задовольняти наступним основним вимогам:

- плавність пуску з обмеженим значенням пускового струму;
- захист трансмісії машини від динамічних перевантажень під час різких стопорінь виконавчого органу;
- плавне регулювання частоти обертання при забурюванні.

На рис. 4.3 приведена структурна схема пропонованого приводу, а у табл. 4.1 – технічні характеристики рекомендованих електродвигунів.

Діапазон регулювання частоти перетворювача – від 3 до 20 Гц. Габарити тиристорного перетворювача частоти дозволяють вбудувати його у шафи виконання РН2.

Схема електричного приводу працює наступним чином.

Під час забурювання виконавчого органу увімкнені контактори КМ1 і КМ3. Напруга та частота обертання у межах 3-20 Гц поступають на трансформатор, що перетворює напругу з 380 на 660 В.

Після забурювання регулювання частоти не потрібно, тому контактор КМ3 вимикається і вмикається контактор КМ2. Двигуни працюють на природній характеристиці.

Двигуни ЕКВЗ-55 розраховані на використання для приводу комбайнів, що мають водяне охолодження.

Двигуни ВРПВБС 180М призначені для бурильних верстатів вугільної та ін-

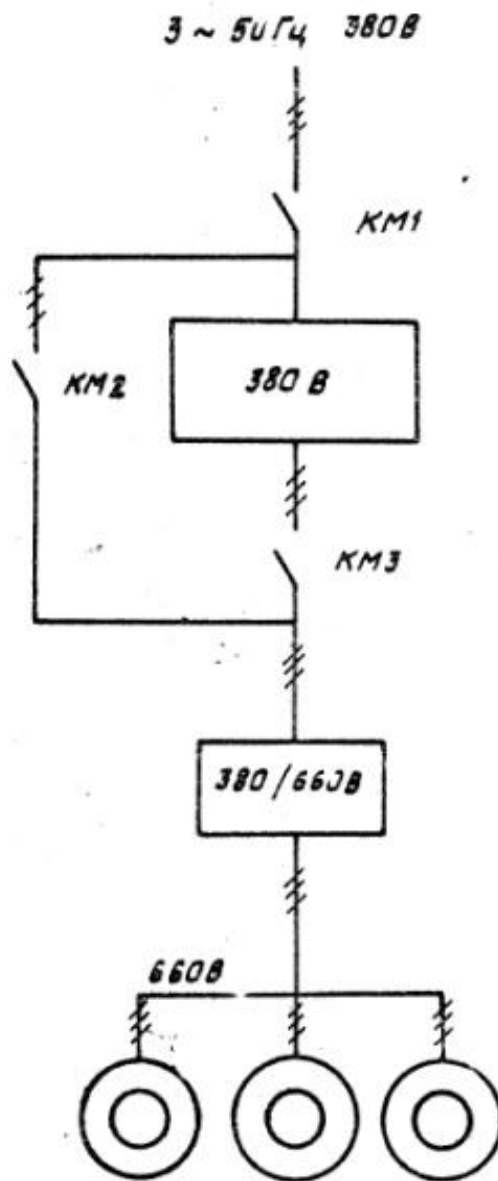


Рисунок 4.3 – Структурна схема регульованого електроприводу змінного струму:
1 – тиристорний перетворювач частоти з безпосереднім зв'язком типу ТТС-160-350-500МЗ; 2 – трансформатор типу ТЗС-100/06, 400/660 В;
3 – двигуни ЕКВЗ-55 або ВРПВБС 180М

ших суміжних галузей промисловості. Вони виконані у закритому вигляді з вибухонепроникною оболонкою та із зовнішнім повітряним обдуванням. Ізоляція обмоток класу Н. Двигуни мають тепловий захист.

Кабель живлення електродвигунів – КГЕШ 3x25+1x10+3x2,5, діаметр 42 мм.

Для вибору гідравлічного приводу обертача комбайну потрібно визначити величину номінального крутного моменту на валу гідромотора:

Таблиця 4.1 – Технічні характеристики електродвигунів електроприводу обертання комбайну

| Тип двигуна | Потужність у залежності від режиму роботи | | Напруга, В | Оберти, об/хв. | К.к.д. | cos φ | I _n , А | Маса, кг |
|---------------------------|---|----|------------|----------------|--------|-------|--------------------|----------|
| | | | | | | | | |
| ЕКВЗ-55 ВРПВБС 180М | 38 | 55 | 660 | 1500 | 0,87 | 0,79 | 317 | 496 |
| | 30 | - | 1140/660 | 1500 | 0,91 | 0,87 | - | 377 |

$$M_{кр} = 975 \cdot \frac{N}{n_n i_{ред} n_r} = 975 \cdot \frac{95}{14 \cdot 34 \cdot 3} = 65 \text{ кг}\cdot\text{м}, \quad (4.1)$$

де $N = 95$ кВт – ефективна потужність на розбурювачі при тиску робочої рідини $p_{роб} = 20$ МПа; $n_n = 14$ хв.⁻¹ – номінальна частота обертання бурильної головки; $i_{ред} = 34$ – передатне число редуктора; $n_r = 3$ – кількість гідродвигунів.

Оберти валу гідромотора, хв.⁻¹:

- мінімальні – 0;
- номінальні – $14 \cdot 34 = 476$;
- максимальні – $21 \cdot 34 = 714$.

Вибираємо насос-мотор нерегульований реверсивний 310.224-00.00У1 шліцевого виконання, призначеного для роботи у режимі гідромотора, ТУ22-6852.

Технічна характеристика гідромотору приведена у табл. 4.2.

Для живлення трьох гідромоторів та забезпечення необхідної мінімальної частоти обертання їх валів (50 хв.⁻¹) потрібна наступна мінімальна величина продуктивності насосу:

$$Q_{\min} = \frac{3 \cdot 50 \cdot q_n}{\eta_{\text{заг}} \cdot 1000} = \frac{3 \cdot 50 \cdot 224}{0,9 \cdot 1000} = 37 \text{ л/хв.}, \quad (4.2)$$

де $q_n = 224 \text{ см}^3$ – об’ємна постійна гідромотора; $\eta_{\text{заг}} = 0,9$ – к.к.д. гідромотора.

Таблиця 4.2 – Технічна характеристика гідромотору 310.224-00.00У1

| Показники | Значення |
|--|--------------------|
| Номінальний робочий об’єм, см^3 | 224 |
| Тиск на вході у гідромотор, МПа: | |
| номінальний | 25 (20) |
| максимальний | 32 |
| Частота обертання, хв.^{-1} : | |
| номінальна | 1200 |
| мінімальна | 50 |
| Робоча рідина: | |
| номінальна витрата, л/хв. | 280,9 |
| температура, $^{\circ}\text{C}$ | від -40 до $+75$ |
| оптимальна в’язкість, $\text{мм}^2/\text{с}$ | 16...33 |
| номінальна тонкість фільтрації, мкм | 10 |
| Крутний момент, $\text{кг}\cdot\text{м}$: | |
| номінальний | 79 |
| пусковий | 0,9 |
| К.к.д. | 0,9 |
| Маса, кг | 95 |

Тоді максимальна його продуктивність при частоті обертання валів 714 хв.^{-1} становитиме:

$$Q_{\max} = \frac{3 \cdot 714 \cdot q_n}{\eta_{\text{заг}} \cdot 1000} = \frac{3 \cdot 50 \cdot 224}{0,9 \cdot 1000} = 533 \text{ л/хв.} \quad (4.3)$$

Таким чином, необхідна продуктивність насосної установки (три насоси) для тиску 20 МПа буде дорівнювати 533 л/хв. Вибираємо аксиально-поршневі регульовані насоси 1РНАС 125/320,УХЛ4, ТУ2-053-1284-77Е. Коротка технічна характеристика такого насосу приведена у табл. 4.3.

Необхідна приводна потужність електродвигуна при частоті обертання валу насоса 1500 хв.⁻¹:

$$N_{\text{дв}} = \frac{pQ_{\text{max}}}{612\eta_{\text{н}}} = \frac{200533}{612 \cdot 0,88} = 198 \text{ кВт}, \quad (4.4)$$

де $p = 200 \text{ кг/см}^2$ – тиск робочої рідини; $\eta_{\text{н}} = 0,88$ – к.к.д. насосу.

Таблиця 4.3 – Технічна характеристика насосу 1РНАС 125/320

| Показники | Значення |
|--|----------|
| Робочий об'єм, см ³ : | |
| номінальний | 125 |
| мінімальний | 6,25 |
| Частота обертання, хв. ⁻¹ : | |
| номінальна | 1500 |
| мінімальна | 600 |
| Подача, л/хв.: | |
| номінальна | 178 |
| мінімальна | 8,9 |
| Тонкість фільтрації, мкм | 10 |
| К.к.д. | 0,88 |
| Маса, кг | 136 |

Підвідні комунікації виконуються з рукавів високого тиску ($d_y 25$, $p = 32$ МПа) за ГОСТ 25452. Кількість рукавів у напірній і зливній магістралях визначаємо виходячи з максимальної витрати 533 л/хв. та швидкості рідини у напірній магістралі 5 м/с (300 л/хв.). Для таких умов маємо:

$$\frac{Q_{\text{max}}}{\frac{\pi d_p^2}{4} \cdot x \cdot 100} = 300, \quad (4.5)$$

де $d_p = 2,5 \text{ см}$ – внутрішній діаметр рукава; $Q_{\text{max}} = 533000 \text{ см}^3/\text{хв.}$; x – кількість рукавів.

Тоді:

$$x = \frac{4 \cdot 533000}{300 \cdot 100 \cdot 3,14 \cdot 2,5^2} = 3,62 \text{ шт.}$$

Приймаємо: 4 рукави ($d_y 25$) для напірної магістралі і 4 такі самі рукави для зливної магістралі.

Гідравлічна схема гідроприводу пропонується з відкритим контуром циркуляції робочої рідини. Три насоси, кожен зі своїми запобіжним та зворотним клапанами на напірній магістралі сполучені через свої гідророзподільники «64» схеми на загальні напірний та зливний колектори.

Схема дозволяє вмикати в роботу будь-який з трьох насосів окремо або два чи три насоси разом. Насоси забезпечують можливість плавного регулювання продуктивності, а, значить, обертів виконавчого органу.

Для здійснення робочої і маневрової подачі та допоміжних операцій пропонується використовувати один з регульованих насосів для приводу обертача з живленням через додатковий розподільник «64», підключений послідовно з основним.

4.2 Обґрунтування основних вимог до створюваної конструкції

4.2.1 Призначення та мета розробки виробу

Комбайн КВК призначений для бурильної проходки коротких висхідних виробок діаметром 1,6 м і висотою до 50 м у міцних скельних породах на рудниках чорної та кольорової металургії в шахтах, безпечних по відношенню до вибуху газу або пилу [19].

Установка може використовуватися в монолітних та тріщинуватих, сухих та обводнених, однорідних та шаруватих абразивних гірничих породах змінної міцності (до $f = 16$), а також для проходки окремих пластів порід міцністю до $f = 20$ за шкалою проф. ММ.М Протод'яконова.

Комбайн КВК розрахований для робіт з підготовки рудних покладів та ведення очисного виймання на стадії виконання відрізки та підготовки до вилучення балансових запасів руди.

Установка створюється з метою заміни дуже трудомісткого та небезпечного дрібношпурового буропідривного способу проходки коротких висхідних виробок машинним способом, створення безпечних умов праці прохідників з виведенням їх з небезпечної забійної зони, та забезпечення підвищення продуктивності праці у 2-2,5 рази на одному з найважчих та малопродуктивних видів гірничопрхідницьких робіт.

4.2.2 Технічні вимоги

4.2.2.1 Склад виробу та вимоги до його конструктивної будови

На рис. 4.4 показана схема установки комбайну КВК для проходки коротких висхідних виробок у шахті. До його складу повинні входити наступні основні складові частини [19]:

- агрегат бурильний – 1 шт.;
- маслостанція – 1 шт.;
- блок живлення – 1 шт.;
- кабіна керування – 1 шт.;
- пристрій для подачі штанг – 1 шт.;
- комплект штанг і ліхтарів – 1 комплект;
- комплект запасних частин, інструменту та приладдя – 1 комплект.

Крім цього, комбайн має постачатися засобами для видачі бурового шламу та подачі штанг.

Конструкція комбайну повинна забезпечувати проходку висхідних виробок шляхом буріння знизу-нагору за один прохід на повний перетин.

Комбайн має поставлятися у зібраному за складальними частинами вигляді, причому бурильний агрегат – у зборі з транспортною платформою. Габаритні розміри складових частин комбайну, окрім бурильного агрегату з транспортною платформою, повинні забезпечувати їх спуск у шахту в кліті завширшки 1500 мм і подальше транспортування рейковою колією 750 мм по гірничих виробках перетином не менше 7 м². При цьому має бути передбачена можливість використання рейкової колії 900 мм або пневмошинного ходу. Маса складових частин комбайну, що транспортуються самостійно, не повинна перевищувати 12500 кг.

Комбайн поставляється з шарошками для буріння по породах з коефіцієнтом міцності $f = 8-12$ за шкалою проф. М.М. Протод'яконова, а шарошки для порід міцністю $f = 12-16$ мають бути включені до складу комплекту запасних частин. Шарошки, що використовуються для буріння порід різної міцності, мають бути взаємозамінними по місцях установки на бурильній головці.

Кліматичне виконання комбайну – У, категорія розміщення – 5 (в діапазоні

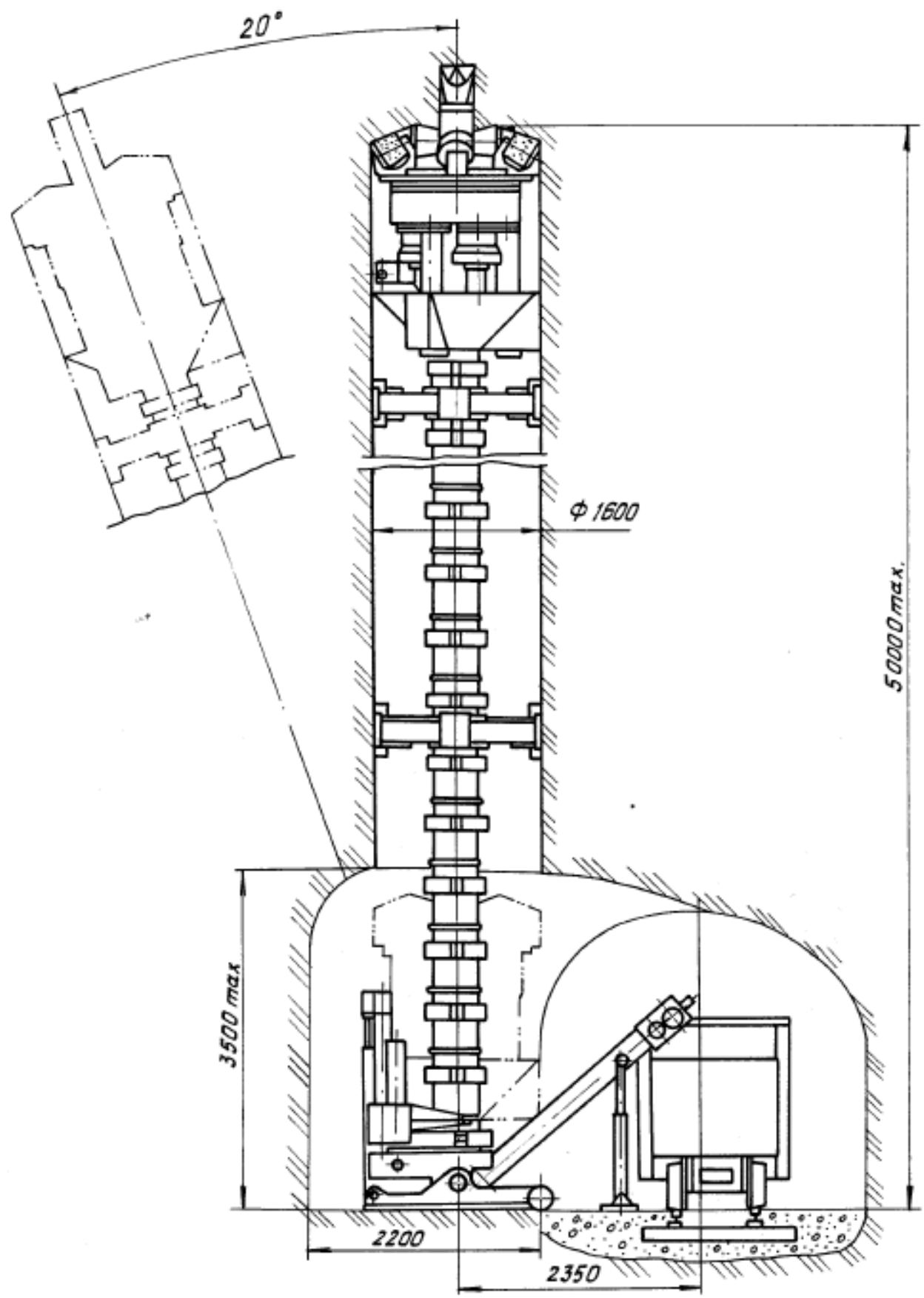


Рисунок 4.4 – Схема установки комбайну КВК у шахті

температур від +2 до +35°C) за ГОСТ 15150.

Електрообладнання установки має відповідати вимогам ГОСТ 24754 та ГОСТ 24719. Електрична схема комбайну повинна забезпечувати контроль температури та рівня робочої рідини у гідравлічному баку, контроль ступеню засмічення масляних фільтрів, а також блокування для обов'язкового вмикання маслососів після подачі води в систему пилопригнічення.

Покриття поверхонь складальних одиниць та деталей комбайну повинні відповідати РД 24.980.08 та ОСТ 24.982.10.

Склад запасних частин, що поставляються разом з комбайном, має забезпечити його безперебійну роботу протягом усього гарантійного терміну служби.

Склад інструменту і приладдя повинен забезпечувати можливість виконання основних і допоміжних операцій, технічного обслуговування, проведення поточних ремонтів, заміни швидкозношуваних деталей та складальних одиниць в умовах експлуатації.

4.2.2.2 Показники призначення та надійності установки

У табл. 4.4 приведені основні показники призначення та надійності комбайну КВК для бурильної проходки коротких висхідних виробок [19-21].

4.2.2.3 Вимоги до технологічного і метрологічного забезпечення виробу

Під час розробки комбайну КВК мають бути враховані технологічні та метрологічні можливості заводу-виготовлювача.

Конструкція і технологія застосування комбайну повинна відповідати існуючим у гірничодобувній галузі умовам, способу та порядку ведення гірничих робіт.

Організаційно усі роботи з проведення висхідних виробок за допомогою комбайну мають бути зосереджені в одній виробці одного горизонту.

Метрологічне забезпечення якості виробу повинно виконуватися згідно з вимогами ОСТ 24.008.06. Основні контрольовані параметри комбайну:

- технічна продуктивність;

Таблиця 4.4 – Показники призначення та надійності комбайну КВК
для бурильної проходки коротких висхідних виробок

| Показники | Значення |
|---|--------------------|
| 1 Показники призначення | |
| 1.1 Діаметр робочого органу, м | 1,6 |
| 1.2 Висота буріння, м | до 50 |
| 1.3 Технічна продуктивність, м ³ /год. | не менше 2,8 |
| 1.4 Коефіцієнт міцності зруйнованих порід за шкалою проф. М.М. Протод'яконова (ГОСТ 21153.1) | 4-16 |
| 1.5 Кут нахилу виробки відносно горизонталі, град. (рад) | 90-110 (1,57-1,93) |
| 1.6 Встановлена потужність, кВт | не більше 200 |
| 1.7 Потужність приводу робочого органу, кВт | 90 |
| 1.8 Габаритні розміри бурильної установки у робочому положенні, мм: | |
| довжина | 1800 |
| ширина | 1600 |
| висота | 3300 |
| 2 Показники надійності | |
| 2.1 90%-й ресурс до першого капітального ремонту, год. | 3600 |
| 2.2 90%-е напрацювання до відмови, год. | 26 |
| 2.3 Середній ресурс до першого капітального ремонту, год. | 5000 |
| 2.4 Середнє напрацювання на відмову, год. | 50 |
| 2.5 Гарантійний термін служби, місяців: | |
| від моменту уведення в експлуатацію | не менше 15 |
| від моменту отримання споживачем | не більше 24 |
| 2.6 Повний середній термін служби, років | 5 |
| 3 Показники економного використання сировини, матеріалів, палива, енергії та трудових ресурсів | |
| 3.1 Питома витрата електроенергії, кВт·год./м ³ | не більше 55 |
| 3.2 Питома маса, кг/м ³ | 4,9 |
| 3.3 Маса, кг | не більше 50000 |

| | |
|--|--------------|
| Продовження таблиці 4.4 | |
| 4 Ергономічні показники | |
| 4.1 Еквівалентний рівень звуку на робочому місці, дБА | не більше 80 |
| 4.2 Концентрація кремнеземовмісного пилу у повітрі робочої зони, мг/м ³ | не більше 2 |
| 5 Показники стандартизації та уніфікації | |
| 5.1 Коефіцієнт уніфікації, % | не менше 26 |

- споживана комбайном потужність;
- габаритні розміри складових частин;
- питома витрата електроенергії;
- питома маса.

Бурильний агрегат з транспортною платформою повинен мати пристрої для установки агрегату в робоче і транспортне положення. Час уведення комбайну у робоче положення при переїздах з горизонту на горизонт не повинен перевищувати 6 змін, а в разі зміни робочого місця у межах одного горизонту – 2 змін.

Конструкція комбайну має забезпечувати вільний доступ до усіх механізмів для їх обслуговування та ремонту. Заміна швидкозношуваних частин повинна здійснюватися безпосередньо на робочому місці без використання спеціальних пристроїв та пристосувань, що не входять у комплект поставки комбайну.

4.2.2.4 Вимоги до рівня стандартизації та уніфікації

В конструкції комбайну має бути максимальне використання покупного, стандартного та уніфікованого обладнання, складальних одиниць та деталей.

Коефіцієнт уніфікації повинен бути не нижче 26%.

4.2.2.5 Вимоги безпеки та охорони здоров'я

Комбайн має відповідати вимогам ГОСТ 12.2.003, ГОСТ 12.2.106 та «Правилам безпеки під час розробки родовищ рудних та нерудних корисних копалин

підземним способом» [22].

Конструкція комбайну повинна забезпечувати:

- безпеку обслуговуючого персоналу під час монтажу, підготовки до експлуатації, технічного обслуговування та ремонту;
- вільний доступ до органів керування.

Керування основними механізмами комбайну повинно здійснюватися дистанційно з кабіни машиніста. Робоче місце машиніста має відповідати вимогам ГОСТ 12.2.106.

Пневматичні пристрої і магістралі комбайну повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.2.101, а гідравлічні пристрої і магістралі – ГОСТ 12.2.040 і ГОСТ 12.2.086.

Еквівалентний рівень звуку на робочому місці машиніста, приведений до повного часу робочої зміни, не має перевищувати значень, встановлених ГОСТ 12.1.003.

Середні квадратичні значення віброшвидкості (або їх логарифмічні рівні) в октавних смугах частот на робочому місці машиніста комбайну не повинні перевищувати значень, встановлених ГОСТ 12.1.012.

Комбайн у процесі експлуатації не повинен виділяти у робочу зону шкідливі речовини у кількостях, що перевищують гранично допустимі концентрації за ГОСТ 12.1.005.

Концентрація пилу у повітрі робочої зони комбайну не повинна перевищувати гранично допустиму концентрацію за ГОСТ 12.1.005.

Комбайн має бути постачений вогнегасником.

4.2.2.6 Естетичні та ергономічні вимоги

Форма складальних частин комбайну має бути раціональною, відповідати його функціональному призначенню та створювати у композиції враження єдиного цілого.

Сигнальні кольори та знаки безпеки – за ГОСТ 12.4.026.

Ергономічні та гігієнічні показники повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.

2.106.

Пульт керування комбайном повинен мати під світку приладів. Освітлення робочої зони комбайну забезпечує споживач.

4.2.2.7 Вимоги до складальних частин продукції, сировини, вихідних та експлуатаційних матеріалів

Покупні складові частини, вихідні матеріали і сировина, що використовуються для виготовлення комбайну, фарби, мастила та робочі рідини повинні відповідати призначенню та умовам роботи виробу. Потрібно застосовувати матеріали, що здатні активно протистояти абразивному зносу, впливу шахтного середовища, а для силових елементів – високоміцні леговані сталі.

4.2.2.8 Умови експлуатації, вимоги до технічного обслуговування та ремонту

Комбайн повинен працювати у монолітних і тріщинуватих, сухих і обводнених, однорідних і шаруватих, змінних за міцністю породах з коефіцієнтом міцності до $f = 16$ за шкалою проф. М.М. Протод'яконова. У разі економічної або технологічної доцільності, яка визначається у кожному конкретному випадку, має бути забезпечена можливість буріння по породах $f = 16-20$.

Комбайн повинен працювати у наступних умовах:

- температура навколишнього повітря – від +2 до +35°C;
- відносна вологість – до $97 \pm 3\%$ при температурі +35°C;
- висота над рівнем моря – не більше 1600 м;
- запиленість навколишнього середовища – не більше 250 мг/м³.

Необхідний час на уведення комбайну в експлуатацію після розконсервування, спуску у шахту та доставки до місця роботи – не більше 5 робочих змін.

Процес експлуатації комбайну має бути організований у двох- або тризмінному режимі при коефіцієнті використання не нижче 0,5.

Установку обслуговує одна людини – машиніст комбайну. У періоди монтажу і демонтажу машини, а також для технічних обслуговувань і ремонтів на робочому місці може залучатися додаткова робоча сила.

Бурильний агрегат комбайну має розташовуватися, як правило, у буровій камері, що примикає до основної виробки, або безпосередньо в основній виробці. Розміри бурової камери у плані: довжина – не більше 3 м, ширина (глибина від стінки виробки) – не більше 2,2 м. Висота камери – не більше 3,5 м.

Кріплення комбайну здійснюється на незруйнованій породі за допомогою анкерних або цангових болтів.

Складальні частини комбайну – маслостанція, блок живлення, кабіна керування, допоміжне обладнання – повинні розташовуватися в основній виробці зліва або справа від бурильного агрегату з урахуванням можливості вивезення бурового шламу по гілці горизонтальної виробки, не зайнятої складовими частинами установки. З іншого боку, система видачі шламу і завантаження його у вагони повинна забезпечувати можливість розміщення складових частин комбайну зліва чи справа від бурильного агрегату. Видача бурового шламу від комбайну повинна здійснюватися рейковою відкаткою за допомогою вагонів з глухим кузовом або навантажувально-транспортною машиною.

Для комбайну КВК встановлюється система технічного обслуговування і ремонту, періодичність та орієнтовна трудомісткість яких приведені у табл. 4.5.

Необхідні кваліфікації обслуговуючого персоналу:

- машиніст комбайну – VI розряд;
- слюсар – IV-V розряд;
- електрослюсар – V розряд.

Експлуатаційна документація повинна містити карту змащення із зазначенням норм збирання відпрацьованого масла, переліки підшипників кочення та гумово-технічних виробів із зазначенням їх основних розмірів та призначення.

Розробка ремонтної документації та норм витрати запасних частин має бути закінчена до початку виробництва капітальних ремонтів.

4.2.2.9 Вимоги до маркування та пакування

На кабіні керування комбайну має бути прикріплена табличка, виконана за ГОСТ 12971 згідно з вимогами ГОСТ 12969, що містить:

Таблиця 4.5 – Періодичність та орієнтовна трудомісткість технічного обслуговування і ремонту комбайну КВК

| Види технічного обслуговування і ремонту | Періодичність | Тривалість, год. | Кількість робітників, чол. | Середня трудомісткість, чол. · год. |
|--|---------------|------------------|----------------------------|-------------------------------------|
| Щозмінне обслуговування (ЩО) | щозмінно | 0,25 | 1 | 0,25 |
| Технічне обслуговування №1 (ТО-1) | щотижня | 7,0 | 2 | 14,0 |
| Технічне обслуговування №2 (ТО-2) | щомісяця | 7,0 | 3 | 21,0 |
| Поточний ремонт Т1 | через 3 міс. | 21,0 | 3 | 63,0 |
| Поточний ремонт Т2 | через 6 міс. | 42,0 | 3 | 126,0 |
| Капітальний ремонт К | через 24 міс. | 350,0 | 3 | 1050,0 |

- товарний знак або найменування підприємства-виготовлювача;
- найменування та умовне позначення виробу;
- порядковий номер виробу за системою нумерації підприємства-виготовлювача;
- місяць та рік випуску;
- позначення технічних умов, за якими випускається комбайн.

Маркування має бути виконано способом, що забезпечує зберігання надписів протягом усього терміну служби установки.

Складальні частини комбайну, що транспортуються окремо, повинні мати монтажне маркування згідно з вимогами ГОСТ 24444.

Маркування транспортної тари та незапакованих вантажних місць потрібно здійснювати відповідно з ГОСТ 14192.

Складальні частини комбайну, інструмент і приладдя мають бути піддані консервації згідно з ГОСТ 9.014:

- група виробу – III, варіант тимчасового захисту – ВЗ-1, варіант внутріш-

нього пакування – ВУ-1, термін захисту без повторної консервації для категорії умов зберігання і транспортування 8 (ОЖЗ) – один рік;

- для запасних частин варіант тимчасового захисту – ВЗ-1, варіант внутрішнього пакування – ВУ-1, термін захисту без повторної консервації для категорії умов зберігання і транспортування 2 (С) – три роки.

Великі складові частини, окрім кабіни керування, поставляються без пакування. Захист виробів – КУ-0 за ГОСТ 23170. Кабіна керування, дрібні складальні одиниці і деталі, запасні частини та інструмент мають бути запаковані у шухляди типу III-I, виготовлені згідно з вимогами ГОСТ 2991 та (або) ГОСТ 10198, категорія упаковки – КУ-2 за ГОСТ 23170.

Вироби гідравлічного обладнання з комплекту запасних частин повинні бути запаковані згідно з вимогами ГОСТ 15180, категорія упаковки – КУ-2.

Упаковка електрообладнання повинна відповідати вимогам ГОСТ 23216. Виконання упаковки на міцність – $\frac{У}{КУ-2}$, поєднання транспортної тари з внутріш-

ньою упаковкою – $\frac{ТЕ-1}{ВУ-1}$.

Упаковка технічної та товаросупроводжувальної документація має відповідати вимогам ГОСТ 23170.

4.2.2.10 Вимоги до транспортування і зберігання

Комбайн може транспортуватися залізничним та автомобільним видами транспорту. Розташування та кріплення вантажних місць слід здійснювати згідно з правилами, що діють на конкретному виді транспорту. У будь-якому випадку розташування та кріплення складових частин комбайну мають забезпечити їх стійке положення під час переміщення. Зміщення та удари не допускаються.

Умови транспортування комбайну у частині впливу механічних факторів – Ж за ГОСТ 23170, у частині впливу кліматичних факторів – 8 (ОЖЗ) за ГОСТ 15150.

Зберігання складових частин комбайну без упаковки повинно відповідати умовам 5 (ОЖ4) за ГОСТ 15150.

Зберігання запакованих складальних одиниць, деталей та запасних частин повинно відповідати умовам 2 (С) за ГОСТ 15150.

Термін зберігання комбайну не повинен перевищувати 2-х років.

4.3 Загальна оцінка технічного рівня пропонованої конструкції

Для оцінки технічного рівня комбайну КВК в якості бази порівняння приймаємо варіант проходки висхідних виробок з використанням бурильного комбайну 1КВ1, який працює за аналогічною схемою проходки. Проте його застосування для проведення виробок невеликої висоти (до 50 м) пов'язано зі значними обсягами будівельно-монтажних робіт. Комбайн 1КВ1 потребує спорудження бурової камери для монтажу об'ємом не менше 50 м³ та бетонного фундаменту для його установки. Внаслідок цього питомі витрати на підготовку проходки коротких висхідних виробок та на монтажні-демонтажні роботи суттєво перевищують витрати на власне буріння.

У табл. 4.6 приведена порівняльна характеристика базового (1КВ1) та нового (КВК) варіантів комбайнів.

Таблиця 4.6 – Порівняльна характеристика комбайнів

| Найменування показників | Одиниця виміру | Варіанти порівняння | |
|---|-------------------------|---------------------|-----------|
| | | базовий 1КВ1 | новий КВК |
| Параметри висхідної виробки: | | | |
| висота | м | 90 | 50 |
| діаметр | м | 1,6 | 1,6 |
| Технічна швидкість буріння виробки з урахуванням витрат часу на нарощування штанг та установку ліхтарів | м ³ /год. | 1,8 | 2,8 |
| Питома витрата електроенергії | кВт·год./м ³ | 57,4 | 55,0 |
| Об'єм виробки для установки бурильного агрегату комбайну | м ³ | 50 | 20 |
| Термін служби комбайну | років | 5 | 5 |

З таблиці добре видно, що для умов проходки коротких висхідних виробок показники комбайну КВК або не гірше показників установки 1КВ1, або суттєво їх перевищують. Завдяки цьому його промислове використання може забезпечити отримання значного економічного ефекту.

Таким чином, можна констатувати високий технічний рівень пропонованої бурильної установки.

Висновки:

- під час вибору та обґрунтування конструктивної схеми комбайну бурильної для проходки коротких висхідних виробок слід враховувати експлуатаційні вимоги, що ставляться до нього;

- пропоновані принципова та кінематична схема комбайну забезпечують ефективне виконання основних технологічних операцій процесу бурильної проходки коротких висхідних виробок;

- в результаті порівняльного аналізу можливих конструктивних варіантів приводу обертання ротору комбайну встановлена можливість розробки установки як на основі регульованого електроприводу обертання ротора, так і на основі регульованого гідроприводу;

- на підставі результатів виконаних досліджень здійснено обґрунтування основних вимог до створюваної конструкції бурильного комбайну. Згідно з призначенням та метою розробки виробу сформульовано його склад та вимоги до конструктивної будови, показники призначення та надійності установки, вимоги до технологічного і метрологічного забезпечення, рівня стандартизації та уніфікації, вимоги безпеки та охорони здоров'я, естетичні та ергономічні вимоги, вимоги до складальних частин продукції, сировини, вихідних та експлуатаційних матеріалів, умови експлуатації, вимоги до технічного обслуговування та ремонту, маркування та пакування, транспортування і зберігання установки;

- порівняння пропонованого комбайну КВК з базовою моделлю 1КВ1 переконливо підтвердило його техніко-економічні переваги під час бурильної проходки коротких висхідних підземних виробок та дозволило зробити висновок про ви-

сокий технічний рівень конструкції. Використання мобільного комбайну КВК в умовах, насамперед, систем розробки з підповерховим обваленням руди є вельми перспективним напрямком науково-технічного переозброєння у розглянутій галузі механізації гірничих робіт.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Виконаний у роботі аналіз технологічних способів проходки висхідних підземних гірничих виробок у породах різної міцності та існуючого механічного обладнання для виконання цієї роботи дозволив зробити однозначний висновок про беззаперечні переваги та великі перспективи подальшого розвитку бурильного способу проходки на повний перетин виробок за допомогою верстатів (комбайнів) шарошкового типу, особливо у разі експлуатації в умовах руйнування міцних гірничих порід.

Використання установок бурильного типу забезпечує реалізацію режиму безупинної проходки висхідних виробок, суттєве підвищення продуктивності процесу, високий рівень безпеки та комфортні умови праці прохідників, механізацію практично усіх робочих операцій. Завдяки круглій формі перетину та відносній гладкості стінок виробок, а також тому, що навколишній скельний масив не піддається впливу підривних робіт, отримані виробки значно краще опираються дії гірничому тиску та мають кращі аеродинамічні характеристики. Точне дотримання проектних контурів виробок дає можливість значно скорочувати витрати на кріплення.

Найбільш розповсюдженою схемою бурильної проходки висхідних виробок у міцних гірничих породах є буріння пілот-свердловини шарошковим долотом з верхнього горизонту або з поверхні землі вниз до нижнього горизонту з подальшим розширенням виробки до повного перетину у зворотному напрямку розбурювачем, озброєним декількома шарошками. Високими техніко-економічними показниками характеризується також схема проходки суцільним забоєм знизу-нагору.

До найкращих світових зразків механічного обладнання для бурильної проходки висхідних виробок у міцних гірничих породах обома вказаними способами можна віднести бурильні комбайни серії КВ розробки інституту ВНДІПрудмаш (м. Кривий Ріг).

Пропоновані конструкції вітчизняного та закордонного обладнання буриль-

ного типу розраховані на використання для проходки висхідних виробок висотою від 50 м і більше. Проходка ж коротких висхідних виробок (висотою до 50 м), частка яких у загальному обсязі таких робіт сягає 26-30%, здійснюється практично виключно буропідривним способом із застосуванням дрібношпурового буріння. Виконаний аналіз можливих шляхів його заміни показав, що найбільш перспективними способами проходки коротких висхідних виробок є проходка за допомогою секційного підривання вибухових свердловин на висоту до 20-25 м та проходка безвибуховим (буровим) способом на висоту до 50 м і більше.

З точки зору забезпечення вільного проходження потоку рудної маси крізь поперечний перетин вертикальної виробки для найбільш розповсюджених характеристик гранулометричного складу руд вітчизняних шахт з видобутку мінеральної сировини для чорної і кольорової металургії оптимальний діаметр рудоспуску має бути не менше 1,6 м. Таким чином, можна стверджувати, що характерні особливості технології гірничих робіт визначають переважну потребу гірничодобувної промисловості у висхідних виробках висотою 40-50 м та діаметром 1,6 м, які найбільш доцільно проходити безвибуховим способом за допомогою комбайнів бурильного типу.

В роботі проведено обґрунтування основних техніко-економічних показників використання прохідницьких комбайнів бурильного типу, зокрема швидкості проходки коротких висхідних виробок та його собівартості, а також зроблено оцінку очікуваної продуктивності прохідників та річної потреби у подібному прохідницькому обладнанні бурильного типу.

Здійснено обґрунтування основних показників призначення комбайну для бурильної проходки коротких висхідних виробок, а саме: раціональних величин осьового зусилля, максимальної частоти обертання та крутного моменту породоруйнуючого органу.

Під час вибору та обґрунтування конструктивної схеми комбайну бурильної для проходки коротких висхідних виробок слід враховувати експлуатаційні вимоги, що ставляться до нього.

Пропоновані принципова та кінематична схема комбайну забезпечують ефе-

ктивне виконання основних технологічних операцій процесу бурильної проходки коротких висхідних виробок.

В результаті порівняльного аналізу можливих конструктивних варіантів приводу обертання ротору комбайну встановлена можливість розробки установки як на основі регульованого електроприводу обертання ротора, так і на основі регульованого гідроприводу.

На підставі результатів виконаних досліджень здійснено обґрунтування основних вимог до створюваної конструкції бурильного комбайну. Згідно з призначенням та метою розробки виробу сформульовано його склад та вимоги до конструктивної будови, показники призначення та надійності установки, вимоги до технологічного і метрологічного забезпечення, рівня стандартизації та уніфікації, вимоги безпеки та охорони здоров'я, естетичні та ергономічні вимоги, вимоги до складальних частин продукції, сировини, вихідних та експлуатаційних матеріалів, умови експлуатації, вимоги до технічного обслуговування та ремонту, маркування та пакування, транспортування і зберігання установки.

Порівняння пропонованого комбайну КВК з базовою моделлю 1КВ1 переконливо підтвердило його техніко-економічні переваги під час бурильної проходки коротких висхідних підземних виробок та дозволило зробити висновок про високий технічний рівень конструкції. Використання мобільного комбайну КВК в умовах, насамперед, систем розробки з підповерховим обваленням руди є вельми перспективним напрямком науково-технічного переозброєння у розглянутій галузі механізації гірничих робіт.

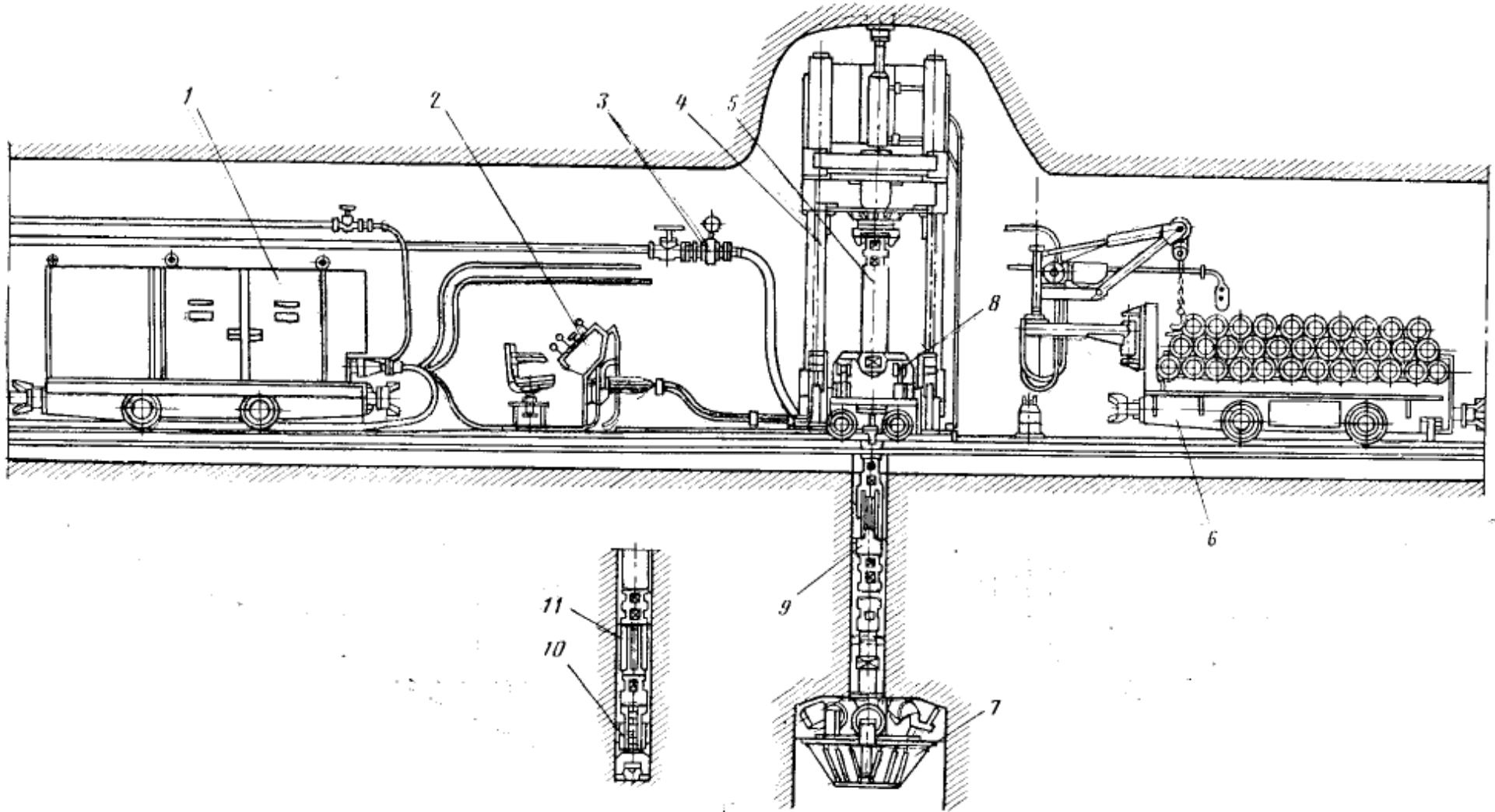


Рисунок 1.9 – Схема бурильного комбайну 2КВ розробки інституту ВНДПрудмаш:
 1 – блок живлення; 2 – пульт керування; 3 – змішувач повітря; 4 – бурильний верстат; 5 – бурова штанга;
 6 – візок для штанг; 7 – розбурювач; 8 – маніпулятор; 9 – штанга-стабілізатор; 10, 11 – перехідники

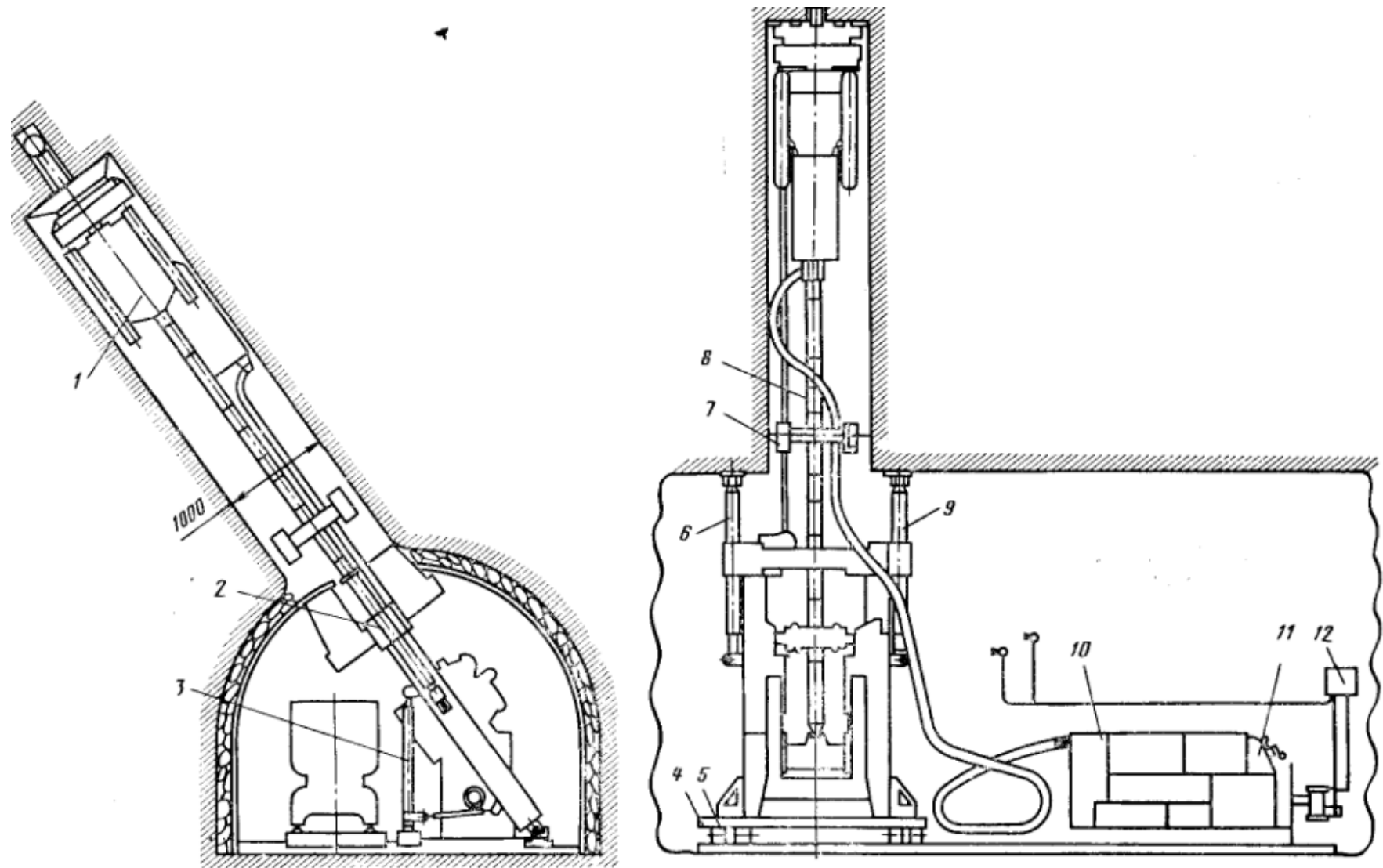


Рисунок 1.4 – Бурильна установка «Стріла-77»:

1 – снаряд-обертач; 2 – механізм подачі; 3, 6, 9 – гідродомкрати; 4 – монорейка; 5 – башмак; 7 – ліхтар;
8 – постав подачі; 10 – маслостанція; 11 – станція керування; 12 – апаратура сигналізації

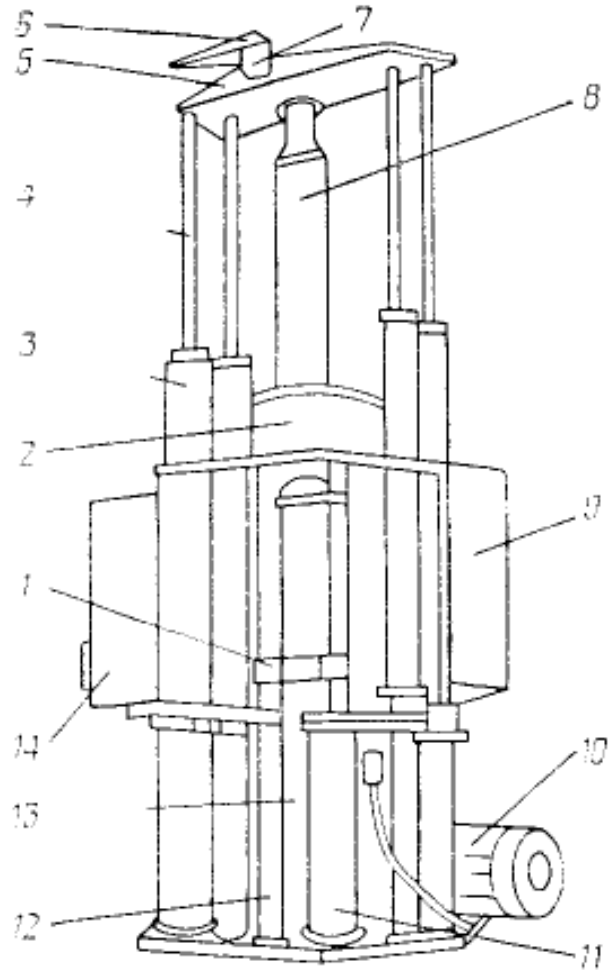


Рисунок 1.7 – Бурильний агрегат верстату (комбайну) для проходки висхідних виробок:
а – установки БУВ-800Р (1 – накидна муфта; 2 – роторний обертач; 3 – гідроциліндр подачі; 4 – шток;
 5 – траверса; 6 – консольний блок; 7 – вертлюг; 8 – шпиндель; 9 – привод; 10 – маслостанція; 11 – рама;
 12 – нижній ключ; 13 – буровий постав; 14 – пульт керування);
б – верстату RHINO 400 Н фінської фірми «Sandvik Tamrock»