Комплексна бакалаврська робота
Аналіз конструкції та організація процесу експлуатації головки бурильної пневмогідравлічної БПГ

Мориконь Тимур Віталійович
Частина І. Аналіз конструкції головки бурильної пневмогідравлічної БПГ

Сметанюк Артем Дмитрович
Частина ІІ. Організація процесу експлуатації головки бурильної пневмогідравлічної БПГ

Керівник роботи **доц., к.т.н. Кривенко О.Ю.**

ВСТУП

Сучасний стан розвитку гірничодобувної промисловості в галузі розробки міцних корисних копалин (передусім, металевих руд на кшталт залізних) передбачає переважне використання буропідривного способу відбивання руди від гірського масиву. І якщо для проходки підземних виробок він останнім часом змушений поступатися позиціями на користь бурового способу за допомогою комбайнів (верстатів) шарошкового типу, то для очисного виймання продовжує залишатися практично поза конкуренцією [1-6].

Буропідривне відділення руди від масиву дає можливість отримання суміші шматків певних розмірів, яка забезпечує підвищення ефективності процесів випуску, навантаження, доставки, транспортування та видачі на поверхню шахти чи кар'єру гірничої маси.

Основним недоліком способу буропідривного відбивання є його циклічний характер, який унеможливлює суміщення його операцій в часі з іншими технологічними процесами розробки корисних копалин. А це стає перешкодою для широкого практичного впровадження сучасних прогресивних технологій потокового видобутку з безупинною видачею руди, які вимагають такого ж безперервного процесу відбивання породи [7-12].

Вченими усього світу проводяться дослідження нових фізичних, механічних та комбінованих способів руйнування міцних гірських порід, які б могли забезпечити можливість створення видобувного обладнання безупинної дії. Але ці роботи, за винятком згаданих вище прохідницьких машин шарошкового типу, просуваються не так швидко, як би цього хотілося. Поки що вони знаходяться у пошукової стадії і навряд чи в найближчі два-три десятиліття зможуть погрожувати домінуючим позиціям буропідривного способу відбивання руди.

Таким чином, удосконалення даного способу з метою підвищення його ефективності продовжує залишатися однією з найважливіших задач гірничої науки і практики. Особливе значення вона набуває при впровадження потокової технології видобутку, яка ставить перед нею низку специфічних вимог.

Різні способи буропідривного відбивання руди (шпурами, свердловинами різного діаметру і напрямку, наприклад паралельні, віялові тощо) мають ті чи інші недоліки: надмірне подрібнення породи в зоні дроблення або, навпаки, підвищений вихід негабаритної руди, викривлення свердловин, різні та нерівномірні витрати вибухових речовин. Щоправда, на прохідницьких роботах через порівняно невеликі глибини та діаметри буріння шпурів таких проблем менше.

Світовий досвід розвитку гірничодобувної промисловості свідчить про важливість розробки конструктивно досконалого та надійного бурильного обладнання, в тому числі самохідного, для проходки шпурів і свердловин. З огляду на це, актуальність теми представленої комплексної бакалаврської роботи, присвяченої аналізу конструкції та організації процесу експлуатації головки бурильної пневмогідравлічної ГБПГ, не викликає жодних сумнівів.

Об’єкти роботи:

- частина І – технологічний процес буріння прохідницьких шпурів в породах будь-якої міцності;

- частина ІІ – технологічний процес експлуатації головки бурильної пневмогідравлічної ГБПГ.

Предмети роботи:

- частина І – головка бурильна пневмогідравлічна ГБПГ;

- частина ІІ – параметри режимів експлуатації головки бурильної пневмогідравлічної ГБПГ.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
«КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ
Кафедра гірничих машин і обладнання

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної (бакалаврської) роботи

зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

Тема роботи:

Аналіз конструкції та організація процесу експлуатації головки бурильної пневмогідравлічної ГБПГ

Частина І

Аналіз конструкції головки бурильної пневмогідравлічної ГБПГ

РЕФЕРАТ

Аналіз конструкції та організація процесу експлуатації головки бурильної пневмогідравлічної ГБПГ. Частина І. Аналіз конструкції головки бурильної пневмогідравлічної ГБПГ. Мориконь Тимур Віталійович. Криворізький національний університет, факультет механічної інженерії та транспорту, кафедра гірничих машин і обладнання, група ГМБ-22-1.– Кривий Ріг: КНУ, 2026.
Загальний обсяг роботи: сторінок – 102, ілюстр. – 13, табл. – 12, література – 30; креслень – 8.

Перша частина роботи присвячена розгляду існуючих видів буріння гірничих порід, обладнання, що використовується для цього, перспектив його подальшого розвитку та оцінці конструктивної досконалості бурильної головки пневмогідравлічного типу ГБПГ, розробленої в інституті ВНДПІрудмаш (м. Кривий Ріг).

Ключові слова: обладнання для механізації процесу буріння вибухових шпурів під час проходки горизонтальних виробок в породах середньої та високої міцності, бурильна головка пневмогідравлічного типу ГБПГ

1 ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ОБЛАДНАННЯ

1.1 Основні способи буріння гірського масиву

В гірничій промисловості знаходять практичне використання наступні способи буріння порід [8,10,11,13-15]:

- механічні, які характеризуються безпосереднім силовим руйнуючим впливом бурового інструменту на породу. Цей вплив забезпечується шляхом прикладання до бурового інструменту осьового зусилля, крутного моменту та ударних імпульсів;

- немеханічні, принцип дії яких полягає у зміненні кристалографічної структури гірських порід за рахунок підведення до них енергії, що викликає ці змінення. Поки що вони програють механічним в економічному плані через суттєво більші витрати енергії на руйнування одиниці об'єму породи і тому мають обмежене застосування в гірничій промисловості.

Можна відзначити термічний спосіб буріння, який подекуди використовується на рудних кар'єрах. Принцип його дії полягає у нагріванні породи струменем газів з температурою 2500-3000 ^{o}C, які виходять з пальника з надзвуковою швидкістю. Під дією тепла порода розтріскується, а механічний вплив струменю руйнує її. Утім, спосіб підходить лише для тугоплавких порід з низькою теплопровідністю, які спочатку розтріскуються, а вже потім починають плавитися.

Отже, основними способами буріння гірських порід є механічні, які можна класифікувати наступним чином:

- обертальне буріння;

- ударне (ударно-поворотне) буріння;

- комбіновані способи – обертально-ударне та ударно-обертальне буріння. Останні два відрізняються співвідношенням обертового та ударного впливу бурового інструменту на породу. Перше слово у назві способу вказує на переважний фактор впливу.

Усі механічні способи буріння мають певні області практичного викори-

стання. На рис. 1.1 приведений порівняльний аналіз цих способів з точки зору співвідношення енергетичних впливів на буровий інструмент, які вони забезпечують [8]. На графіках видно, що обертальний спосіб відрізняється відсутністю ударних впливів, але високими значеннями осьового зусилля та крутного моменту. Для ударного способу головним енергетичним чинником є ударні імпульси. В обертально-ударному бурінні основний вплив на інструмент забезпечується за рахунок осьового зусилля та крутного моменту, а в ударно-оберта-льному – за допомогою ударних імпульсів.

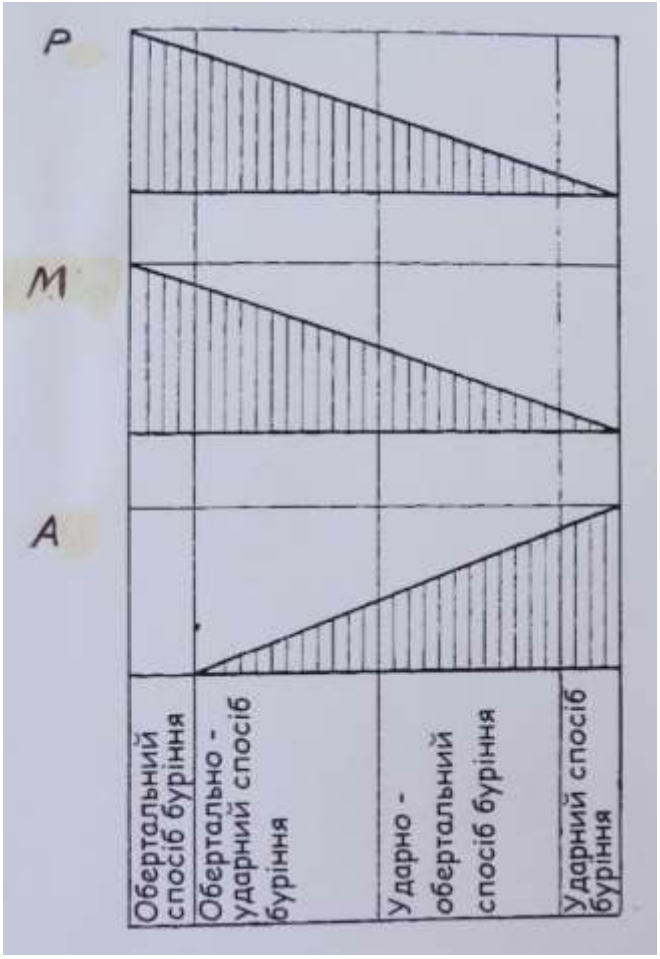


Рисунок 1.1 – Відносні значення осьового зусилля *P*,
крутного моменту *M* та ударних імпульсів *A* для різних способів буріння

Розглянемо ці способи більш докладно. Схеми руйнування гірських порід при цьому приведені на рис. 1.2.

Обертальне буріння (рис. 1.2*а*) здійснюється коронкою, вісь обертання якої співпадає з віссю шпуру (свердловини). Кожний робочий елемент коронки, ви-

конаний з міцної сталі або з твердого сплаву, під дією осьового зусилля *P* та крутного моменту *M*, рухається по гвинтовій лінії і сколює породу. Такий принцип дії є ефективним лише для порід середньої та нижче середньої міцності. Тверді ж породи не руйнуються в режимі сколювання, а процес стирання не забезпечує потрібної продуктивності буріння. Альтернативою може бути використання алмазних бурових коронок, але вони дуже вартісні і нерентабельні для масового буріння шпурів і свердловин.

Обертальне буріння може відбуватися як на повний перетин шпуру або свердловини, так і в режимі вибурювання зовнішньої кільцевої щілини з подальшим вилученням з виробки крупних шматків центрального керну. У другому випадку площа контакту коронки з породою суттєво менша і при тому є осьовому зусиллі питомий тиск більш високий, що дозволяє використовувати такий спосіб буріння для порід середньої міцності. Але втрати часу на вилучення керну знижують середню швидкість буріння.

Ударне (ударно-поворотне) буріння (рис. 1.2*б*) здійснюється шляхом нанесення ударних імпульсів по хвостовику бурового інструменту. Після кожного удару, який руйнує певний об'єм гірської породи, інструмент повертається на певний кут і наступний удар потрапляє в інше місце забою шпуру або свердловини. Таким чином, коронка поступово руйнує породу по усьому перетину забою. Ударний вплив на крихкі гірські породи спричиняє більш ефективне руйнування масиву у порівнянні зі статичним навантаженням у випадку обертального буріння. Тому ударне буріння використовується для порід міцністю вище середньої.

Окремим випадком застосування режиму ударного буріння можна вважати шарошковий спосіб (рис. 1.2*г*). Шарошкове долото під час перекочування по забою свердловини наносить своїми зубками або твердосплавними вставками численні мікроудари по породі при значному зусиллі подачі. Такий режим дає можливість бурити породи практично будь-якої міцності.

Нарешті, на рис. 1.2*в* показана схема комбінованого обертально-ударного (або ударно-обертального) буріння, яке здійснюється притиснутою до забою бе-

зупинно обертової коронкою, по якій наносяться удари. Спосіб використовується для буріння в породах середньої і вище середньої міцності. Швидкість буріння при цьому може бути в два-три рази вищою у порівнянні з ударним способом буріння.

1.2 Обладнання для буріння шпурів і свердловин в міцних породах

Для буріння вибухових шпурів і свердловин під час здійснення прохідницьких та очисних робіт, а також шпурів для установки анкерного і тросового кріплення, монорейок для пересування прохідницького обладнання (наприклад, самохідних помостів комплексів для буропідривної проходки висхідних виробок), закріплення тих чи інших механізмів для виконання основних та допоміжних операцій видобутку корисних копалин (наприклад, віброживильників в дучках для запобігання їхнього мимовільного виходу на доставкову виробку під дією вібрації, талів, блоків тощо) використовується різноманітне бурильне устаткування, яке можна класифікувати за способом руйнування гірських порід, за родом споживаної енергії та за призначенням.

Оскільки ми обмежуємося розглядом обладнання для роботи в умовах міцних порід, то зупинимося на машинах ударного (ударно-поворотного) та комбінованого (обертально-ударного та ударно-обертального) буріння.

За призначенням бурильне обладнання можна умовно розділити на ручне (переносне), яке використовується для невеликих обсягів буріння шпурів в різних технологічних процесах підземного видобутку міцних руд, та механізоване, що дозволяє бурити шпури і свердловини широкого діапазону діаметрів і глибин під час проходки гірничих виробок та очисного виймання руди.

За родом споживаної енергії абсолютно переважне використання отримали бурильні машини пневматичного та гідравлічного типів.

Типовими представниками ручного (переносного) бурильного обладнання є класичні перфоратори легких типів: переносні, якими бурять за допомогою легких конструкцій підтримувальних та подавальних пристроїв; телескопні для бу-

ріння висхідних шпурів, що постачені автономними телескопічними подавальними пристроями з упором в підошву виробки.

Існує величезна номенклатура таких установок як вітчизняного, так і закордонного походження. На рис. 1.3-1.5 показані деякі з них, а саме [10]:

- вітчизняний пневматичний переносний перфоратор типу ПП50В1 (рис. 1.3*а*), призначений для буріння горизонтальних і похилих шпурів діаметром 36-40 мм та глибиною до 3 м в породах міцністю до f = 18, а також пневматичний пристрій типу ПК (рис. 1.3*б*) для його підтримки на певній висоті та створення осьового зусилля подачі. Пристрій може встановлюватися під кутом 0-65^{o} до осі перфоратора;

- пневматичний переносний перфоратор типу RH 656 виробництва фірми «ATLAS COPCO» (Швеція) (рис. 1.3*в*) для буріння горизонтальних і похилих шпурів діаметром 27-40 мм в породах міцністю до f = 20, а також пневматичний підтримувальний пристрій BMK 62S (рис. 1.3*г*) для нього;

- вітчизняна переносна бурильна установка УПБ-1 (рис. 1.4) для буріння горизонтальних і похилих шпурів в породах різної міцності під час проведення підземних гірничих виробок висотою від 1,8 до 3,0 м;

- вітчизняний пневматичний телескопний перфоратор типу ПТ-63 (рис. 1.5*а*) для буріння висхідних шпурів діаметром до 46 мм та глибиною до 5 м в породах міцністю до f = 20;

- пневматичний телескопний перфоратор типу BBD 46WS/WR виробництва фірми «ATLAS COPCO» (Швеція) (рис. 1.5*б*) для буріння висхідних шпурів діаметром 21-47 мм в породах міцністю до f = 20.

Що стосується важкого механізованого бурильного обладнання, то до нього відносяться і бурильні головки важкого типу, які встановлюються на самохідних конструкціях шахтних бурильних установок для проходки підземних виробок та бурильних верстатів для проведення вибухових свердловин під підготовки до очисного виймання руди.

Сучасний етап розвитку підземного способу розробки родовищ міцних руд характеризується широким застосуванням самохідного обладнання (бурильного,



Рисунок 1.4 – Переносна бурильна установка УПБ-1



а



б

Рисунок 1.5 – Телескопні перфоратори:
а – вітчизняний ПТ-63; *б* – шведський типу BBD 46WS/WR

навантажувально-транспортного, зарядного, кріпильного та різноманітних машин допоміжного призначення). Така техніка відрізняється високим рівнем мобільності та автономності, здатністю до широкого комбінування функцій, має, як правило, пневмошинний хід та дизельний або електричний привод.

Самохідні бурильні установки та бурильні верстати обладнані гідравлічними маніпуляторами, які несуть на собі подавальні пристрої і потужні бурильні головки пневматичного або гідравлічного типу. На рис. 1.6 показані деякі конструкції подібного самохідного обладнання, а на рис. 1.7 – бурильні головки для них [10]:

- самохідна бурильна шахтна установка УБШ-221П (УБШ-212) (рис. 1.6*а*) вітчизняного виробництва, яка призначена для буріння фронтальних, флангових та висхідних шпурів у виробках з поперечним перетином від 6 до 12 м^2 в породах міцністю до f = 20;

- самохідна гідравлічна бурильна шахтна установка AXERA D05-40 виробництва фірми «SANDVIK TAMROCK» (Фінляндія) (рис. 1.6*б*) для буріння горизонтальних і похилих шпурів у виробках з поперечним перетином від 5 до 37 м^2, а також для буріння анкерних шпурів;

- самохідний бурильний верстат вітчизняного виробництва БП-100С (рис. 1.6*в*), призначений для буріння експлуатаційних, розвантажувальних, закладних та інших свердловин діаметром від 105 до 160 мм в породах і рудах міцністю до f = 20;

- самохідний гідравлічний бурильний верстат Simba H257 виробництва фірми «ATLAS COPCO» (Швеція) (рис. 1.6*г*) для буріння експлуатаційних свердловин діаметром від 48 до 76 мм та глибиною до 32 м в породах і рудах міцністю до f = 20;

- пневматичні колонкові перфоратори важкого типу вітчизняного виробництва (ПК-60М, ПК-75М) (рис. 1.7*а*); використовуються в якості бурильних машин на верстатах та установках різних конструкцій;

- вітчизняна гідравлічна бурильна головка 505-04.06.0000 (рис. 1.7*б*) для буріння очисних і прохідницьких шпурів діаметром до 46 мм в породах міцністю

до f = 20;

- важкий гідравлічний перфоратор COP 2238HD («ATLAS COPCO») (рис. 1.7*в*) для буріння шпурів діаметром від 38 до 64 мм під час проведення очисних та підготовчих робіт в породах міцністю до f = 20;

- важкий гідравлічний перфоратор HLX5 («SANDVIK TAMROCK») (рис. 1.7*г*) для буріння шпурів діаметром від 43 до 64 мм під час проходки гірничих виробок.

1.3 Перспективи використання бурильних головок пневмогідравлічного типу

Порівнюючи результати експлуатації бурильного обладнання пневматичного і гідравлічного типів можна сказати, що основними недоліками першого є підвищений рівень шуму, викиди аерозолів масла в шахтну атмосферу, утворення в ній водяного туману. Пневматичні конструкції потребують значної витрати стисненого повітря, що стримує розробку головок з підвищеними енергетичними можливостями. Продуктивності більшості серійних пневматичних бурильних головок не забезпечують сучасні потреби гірничого виробництва.

Поява бурильних головок гідравлічного типу дозволила підвищити швидкість буріння, зменшити рівні шуму та запиленості в забоях, реалізувати більш плавне регулювання ударного навантаження,крутного моменту та частоти обертання бурового інструменту. Проте вартість такого обладнання значно вища у порівнянні з пневматичним. Воно потребує створення складної системи енергозабезпечення, більш високої культури виробництва, експлуатації та технічного обслуговування. Крім того, енергетичні можливості гідравлічного бурильного обладнання можна вважати надлишковими у порівнянні з пневматичним (адже тиск робочої рідини в них може перевищувати тиск повітря в пневматичних головках в десятки разів), що в багатьох випадках призводить до виходу з ладу бурового інструменту, який не витримує таких динамічних навантажень.

З огляду на це, багато розробників бурильної техніки продовжують удос-

коналення пневматичного обладнання. Одним з можливих технічних рішень може бути застосування живильного повітря з підвищеним у 4-5 разів тиском (до 2-2,5 МПа) за допомогою мобільних забійних дотискних пристроїв.

Іншим шляхом є поєднання переваг пневматичних і гідравлічних бурильних головок за рахунок використання пневмогідравлічного приводу, в якому енергоносієм для ударного вузла головки служить стиснене повітря, а для обертача – гідравлічне масло під тиском.

Такий підхід має суттєвий недолік – використання двох видів енергії для живлення головки. Але він компенсується цілою низкою переваг, а саме [16]:

- удвічі меншою витратою стисненого повітря;
- підвищенням санітарно-гігієнічних умов праці бурильників;
- можливістю переведення на електропривод усієї гідросистеми установки із загальним спрощенням конструкції;
- стабілізацією значення крутного моменту в усьому діапазоні змінення частоти обертання;
- можливістю плавного регулювання частоти обертання;
- розширенням діапазону оброблюваних порід за міцністю.

Проектування та організація серійного виробництва такого обладнання не потребуватиме тривалої технологічної підготовки, необхідної для гідравлічного обладнання, адже в якості ударних вузлів можуть бути використані серійні складальні одиниці пневматичного бурильного обладнання.

Далі в роботі на прикладі пневмогідравлічної бурильної головки ГБПГ, розробленої в інституті ВНДПІрудмаш (м. Кривий Ріг), буде доведена доцільність створення такого комбінованого бурильного обладнання.

2 ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС КОНСТРУКЦІЇ БАЗОВОЇ МАШИНИ

Опис виконано згідно з [17-20].

2.1 Призначення виробу

Головка бурильна пневмогідравлічна ГБПГ призначена для обертального та обертально-ударного буріння шпурів діаметром 43-70 мм в породах міцністю до 20 одиниць за шкалою проф. М.М. Протод'яконова під час проходки горизонтальних гірничих виробок і тунелів з гідрофікованих бурильних установок за ДСТУ 20785 та портальних бурильних установок.

Бурильна головка має кліматичне виконання 0, категорію розміщення 5 і розрахована на використання в атмосфері типу IV в умовах експлуатації за групою ОЖ1 за корозійною активністю атмосфери (ДСТУ 15150).

Пристрій виконаний за вимогами [18].

2.2 Комплектність поставки продукції

В комплект поставки головки входять:

- власне головка бурильна пневмогідравлічна ГБПГ у зборі;
- запасні частини, інструмент та приладдя згідно з ГБПГ.000 ДВК;
- експлуатаційні документи згідно з ГБПГ.000 ФО за ДСТУ 2.601.

2.3 Технічні дані бурильної головки

Основні технічні параметри бурильної головки приведені в табл. 2.1.

2.4 Загальна будова та принцип дії конструкції

Зовнішній вигляд бурильної головки ГБПГ показаний на рис. 2.1.

Таблиця 2.1 – Основні технічні характеристики бурильної головки ГБПГ

Показники	Значення
1 Показники призначення	
1.1 Енергія удару ударника, Дж, не менше	147
1.2 Частота ударів, $с^{-1}$ ($хв.^{-1}$)	53,3 (3200)
1.3 Ударна потужність, кВт	7,84
1.4 Повна потужність, кВт	18,84
1.5 Крутний момент, що розвивається головкою, Н·м, не менше	350
1.6 Частота обертання, $с^{-1}$ ($хв.^{-1}$)	5 (300)
1.7 Номінальний тиск стисненого повітря, МПа	0,5±0,01
1.8 Витрата стисненого повітря, $м^3$/хв.	9
1.9 Номінальний тиск гідравлічної рідини, МПа	16±0,4
1.10 Витрата гідравлічної рідини, л/хв., не більше	50
1.11 Маса, кг, не більше	100
2 Показники економного використання сировини, матеріалів, палива та енергії	
2.1 Питома маса бурильної головки, кг/кВт·міс., не більше	0,358
2.2 Питома витрата енергії ударника, кВт/кВт, не більше	9,57
2.3 Питома витрата енергії обертача, кВт/кВт, не більше	1,21
2.4 Питома витрата повітря, м3/с·кВт, не більше	0,019
3 Показники надійності	
3.1 Напрацювання на відмову, год.	42
3.2 Повний ресурс, год.	2000
3.3 Повний термін служби, міс.	24
3.4 Середній час відновлення працездатного стану, год.	1,2
3.5 Середній термін зберігання, років	1,0
3.6 Коефіцієнт технічного використання	0,8
4 Ергономічні показники	
4.1 Рівень звуку, дБА*	112

Продовження таблиці 2.1	
5 Естетичні показники	
5.1 Показник цілісності композиції, бал 5.2 Показник досконалості виробничого виконання та стабільності товарного вигляду, бал	4,3 4,25
6 Показники технологічності	
6.1 Питома трудомісткість виготовлення бурильної головки, нормо·год./кВт 6.2 Енергоємність виготовлення бурильної головки, кВт·год./кВт	9,9 29,5
7 Патентно-правові показники	
Показник патентної чистоти	1

*Рівні звукової потужності в октавних смугах частот та рівень звуку (тимчасова шумова характеристика) приведені нижче, в табл. 2.2

Таблиця 2.2 – Рівні звукової потужності в октавних смугах частот та рівень звуку (тимчасова шумова характеристика)

Середньогеометричні частоти октавних смуг, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Рівень звуку, дБА
Рівні звукової потужності, дБ	114	112	116	116	118	120	120	111	112

Бурильна головка (схема пристрою приведена на рис. 2.2) складається з ударного вузла та обертача.

Конструкція ударного вузла включає циліндр 20 і поршень 19, на якому за допомогою штифтів 22 встановлені клапан 23 метеликового типу та кришка 24 зі штуцером 26. Останній ущільнений кільцем 25 та закритий ковпачком 27.

Шток поршня 19 розміщений в аксіально рухомій та обертовій в корпусі 13 втулці 16, яка з боку циліндра 20 ущільнена кільцем 18.Між буртом втулки 16 і

корпусом 13 встановлена пружина 15 амортизатора.

Ударний вузол працює наступним чином.

Стиснене повітря через штуцер 26 поступає в порожнину «*в*» кришки 24 і далі по каналу «*б*» гнізда 21 – в задню камеру «*а*» циліндра 20, повідомляючи поршню 19 робочий хід. У цей час стиснене повітря з передньої камери «*е*» корпусу 20 через вихлопне вікно «*к*» виходить в атмосферу.

Під час подальшого руху поршень перекриває своїм тілом вихлопне вікно «*к*», а повітря, що залишається в передній камері «*е*», починає стискатися і через канали «*д*» і «*г*» впливає на праву половину клапана 23. Наприкінці робочого ходу поршень 19 відкриває вихлопне вікно «*к*», через яке повітря із задньої камери «*а*» виходить в атмосферу. На праву половину клапана 23 з боку каналу «*г*» тепер діє більший тиск, ніж з боку камери «*в*», і він перекидається вліво.

В цьому положенні клапан 23 закриває канал «*б*» і відкриває канал «*г*».

Стиснене повітря по каналах «*г*» і «*д*» поступає в передню камеру «*е*» і повідомляє поршню 19 зворотний хід. При цьому останній спочатку перекриває вихлопне вікно «*к*», а потім починає стискати повітря, що залишилося в задній камері «*а*», і тиснути на ліву половину клапана 23.

Рухаючись далі, поршень 19 відкриває вихлопне вікно «*к*» і поєднує з атмосферою передню камеру «*е*». Тиск на ліву половину клапана 23 з боку камери «*в*» стає меншим, ніж з боку каналу «*б*», в результаті чого клапан перекидається праворуч і перекриває канал «*г*».

Далі цикл роботи ударного вузла повторюється.

Обертач представляє собою одноступінчастий редуктор з приводом від гідродвигуна. Він призначений для обертання бурового інструменту.

Гідродвигун 43 приєднується до обертача шпильками 56 і гайками 57 зі шплінтами 58. Він передає обертання валу 61, встановленому на двох голчастих підшипниках 59 і 64, який несе на собі шестірню 62 з дистанційними деталями – втулкою 60 та кільцем 63. Внутрішня порожнина редуктора по осі валу 61 герметизована заглушкою 65 з кільцем 66.

Шестірня 62 входить в зачеплення зі шпинделем 29, встановленим на двох

роликопідшипниках 30. На шпинделі 29 змонтовані ущільнювальні манжети 28 і 33. Він через буксу 10 передає крутний момент на хвостовик 12, який спирається на втулку 1, а своєю задньою частиною – на п'яту 11. Задній бурт цієї п'яти та втулка 6 обмежують осьову рухомість хвостовика 12.

Відпрацьоване стиснене повітря потрапляє в розширювальну камеру «*л*», охолоджує п'яту 11, диски 14, втулку 16 і пружину 15 та через отвір «*ч*» поступає в підвідні рукави 49, по яких доходить до напрямних полозків. Частина стисненого повітря з камери «*в*» кришки 24 по каналах «*ф*» і «*х*» через дросель 47, канал «*ц*» гнізда 21, канали в циліндрі 20 та корпусі 13 (не показані) поступає в порожнину «*и*» амортизатора. По каналах «*з*» стиснене повітря підводиться до тертьових торців втулки 16, дисків 14, п'яти 11, хвостовика 12 і букси 10, змащує їх та через канал «*м*» виходить в атмосферу.

Стиснене повітря потрапляє у зазор між стяжним болтом 44 і корпусними деталями та проходить по каналах в кришках 7 і 2 в порожнину «*о*». Звідти по каналах «*р*» він поступає в зазор «*с*» між хвостовиком 12 і втулкою 1, змащує їх та виходить в атмосферу. Надлишковий тиск повітря в порожнинах головки запобігає потраплянню в них рудного шламу.

Промивна рідина через прохідник 35 по каналах в кришках 7 і 2 потрапляє в проточку «т» кришки 2. Через канал «*у*» втулки 34, ущільненої кільцем 4, порожнину «*и*» і канал «*п*» хвостовика 12 вона поступає в центральний отвір останнього і промиває шпур.

Кришка 24, гніздо 21, циліндр 20, корпус 13, обертач 9, кришка 7 і кришка 2 з'єднуються стяжними болтами 44, гайками 46 та шайбами 45.

2.5 Інструмент та приладдя

Бурильна головка комплектується набором інструменту та приладдя, до складу якого входять:

- ключі 105х12, 22х24, 32х36 та 55х60 за ДСТУ 2839;
- викрутка за ДСТУ 17199;

- молоток за ДСТУ 2310;

- бородок за ДСТУ 7214;

- шприц за ДСТУ 3643;

- плита для кріплення головки на полозках;

- перехідник ГБПГ.160;

- шип ∅50х38 (ГБПГ.046);

- планка 17х525 (ГБПГ.047);

- хомут 40х79 (ГБПГ.048);

- ніпель 16 за ОСТ 24.172.01;

- гайка накидка за ОСТ 24.172.01;

- стрічка 223ХЛ за ОСТ 24.172.01;

- шплінт ХЛ за ОСТ 24.172.01;

- серга ХЛ за ОСТ 24.172.01;

- болт М16х30 за ДСТУ 7808;

- шайба 16.65 Г за ДСТУ 6402.

2.6 Маркування та упаковка виробу

На кожній бурильній головці закріплена табличка з нанесеним на ній маркуванням, яке містить наступну інформацію:

- товарний знак підприємства-виготовлювача;

- умовне позначення виробу;

- позначення технічних умов на нього;

- місяць і рік випуску;

- порядковий номер головки за системою нумерації підприємства-виготовлювача.

Спосіб нанесення маркування забезпечує чіткість та збереженість надписів протягом усього періоду експлуатації головки.

Маркування тари здійснюється за вимогами ДСТУ 14192.

Бурильна головка, запасні частини до неї, інструмент та приладдя, що вхо-

дять до комплекту поставки продукції, а також технічна документація на неї накуються у дерев'яну дощату шухляду типу ІІІ-2 за ДСТУ 2991.

Гумотехнічні вироби пакуються у вологонепроникний непрозорий папір за ДСТУ 8828 та укладаються в пакет з поліетиленової плівки за ДСТУ 10354 товщиною не менше 0,2 мм з подальшим відсмоктуванням повітря та заварюванням пакету.

Технічна документація, що прикладається до бурильної головки, завертається у два шари пакувального вологонепроникного паперу за ДСТУ 8828, укладається в пакет з поліетиленової плівки за ДСТУ 10354 товщиною не менше 0,2 мм та поміщається у спеціальну кишеню в середині шухляди.

3 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ БУРИЛЬНОЇ ГОЛОВКИ ГБПГ

У цьому розділі виконані розрахунки деяких конструктивних та експлуатаційних параметрів виробу, зроблено аналіз конструктивної досконалості вироби та здійснено загальну оцінку технічного рівня розглянутої бурильної машини [18-22].

3.1 Розрахунки конструктивних параметрів бурильної головки

3.1.1 Розрахунок обертача

Обертач бурильної головки ГБПГ у своїй кінематичній частині уніфікований з гідроперфоратором 321ДГ.05.05.000. Його розрахунок можна знайти в 321ДГ.05.05.000 РР. Він доводить, що вибраний гідромотор та пропонована конструкція механізму обертання дозволяє отримати параметри, яких вимагає технічне завдання на машину та умови її експлуатації.

3.1.2 Розрахунки ударного механізму

3.1.2.1 Розрахунок енергетичних параметрів

Вихідні дані для розрахунку:

- номінальний тиск стисненого повітря в мережі – p = 0,6 МПа;
- маса поршня – m = 4,4 кг;
- діаметр поршня – D = 125 мм;
- робоча площа поршня – $F = 122{,}7 \cdot 10^{-4}$ м^2;
- хід поршня – $L = 38 \cdot 10^{-3}$ м.

На підставі прийнятих величин визначимо енергетичні параметри ударника, а саме:

- енергію одиничного удару:

$$A = pFLK = 0{,}5 \cdot 10^6 \cdot 122{,}7 \cdot 10^{-4} \cdot 38 \cdot 10^{-3} \cdot 0{,}645 = 150{,}4 \text{ Дж},$$

де K = 0,645 – коефіцієнт якості робочого процесу;

- частоту ударів:

$$n = \frac{0,6}{1+\frac{t_x}{t_p}} \cdot \sqrt{\frac{Fp}{mL}} = \frac{0,6}{1+1,1} \cdot \sqrt{\frac{122,7 \cdot 10^{-4} \cdot 0,5 \cdot 10^6}{4,4 \cdot 38 \cdot 10^{-3}}} = 54,7 \text{ с-1 (3290 уд/хв.)},$$

де $\frac{t_x}{t_p} = 1,1$ – відношення часу холостого ходу поршня до часу його робочого ходу;

- передударну швидкість поршня:

$$v = \sqrt{\frac{2A}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 150,4}{4,4}} = 8,27 \text{ м/с};$$

- витрату повітря:

$$Q = (F + F') \cdot L \cdot n \cdot \left(\frac{p}{p_в} - 1\right) = (122,7 + 106,8) \cdot 10^{-4} \cdot 38 \cdot 10^{-3} \cdot$$

$$\cdot 54,7 \cdot \left(\frac{0,6}{0,15} - 1\right) = 143 \text{ дм}^3\text{/с},$$

де F = 106,8·10^{-4} м^2 – площа поршня в штоковій порожнині; p = 0,6 МПа - абсолютний тиск стисненого повітря в мережі; $p_в$ = 0,15 МПа – найменший абсолютний тиск повітря в робочих порожнинах;

- потужність ударного вузла:

$$N_у = An = 150,4 \cdot 54,7 = 8,2 \text{ кВт};$$

- питому витрату повітря:

$$q = \frac{Q}{N_у} = \frac{143}{8,2} = 17,4 \text{ дм}^3\text{/с·кВт}.$$

Розрахунок ударного механізму свідчить про його працездатність та можливість отримання заданих параметрів буріння.

3.1.2.2 Розрахунок демпфера

Демпфер представляє собою пружину з витками прямокутного перетину

(рис. 3.1).

Вихідні дані для розрахунку:

- зовнішній діаметр пружини – $D_{зовн}$ = 85 мм;
- внутрішній діаметр пружини – $D_{вн}$ = 65 мм;
- середній діаметр пружини – $D_{сер}$ = 75 мм;
- довжина прямокутного перетину пружини – a = 40 мм;
- ширина прямокутного перетину пружини – b = 10 мм;
- сила пружини при максимальній деформації – P_3 = 16200 Н;
- модуль зсуву – $G = 8 \cdot 10^{10}$ Па;
- число робочих витків – n = 2,5;
- висота пружини у вільному стані – H_0 = 155 мм.

Величини максимального дотичного напруження та осьового (лінійного) переміщення торців для циліндричних пружин з прямокутним перетином, в якому $\frac{a}{b} > 3$, становитимуть [23]:

$$\tau_{max} = \frac{3P_3(D_{сер}+b)}{2b^2(a-0{,}63b)} = \frac{3 \cdot 16200 \cdot (75+10)}{2 \cdot 10^2 (40-0{,}63 \cdot 10)} = 6{,}12 \cdot 10^6 \text{ Па};$$

$$\lambda_{max} = \frac{2{,}36P_3 D_{сер}^3 i}{Gb^3(a-0{,}63b)} = \frac{2{,}36 \cdot 16200 \cdot 75^3 \cdot 2{,}5}{8 \cdot 10^{10} \cdot 10^3 \cdot (40-0{,}63 \cdot 10)} = 15 \cdot 10^{-6} \text{ м}.$$

Крок пружини:

$$t = a + \frac{\lambda_{max}}{n} + \delta_р = 40 + \frac{15}{2{,}5} = 46 \text{ мм}.$$

Висота пружини при максимальній деформації:

$$H_3 = (n_1 + 1 - n_3)a = (4 + 1 - 1{,}5) \cdot 40 = 140 \text{ мм},$$

де $n_з$ = 1,2 – число зашліфованих витків пружини; n_1 = 2,5 + 1,5 = 4 – повне число витків пружини.

Максимальна деформація пружини при P_3 = 16200 Н:

$$F_3 = H_0 - H_3 = 155 - 140 = 15 \text{ мм}.$$

Робоча деформація пружини – F_2 = 13 мм.

Силу пружини при її робочій деформації визначаємо з наступного співвідношення:

$$\frac{P_2}{F_2} = \frac{P_3}{F_3}.$$

Звідси маємо:

$$P_2 = \frac{P_3 F_2}{F_3} = \frac{16200 \cdot 13}{15} = 14000 \text{ Н}.$$

Таким чином, міцність демпфера доведена.

3.2 Розрахунки питомих показників призначення виробу

Розрахунки питомих параметрів виконані з метою розробки карти технічного рівня та якості продукції ГБПГ.00 КУ [20].

3.2.1 Розрахунок питомої маси бурильної головки

Величина питомої маси розраховується за допомогою наступної формули [24]:

$$M_{\text{п}} = \frac{M_{\text{с}} + M_{\text{з}}}{(N_{\text{у}} + N_{\text{о}}) C_{\text{с}}}, \text{ кг/кВт·міс.},$$

де $M_{\text{с}}$ – суха (чиста) маса бурильної головки; кг; $M_{\text{з}}$ – маса запасних частин головки на нормативний термін служби, кг; $N_{\text{у}}$ – ударна потужність, кВт; $N_{\text{о}}$ – вихідна потужність обертача, кВт; $C_{\text{с}}$ – повний середній термін служби, міс.

Розрахунок $N_{\text{у}}$ та $N_{\text{о}}$ здійснюється за вимогами [25].

В табл. 3.1 приведені вихідні дані та результати розрахунку питомої маси бурильної головки ГБПГ та для порівняння – пневматичного перфоратора ПК75.

3.2.2 Розрахунок питомої витрати енергії виробу

Величини питомих витрат енергії ударника (обертача) розраховуються за наступною формулою [24]:

$$E_{\text{у(о)}} = \frac{N_{\text{пу(по)}}}{N_{\text{у(о)}}}, \text{ кВт/кВт},$$

Таблиця 3.1 – Вихідні дані та результати розрахунку питомих мас бурильної головки ГБПГ і пневматичного перфоратора ПК75

Найменування показників	Позначення	Значення	
		ГБПГ	ПК75
Суха (чиста) маса,кг	$M_{\text{с}}$	100	75
Маса запасних частин на нормативний термін служби виробу, кг	$M_{\text{з}}$	62	12,8
Енергія удару, Дж	A	147	166,9
Частота ударів, $с^{-1}$	$n_{\text{у}}$	53,3	33,6
Ударна потужність, кВт	$N_{\text{у}}$	7,84	5,61
Крутний момент, Н·м	M	350	180
Частота обертання, $с^{-1}$	$n_{\text{об}}$	5	2
Вихідна потужність обертача, кВт	$N_{\text{о}}$	11,0	2,26
Повний термін служби, міс.	$C_{\text{с}}$	24	24
Питома маса, кг/кВт·міс.	$\boldsymbol{M_{\text{п}}}$	**0,358**	**0,465**

де $N_{\text{пу(по)}}$ – потужність, що підводиться до ударника (обертача), кВт; $N_{\text{у(о)}}$ – ударна потужність (вихідна потужність обертача), кВт.

Потужність, що підводиться до ударника (обертача) знаходимо за формулою [26]:

$$N_{\text{пу(по)}} = \Delta p Q, \text{ кВт},$$

де Δp – номінальний перепад тиску, МПа; Q – витрата плинного середовища (повітря або робочої рідини), $дм^3/с$.

В табл. 3.2 приведені вихідні дані та результати розрахунку питомих витрат енергії основними вузлами бурильної головки ГБПГ та для порівняння – пневматичного перфоратора ПК75.

3.2.3 Розрахунок питомої витрати повітря установки

Величина питомої витрати повітря розраховується за допомогою наступної формули [25]:

Таблиця 3.2 – Вихідні дані та результати розрахунку питомих витрат енергії вузлами бурильної головки ГБПГ і пневматичного перфоратора ПК75

Найменування показників	Позначення	Значення	
		ГБПГ	ПК75
Ударник			
Номінальний перепад тиску, МПа Витрата повітря, дм^3/с Потужність, що підводиться, кВт	Δp Q $N_{\text{пу}}$	0,5 150 75	0,5 114 57
Питома витрата енергії, кВт/кВт	$\boldsymbol{П}_{\text{у}}$	**9,57**	**10,2**
Обертач			
Номінальний перепад тиску, МПа Витрата робочої рідини, дм^3/с Потужність, що підводиться, кВт	Δp Q $N_{\text{по}}$	16 0,83 13,28	0,5 108 54
Питома витрата енергії, кВт/кВт	$\boldsymbol{П}_{\text{о}}$	**1,21**	**23,9**

$$Q_{\text{п}} = \frac{Q}{N_{\text{у}}}, \text{ м}^3/\text{с}\cdot\text{кВт},$$

де Q – витрата повітря в нормальних умовах під час буріння, м^3/с; $N_{\text{у}}$ – ударна потужність, кВт.

В табл. 3.3 приведені вихідні дані та результати розрахунку питомої витрати повітря бурильної головки ГБПГ та для порівняння – пневматичного перфоратора ПК75М [10].

3.3 Аналіз конструктивної досконалості виробу

3.3.1 Актуальність розробки

Бурильна головка ГБПГ була створена свого часу для заміни серійних колонкових перфораторів типу ПК75, які мали незадовільні показники надійності

Таблиця 3.3 – Вихідні дані та результати розрахунку питомих витрат повітря бурильної головки ГБПГ і пневматичного перфоратора ПК75М

Найменування показників	Позначення	Значення	
		ГБПГ	ПК75М
Витрата повітря в нормальних умовах під час буріння, $м^3/с$	Q	0,15	0,22
Ударна потужність, кВт	$N_у$	7,84	4,86
Питома витрата повітря, $м^3/с \cdot кВт$	$\boldsymbol{Q_п}$	**0,019**	**0,045**

та довговічності. Недостатні продуктивність та економічність перфораторів не дозволяли ефективно використовувати їх при значних обсягах буріння із застосуванням багатомашинних бурильних установок.

Нова конструкція головки розроблялася із збільшеними величинами частоти та енергії ударів і вважалася свого роду перехідною моделлю від бурильних пристроїв пневматичного типу до гідравлічних конструкцій для використання на шахтних бурильних установках самохідного типу, де подібному обладнанню віддається перевага. Такі установки, як правило, постачені розвинутими гідравлічними системами, що дає можливість хоча б частково перейти на гідравлічний привод.

Таким чином, головною метою розробки було отримання високопродуктивного та економічного бурильного пристрою з пневматичним ударним вузлом та гідравлічним вузлом обертання бурового інструменту.

Розглянемо, наскільки вдалося досягнути очікуваних розробниками результатів.

3.3.2 Забезпечення технічних вимог до конструкції головки

Конструкція бурильної головки ГБПГ забезпечує виконання своєї основної виробничої функції, а саме: буріння шпурів діаметром 43-70 мм в породах серe-

дньої та високої міцності з гідрофікованих багатомашинних бурильних установок за рахунок повідомлення буровому інструменту ударних імпульсів та крутного моменту.

Основні показники призначення головки повністю відповідають заданим величинам [17-20].

Відстань від осі буріння до верхньої точки бурильної головки становить 82,5 мм, що забезпечує малі поперечні розміри установки та можливість раціонального оббурювання забою (проходку шпурів на мінімальній відстані від стінок і покрівлі виробки). Така компактність досягнута шляхом використання клапанної системи розподілення повітря в ударному вузлі головки, що дозволило суттєво знизити матеріалоємність її конструкції та питому витрату повітря.

Конструкція головки забезпечує:

- стійкий запуск ударного вузла;

- реверсивне обертання бурового інструмента;

- скидання відпрацьованого стисненого повітря на тертьові частини подавального механізму;

- можливість дистанційного керування пристроєм;

- наявність буротримача, який запобігає випадінню бурового інструмента при відведенні бурильної головки від забою;

- подачу промивної рідини через передню частину головки.

В конструкції обертача бурильної головки використовується покупний гідромотор зі знижувальним редуктором, який добре забезпечує потрібні показники призначення установки та задовольняє вимогам максимальної компактності і мінімальної маси.

Окремі конструктивні рішення, використані в бурильній головці ГБПГ (до них можна віднести бічну промивку шпуру; змащення хвостовика за допомогою масла, що міститься у відпрацьованому стисненому повітрі; постійний перепад тисків між внутрішньою порожниною головки та атмосферою, що перешкоджає потраплянню бурового шламу в середину пристрою; кільцевий буротримач та інші), відповідають найкращим світовим зразкам подібного обладнання та сприя-

ють підвищенню загальної надійності конструкції.

Можна також згадати прийнятий спосіб кріплення бурильної головки до полозків подавального пристрою бурильної установки, який забезпечує необхідні жорсткість та надійність кріплення, а також значно спрощує конструкцію самих полозків.

3.3.3 Забезпечення вимог надійності та довговічності

Найбільш навантажені деталі бурильної головки виготовлені з високоміцних сталей з відповідною термообробкою, що гарантує виконання існуючих вимог надійності та довговічності (див. табл. 2.1).

Матеріали, що застосовуються для виготовлення деталей бурильної головки та її експлуатації, повністю відповідають вимогам стандартів та іншої нормативно-технічної документації і мають документи, які засвідчують рівень їхньої якості.

3.3.4 Відповідність вимогам уніфікації і стандартизації, технологічності та метрологічного забезпечення розробки, виробництва та експлуатації виробу

Конструкція бурильної головки уніфікована за своїм ударним вузлом з перфораторами серії ПК75 та інших бурильних машин пневматичного типу. За обертачем головка уніфікована з гідроперфоратором 321ДГ.05.05.000. Завдяки цьому досягнутий рівень стандартизації та уніфікації бурильної головки становить 62%.

Високий рівень якості бурильної головки ГБПГ гарантується використанням під час її розробки досвіду у застосуванні матеріалів, передових технологічних процесів та метрологічного забезпечення під час промислового виробництва, технічного обслуговування та ремонту пневматичних перфораторів.

Правила прийомки, методи і засоби вимірювання при цьому відповідають вимогам ДСТУ 18092 у частині пневматичних ударних вузлів та ДСТУ 17108 і ДСТУ 20719 у частині гідравлічних обертачів.

3.3.5 Забезпечення вимог безпеки та охорони довкілля

Конструкція бурильної головки ГБПГ повністю задовольняє діючим вимогам «Правил безпеки під час розробки родовищ рудних та нерудних корисних копалин підземним способом» [27], «Правил безпеки у вугільних та сланцевих шахтах», вимогам безпеки до виробничого обладнання за ДСТУ 12.2.003, до пневмоприводів за ДСТУ 12.3.001 та до об'ємних гідроприводів за ДСТУ 12.2.040 і ДСТУ 16028.

3.4 Загальна оцінка технічного рівня виробу

Пневмогідравлічна бурильна головка ГБПГ має потужний ударний вузол (7,84 кВт) та гідравлічний обертач (11 кВт), тобто за рівнем енергоозброєності вона не поступається гідроперфораторам середнього класу. Висока енергія удару головки дозволяє бурити породи будь-якої міцності, але найбільш ефективно вона проявляє себе на в'язких та тріщинуватих породах малої і середньої міцності. Середні швидкості буріння при цьому в 1,8-2 рази перевищують рівні, досягнуті пневматичними бурильними головками [16].

Досвід експлуатації бурильних головок з комбінованим (пневмогідравлічним) приводом доводить суттєві переваги такого обладнання у порівнянні з пневматичним, а саме:

- більшу продуктивність за рахунок збільшення потужності обертача, його жорсткішої механічної характеристики та підвищеного у зв'язку з цим зусиллям подачі, а також завдяки покращенню енергопостачання пневматичного ударного вузла;

- більшу економічність за рахунок скорочення витрат стисненого повітря, використання більш дешевого енергопостачання вузла обертання бурового інструменту та підвищення загального к.к.д. бурильної головки;

- зниження шуму та забруднення атмосфери забою.

Слід також відзначити такі переваги конструкції, як підвищена у порівнянні з перфораторами типу ПК75 потужність (за рахунок зростання частоти ударів,

величини крутного моменту та частоти обертання бурового інструменту), менші величини питомої маси і питомої витрати повітря, підвищені показники надійності пристрою (зокрема, середнє напрацювання на відмову та повний середній ресурс).

Результати приймальних випробувань дослідних зразків бурильної головки ГБПГ (див. нижче, в п. 4.1.3 даної роботи) та промислової експлуатації пристрою на вітчизняних підземних гірничорудних підприємствах дають можливість зробити наступні висновки:

- основні параметри головки відповідають вимогам технічної документації на неї та технології буріння шпурів з шахтних бурильних установок за ДСТУ 20785;

- головка ГБПГ забезпечує підвищення технічної продуктивності (швидкості буріння) на 182% у порівнянні з базовим зразком (пневматичним колонковим перфоратором ПК75). Вона відрізняється зручністю в експлуатації, малою масою для своїх високих енергетичних можливостей, відповідає існуючим вимогам техніки безпеки;

- використання гідроприводу у вузлі обертання бурового інструменту дозволило майже удвічі скоротити витрату стисненого повітря, більше, ніж в чотири рази збільшити потужність обертача та забезпечити тим самим високу продуктивність та економічність головки при значному розширенні області її застосування за рахунок можливості переводу в режим чисто обертального буріння;

- використання в конструкції ударного вузла повітряного розподільного клапану з титану забезпечило його компактність, економічність та в 1,4 рази більшу потужність, за рахунок чого знизилася матеріалоємність усієї головки;

- незважаючи на підвищену потужність ударного вузла, який є основним джерелом шуму, удосконалена конструкція глушника (двокамерна з перфорованими відведеннями) дозволила зменшити шум, що випромінюється головкою під час роботи, до рівня 105 дБА (на робочому місці);

- застосування бічної промивки дало можливість підвищити ефективність процесу пило пригнічення та видалення зі шпуру бурового шламу.

Разом із перевагами конструкції слід відмітити деякі виявлені недоліки пристрою:

- під час виходу з ладу водяних манжет є небезпека потрапляння води в редуктор обертача та ударний вузол;

- рівень шуму, генерованого головкою в процесі буріння, знаходиться на межі існуючих санітарних норм, у зв'язку з чим оператору потрібно використовувати засоби індивідуального захисту від шуму.

Таким чином, незважаючи на окремі недоліки, виконаний аналіз конструктивної досконалості бурильної головки ГБПГ розробки інституту ВНДПІрудмаш дозволяє із впевненістю констатувати високий технічний рівень розглянутої машини та очікувати подальше її ефективне та високопродуктивне використання на підземних підприємствах гірничорудної промисловості.

ВИСНОВКИ ПО ЧАСТИНІ І

Буропідривний спосіб до теперішнього часу і на найближче майбутнє залишається основним для здійснення технологічного процесу проходки горизонтальних та слабо похилих підземних гірничих виробок в породах середньої та високої міцності. Основною технікою для цього служать бурильні установки самохідного типу, обладнані потужними бурильними головками пневматичного та гідравлічного типів. Останні мають суттєві переваги у порівнянні з пневматичними, в першу чергу з точки зору енергетичного озброєння, але потребують набагато більш складних та витратних процесів виготовлення, технічного обслуговування та ремонту.

З огляду на це, перспективним є використання комбінованих конструкцій ударно-обертального та обертально-ударного типів, в яких ударні імпульси, що передаються породі, створюються за допомогою стисненого повітря, а обертання бурового інструменту забезпечується за рахунок гідравлічної енергії.

В першій частині представленої комплексної бакалаврської роботи проаналізовано конструктивні особливості пневмогідравлічної бурильної головки ГБПГ розробки інституту ВНДПІрудмаш (м. Кривий Ріг).

Здійснений аналіз дозволив зробити висновок про високий технічний рівень такої комбінованої установки, яка має беззаперечні переваги у порівнянні з обладнанням як пневматичного, так і гідравлічного типів, і є вельми перспективною для використання в умовах підземних гірничорудних підприємств.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
«КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ
Кафедра гірничих машин і обладнання

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної (бакалаврської) роботи

зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

Тема роботи:

Аналіз конструкції та організація процесу експлуатації головки бурильної пневмогідравлічної ГБПГ

Частина ІІ

Організація процесу експлуатації головки бурильної пневмогідравлічної ГБПГ

РЕФЕРАТ

Аналіз конструкції та організація процесу експлуатації головки бурильної пневмогідравлічної ГБПГ. Частина ІІ. Організація процесу експлуатації головки бурильної пневмогідравлічної ГБПГ. Сметанюк Артем Дмитрович. Криворізький національний університет, факультет механічної інженерії та транспорту, кафедра гірничих машин і обладнання, група ГМБ-22-1.– Кривий Ріг: КНУ, 2026.
Загальний обсяг роботи: сторінок – 102, ілюстр. – 13, табл. – 12, література – 30; креслень – 8.

Друга частина роботи присвячена розробці раціональних заходів експлуатації пневмогідравлічної бурильної головки ГБПГ. Запропоновано рекомендації щодо удосконалення процесів забезпечення основних етапів життєвого циклу машини, що повинні сприяти підвищення надійності та довговічності її конструкції.

Ключові слова: механічне обладнання для буріння прохідницьких шпурів в умовах підземних гірничорудних підприємств, заходи експлуатації пневмогідравлічної бурильної головки ГБПГ

4 ЗАХОДИ ВИПРОБУВАННЯ, ТРАНСПОРТУВАННЯ ТА ЗБЕРІГАННЯ ВИРОБУ

Технічний об’єкт, що сходить з конвеєра машинобудівного підприємства, перед його використанням за призначенням на тому чи іншому виробництві повинен пройти різного роду випробування, має бути доставлений до місця роботи, а, в разі необхідності, може певний час зберігатися на складі.

Результати випробувань повинні підтвердити працездатність вузлів і деталей вироби та його відповідність вимогам технічної документації. А під час операцій транспортування та зберігання машини вона не повинна втратити свої якості, що забезпечують її технічний рівень.

Заходи випробування, транспортування та зберігання бурильної головки ГБПГ розроблено згідно з вимогами [18,19].

4.1 Порядок випробувань установки

4.1.1 Види випробувань

Дослідні зразки бурильної головки підлягають наступним видам випробувань:

- приймально-передатним;
- попереднім;
- приймальним.

Приймально-передатні випробування проводяться відділом технічного контролю підприємства-виготовлювача з метою перевірки виробів вимогам технічних умов на виріб [18] та конструкторській документації. За їхніми результатами приймається рішення щодо можливості представлення їх на попередні випробування.

Попередні випробування також здійснюються на базі підприємства-виготовлювача. На них основна увага приділяється працездатності та надійності окремих вузлів і деталей, зручності обслуговування і ремонту пристрою, наявності

конструктивних та технологічних недоліків, а також вимогам безпеки експлуатації виробу. Випробування проводяться згідно з вимогами ОСТ 24.001.08. За результатами досліджень визначається можливість передачі головки на приймальні випробування.

Приймальні (відомчі) випробування проводяться міжвідомчою комісією на об'єкті замовника продукції для визначення відповідності виробу експлуатаційним вимогам та вимогам надійності. Випробування проводяться згідно з вимогами ОСТ 24.001.08. За результатами приймальних випробувань приймається рішення щодо можливості постановки виробу на серійне виробництво.

4.1.2 Результати попередніх випробувань бурильної головки

В якості прикладу розглянемо порядок проведення попередніх випробувань аналізованого пристрою, що здійснювалися свого часу на стенді випробувального полігону інституту ВНДПрудмаш силами відділу промислових випробувань та впровадження за участі відділу бурильного обладнання, сектора метрологічного забезпечення, лабораторії з боротьби з шумом, вібрацією та пилом, а також відділу технічного контролю Дослідного заводу інституту. Буріння за допомогою головки виконувалися у гранітний блок міцністю 10-12 одиниць за шкалою проф. М.М. Протод'яконова.

Вимірювання показників установки здійснювалися методами, викладеними в програмі та методиці попередніх випробувань ГБПГ.000 ПМ1. При цьому використовувалися наступні засоби вимірювань:

- стенд для випробувань бурильних головок з гранітним блоком;
- стенд для випробувань обертасів бурильних головок;
- осцилограф Н-115 з підсилювачем ТА-5;
- диференційний манометр ДМ-ЕР2 з вторинним приладом КСУ2-002;
- комплект шумовимірювальної апаратури фірми RFT (Німеччина);
- манометри на тиск 1; 2,5; 16 та 25 МПа класів точності 1;
- індикатор ІЧ-10 годинного типу;
- тахометр 94П;

- лічильник рідини ШЖУА-40-16;

- секундомір С-П-1б;

- металева лінійка за ДСТУ 427;

- ваги медичні ПД.

Під час вимірювань головка розміщалася на горизонтальному бурильному стенді з осьовим гідравлічним подавальним пристроєм. Розташування контрольних точок на вимірювальній поверхні відповідало вимогам ДСТУ 10750. Буріння здійснювалося коронкою діаметром 40 мм зі штанги довжиною 2,2 м, заглибленої в шпур на 0,2 м, попередньо пробурений в згаданому гранітному блоці.

Результати замірів параметрів і розмірів шести дослідних зразків бурильної головки приведені в табл. 4.1.

Для визначення шумової характеристики за ДСТУ 12.1.026 використовувалася апаратура німецької фірми RFT, яка включала прецизійний імпульсний шумомір PSI-202 та конденсаторний мікрофон МК-102 з попереднім підсилювачем MV-101.

Результати вимірювань шумової характеристики головки з глушником приведені в табл. 4.2.

Усі вимірювання робилися при номінальних значеннях параметрів енергопостачання бурильної головки.

Під час попередніх випробувань була перевірена працездатність дослідних зразків бурильної головки на холостому ходу та при бурінні шпурів на стендах випробувального полігону інституту ВНДПрудмаш. Проведені дослідження підтвердили відповідність технічних характеристик дослідних зразків вимогам технічного завдання і технічної документації та встановили можливість передачі їх на приймальні випробування.

4.1.3 Результати приймальних випробувань бурильної головки

Приймальні випробування дослідних зразків бурильної головки ГБПГ проводилися в підземних умовах проходки будівельних тунелів I і II ярусів перетином 152,45 м^2 на будівництві Рогунської ГЕС (Таджикістан). Головки встанов-

лювалися на бурильній установці УБШ 622 ГК. Забій оббурювався згідно з діючим паспортом буропідривних робіт шляхом проходки 236 шпурів діаметром 43 мм і глибиною 4 м. Гірничі породи, по яких велося буріння, були представлені піщаниками дрібно- та середньозернистими, а також алевролітами середньо- та сильнотрищінуватими, стійкими. Міцність піщаників була 8, а алевролітів – 5 одиниць за шкалою проф. М.М. Протодяконова.

Під час випробувань дослідними зразками бурильної головки ГБПГ бав виконаний наступний обсяг робіт:

- головка № 1 – пройдено 6888 шпурометрів, відпрацьовано 271 годину;
- головка № 2 – пройдено 7389 шпурометрів, відпрацьовано 354 години;
- головка № 3 – пройдено 8371 шпурометр, відпрацьовано 341 годину.

Загалом було пройдено 80,7 м тунелів.

На додаток до цих робіт один дослідний зразок бурильної головки був підданий ресурсним випробуванням на полігоні інституту ВНДПрудмаш протягом 65 годин, а також експлуатаційним випробуванням в умовах Кривбасу (буріння порід міцністю 8-18 одиниць за шкалою проф. М.М. Протодяконова з бурильної каретки «Мініматік» фінської фірми «Тамрок» на шахтах «Нова» та «Саксагань» ВО «Кривбасруда»). Тут було пройдено 10920 шпурометрів, а загальне напрацювання головки склало 593 години. Основні техніко-економічні показники головки ГБПГ у порівнянні з базовим зразком (пневматичним колонковим перфоратором ПК75), отримані на підставі виконаних хронометражних спостережень, приведені в табл. 4.3.

Зазначені показники визначалися за допомогою наступних формул:

- технічна продуктивність бурильних головок:

$$A_{\text{техн}} = \frac{A_{\text{зм}}}{t_o}\text{, м/хв.,}$$

де $A_{\text{зм}}$ – змінна експлуатаційна продуктивність бурильних головок, м/зміну; $t_{\text{о}}$ – сумарний основний технологічний час роботи, витрачений на виконання даного обсягу, хв.;

- коефіцієнт внутрішньозмінного використання бурильних головок:

$$K_{\text{вв}} = \frac{t_{\text{оп}}}{T_{\text{зм}}},$$

де $t_{\text{оп}}$ – оперативний час роботи бурильних головок, хв.; $T_{\text{зм}}$ – встановлена тривалість робочої зміни, хв.;

- коефіцієнт використання оперативного часу роботи:

$$K_{\text{оп}} = \frac{t_{\text{о}}}{t_{\text{оп}}};$$

- коефіцієнт технічного використання:

$$K_{\text{тв}} = \frac{t_{\text{оп}}}{t_{\text{оп}} + t_{\text{пз}} + t_{\text{вп}}},$$

де $t_{\text{пз}}$ – підготовчо-заключний час, що припадає на бурильну головку, хв.; $t_{\text{вп}}$ – час відновлення працездатного стану бурильної головки, хв.;

- коефіцієнт можливого підвищення експлуатаційної продуктивності бурильних головок:

$$K_{\text{пп}} = \frac{0{,}9\left(t_{\text{от}}^{\text{сер}} + t_{\text{ку}}^{\text{сер}}\right)}{t_{\text{оп}}^{\text{сер}}},$$

де $t_{\text{от}}^{\text{сер}}$ – час простоїв за організаційно-технічними причинами в середньому за зміну, хв.; 0,9 – коефіцієнт, що враховує мінімум втрат часу за організаційно-технічними причинами; $t_{\text{оп}}^{\text{сер}}$ – середнє змінний оперативній час роботи бурильних головок, хв.; $t_{\text{ку}}^{\text{сер}}$ – час простоїв бурильної установки, що залежить від конструкції та якості виготовлення, в середньому за зміну, хв.;

- можлива змінна продуктивність бурильних головок:

$$A_{\text{м.зм}} = \frac{A_{\text{зм}}^{\text{сер}}\left(1 + \frac{0{,}9 t_{\text{от}}^{\text{сер}}}{t_{\text{оп}}^{\text{сер}}}\right)}{K_{\text{н}}}, \text{ м/зміну,}$$

де $A_{\text{зм}}^{\text{сер}}$ – середньозмінна експлуатаційна продуктивність бурильної головки, м/зміну; $K_{\text{н}}$ = 0,8 – коефіцієнт нерівномірності одночасної роботи бурильних головок при роботі бурильної установки двома стрілами;

- питомі витрати допоміжного часу, що припадають на 1 м шпуру:

$$\Delta t_{\text{д}} = \frac{t_{\text{д}}^{\text{сер}}}{A_{\text{зм}}^{\text{сер}}}, \text{ хв./м,}$$

де $t_{\text{д}}^{\text{сер}}$ – допоміжний технологічний час для бурильних головок в середньому за зміну, хв.

З табл. 4.3 видно, що підвищення технічної продуктивності головки ГБПГ у порівнянні з колонковим перфоратором складає:

$$\frac{1{,}144-0{,}629}{0{,}629} \cdot 100 = 182\%.$$

4.2 Порядок транспортування виробів

Бурильні головки повинні транспортуватися в упакованому вигляді в шухлядах або контейнерах.

Бурильні головки, запаковані в шухляди, допускається перевозити транспортом будь-якого виду за умови забезпечення їхнього захисту від впливу атмосферних опадів. В разі транспортування бурильних головок в контейнерах мають бути вжиті заходи щодо попередження мимовільних переміщень виробів в них та ушкоджень.

Умови транспортування бурильних головок – 9 (ОЖ1) за ДСТУ 15150.

4.3 Умови зберігання бурильних головок

Умови зберігання бурильних головок – Ж3 за ДСТУ 15150. Термін зберігання – 12 місяців.

Зберігання бурильних головок та запасних частин до них повинно організовуватися у закритих неопалюваних приміщеннях на стелажах. Допускається зберігання бурильних головок під навісом або просто неба в транспортній тарі

при температурі від +60 °С до –50 °С у законсервованому та запакованому у водонепроникний матеріал вигляді.

Консервація головки, запасних частин інструменту та приладдя здійснюється згідно з вимогами ДСТУ 9.014. Для цього потрібно:

- розібрати головку, ретельно промити в гасі чи уайт-спіриті усі деталі та протерти їх досуха;

- змастити деталі маслом НГ-203 марок А, Б і В за ДСТУ 12328 та зібрати головку;

- залити в штуцер ударного вузла 50-60 г масла НГ-203та увімкнути його в роботу на холостому ходу на 10-15 с при тиску повітря 0,1-0,15 МПа (повітря повинно бути сухим);

- залити в редуктор обертача 100 г робочо-консерваційного масла (робоче мастило ударного вузла з 15%-ою присадкою масла НГ-203) та увімкнути його в роботу на холостому ходу на 20-30 с;

- закрити заглушками усі отвори, що ведуть в середину головки;

- вкрити мастилом ПВК за ДСТУ 19537 оброблені та нефарбовані дільниці зовнішньої поверхні головки і загорнути головку парафінованим папером за ДСТУ 9569, а потім – поліетиленовою плівкою за ДСТУ 10354;

- металеві запасні частини, інструмент та приладдя законсервувати мастилом ПВК за ДСТУ 19537. Кожну деталь (або групу дрібних однотипних деталей) завернути у два шари парафінованого паперу за ДСТУ 9569.

Термін зберігання головок – 1 рік, запасних частин – 3 роки.

5 ВИКОРИСТАННЯ ВИРОБУ ЗА ПРИЗНАЧЕННЯМ

Висока продуктивність та надійність бурильної головки можуть бути забезпечені лише за умови суворого дотримання обслуговуючим персоналом усіх вимог правил експлуатації, викладених в [19] та в паспорті гідравлічного двигуна OMR 100.

Умови експлуатації бурильної головки – двох- чи трьохзмінна робота за циклічним графіком у складі комплексу самохідних гірничих машин.

Температура повітря у виробках може коливатися в межах від мінус 10 до плюс 40 ^{o}C при відносній вологості до 100%.

5.1 Інструкція з монтажу, пуску та обкатування головки на місці її застосування

5.1.1 Підготовка до монтажу

Головка транспортується до місця монтажу в розпакованому та розконсервованому вигляді із збереженням заглушок на приєднувальних штуцерах та запобіганням можливих ушкоджень.

Розконсервація машини відбувається шляхом виконання наступних операцій:

- протирання зовнішніх поверхонь пристрою спочатку ганчир'ям, змоченим в гасі або уайт-спіриті, а потім – насухо;

- для розконсервації внутрішніх поверхонь – заливання в підвідний штуцер ударного вузла 100 г гасу або уайт-спіриту та вмикання його в роботу на холостому ходу протягом 1,5-2 хв. при тиску стисненого повітря не більше 0,15-0,2 МПа.

Допускається не робити розконсервацію внутрішніх поверхонь редуктора обертача та гідромотора, якщо вони були законсервовані робоче-консерваційними маслами.

Після доставки головки до місця монтажу потрібно здійснити зовнішній

огляд пристрою. При цьому слід усунути можливі ушкодження привалкових поверхонь, допущених під час транспортування, очистити їх від забруднень та перевірити якість різьб кріплення головки до полозків подавального пристрою бурильної установки.

5.1.2 Порядок монтажу головки

Монтаж головки на бурильній установці може здійснюватися в двох варіантах: в надземних або в підземних умовах, на місці експлуатації бурильної установки.

Для здійснення монтажу головку 1 потрібно повернути в положення догори привалковими поверхнями (рис. 5.1), вставити у відповідний отвір шип 3 і болтами 2 прикріпити плиту 6 до головки 1. Потім головку слід увести у відповідне гніздо полозків 7, встановити гумовий амортизатор 4 і зафіксувати головку планкою 5.

Після цього необхідно зняти заглушки з приєднувальних штуцерів, підключити до них рукави пневматичної, гідравлічних, а також водяної магістралей. Перед цим потрібно:

- залити 15-20 г масла в штуцер ударного вузла;
- продути повітряний рукав стисненим повітрям для видалення можливого бруду;
- промити водяний рукав водою;
- промити гідравлічний рукав гасом.

5.1.3 Порядок пуску та обкатування виробу

Перед пуском слід перевірити надійність різьбових з’єднань головки та наявність масла в автомасельничці. З редуктора обертача потрібно злити консервaційне масло і заповнити його експлуатаційним мастилом.

Спочатку в холостому режимі здійснюють пуск обертача. При цьому потрібно переконатися в рівномірності обертання інструменту (за шумом) та у відсутності витоків масло через сполучення рукавів.

Далі також вхолосту запускають ударний вузол при тиску 0,15-0,2 МПа. Пуск повторюють 2-3 рази. Робота вузла має бути легкою та чіткою.

Після цього на зупиненій головці до її хвостовика приєднують бурову штангу з коронкою. Нарешті, вмикають водяну промивку, запускають головку і здійснюють пробне буріння.

Обкатування бурильної головки має відбуватися протягом 10 робочих змін. Перші 5 змін бурять при тиску на обертачі не більше 10 МПа, а на ударному вузлі – не більше 0,35 МПа. Другі 5 змін тиск на обертачі не повинен перевищувати 13 МПа, а на ударному вузлі – 0,45 МПа.

Після закінчення режиму обкатування слід злити мастило обертача, залити в нього 200 $см^3$ гасу і після 2-3 хв. роботи злити його і залити свіжу порцію мастила.

Подальшу роботу бурильної головки можна здійснювати при номінальних тисках робочої рідини та стисненого повітря.

5.2 Порядок роботи бурильної головки

Головка може використовуватися у двох режимах роботи:

- обертально-ударному, при якому одночасно працюють обертач та ударний вузол. Такий режим раціональний для буріння порід середньої та високої міцності. Він є основним і найбільш ефективним, адже дозволяє в максимальному ступені застосовувати встановлену потужність установки;

- обертальному, під час якого до роботи залучається лише обертач. Такий режим вважається допоміжним і використовується для буріння порід малої міцності.

Для переведення головки в режим обертального буріння потрібно заглушити вихлоп ударного вузла. Буріння при цьому здійснюється при тиску стисненого повітря не більше 0,3 МПа. Стиснене повітря необхідно у цьому випадку для змащення обертача та запобігання потрапляння бурового шламу і бруду в його внутрішню порожнину.

Під час буріння слід постійно вести спостереження за роботою головки для своєчасного виявлення ознак несправностей.

Для енергопостачання головки необхідно використовувати стиснене повітря із забрудненістю не вище класу 12 за ДСТУ 17433 і робочу рідину з чистотою не нижче класу 12 за ДСТУ 17216. При цьому потрібно застосовувати робочу рідину, рекомендовану нормативно-технічною документацією на гідравлічний мотор.

В процесі буріння потрібно забезпечувати максимальне зусилля подачі, при якому головка працює стабільно, у стійкому режимі, без перебоїв та заклинення бурового інструменту і розвиває найбільшу продуктивність.

Після закінчення роботи слід залити в штуцер ударного вузла 15-20 г масла та увімкнути його в роботу на 5-10 с.

Навчання обслуговуючого персоналу роботі з бурильною головкою потрібно здійснювати при тиску стисненого повітря не більше 0,4 МПа та тиску робочої рідини не більше 12 МПа.

5.3 Перевірка технічного стану обладнання

Під час експлуатації головки, перед здійсненням ремонтних заходів та після них слід постійно перевіряти технічний стан пристрою з метою встановлення його придатності до подальшого використання, а також для оцінки обсягу та якості потрібних ремонтних робіт.

Перевірка технічного стану установки здійснюється згідно з рекомендаціями, викладеними в табл. 5.1.

5.4 Характерні несправності виробу та методи їхнього усунення

Характерні та найчастіші несправності бурильної головки, їхні причини та рекомендовані методи простого і швидкого усунення в процесі експлуатації установки приведені в табл. 5.2.

5.5 Основні правила техніки безпеки під час експлуатації виробу

Експлуатація бурильної головки повинна здійснюватися згідно з вимогами «Правил безпеки під час розробки родовищ рудних та нерудних корисних копалин підземним способом» [27].

До експлуатації бурильної головки ГБПГ допускають особи, що пройшли курс спеціального навчання, склали іспити та отримали посвідчення на право керування бурильною установкою.

Головка протягом робочої зміни обслуговується тим самим персоналом, що й бурильна установка.

Перед уведенням головки в експлуатацію підприємством-споживачем має бути розроблений проект організації робіт з урахуванням усіх специфічних особливостей умов та організації робіт, прийнятих на даному підприємстві.

Перед спуском в шахту оператор головки зобов'язаний ознайомитися із записами в журналі прийому-передачі зміни про технічний стан пристрою та бурильної установки в цілому.

Безпосередньо перед початком роботи оператор повинен оглянути забій. В разі виявлення небезпечного стану забою йому забороняється приступати до роботи. Оператор має вивести обслуговуючий персонал з небезпечної зони і негайно сповістити особу технічного нагляду.

Даля, якщо забій знаходиться в належному станів, оператор перед початком робіт повинен оглянути головку, перевірити надійність її кріплення на подавальному пристрої бурильної установки, рівень масла в автомасельничці, надійність закріплення підвідних рукавів та затягування різьбових з'єднань, відсутність витоків масла. Усі виявлені в процесах огляду та випробування машини несправності мають бути негайно усунені оператором на місці. В разі неможливості цього, оператори повинен викликати ремонтний персонал.

Під час роботи головки потрібно виконувати наступне:

- слідкувати за станом підвідних рукавів, не допускаючи надмірних натягів та перетискання їх;

- періодично зупиняти роботи та оглядати стан покрівлі і боків виробки, а також стан кріплення в ній;

- застосовувати протишумну каску (або навушники, заглушки, антифони) для захисту від впливу шуму;

- періодично контролювати витрату промивної рідини для пилопригнічення;

- усі роботи з усунення несправностей проводити лише при від'єднаному рукаві підведення повітря та за умови повного зняття напруги з місця приєднання установки до шахтної електромережі;

- слідкувати за станом гідросистеми, не допускаючи витоків рідини в місцях сполучень;

- в разі виконання ремонтних робіт в гідросистемі обов'язково знімати тиск рідини в усіх її елементах.

При від'єднанні головки від гідросистеми не можна допускати проливання масла.

Для забезпечення оптимальних санітарно-гігієнічних умов в робочій зоні з точки зору складу повітря та загального мікроклімату витрата води для пилопригнічення має бути не менше 0,5 дм^3/с.

При перервах в роботі протягом зміни оператор зобов'язаний відключати бурильну головку.

По закінченні робочої зміни оператор повинен очистити головку від пилу, бруду і шламу. Після виїзду на поверхню він має зробити запис в журналі прийому-передачі зміни про обсяг виконаних робіт, усі неполадки в роботі головки протягом зміни та її загальний стан.

Механік або інша особа технічного нагляду повинен зробити запис в цьому журналі про вжиті заходи з усунення несправностей або про передачу головки в ремонт.

З метою попередження нещасних випадків та професійних захворювань категорично ЗАБОРОНЯЄТЬСЯ:

- керувати головкою особам, що не пройшли спеціального навчання і не

мають відповідного посвідчення;

- передавати керування головкою іншій особі без відома технічного нагляду;

- працювати з несправною системою пилопригнічення;

- працювати без засобів індивідуального захисту від шуму;

- працювати при недостатньому освітленні та вентиляції забою;

- проводити ремонтні роботи, очищення та змащення головки при не відключених підвідних рукавах і кабелі та не вжитих заходів проти їхнього випадкового вмикання;

- брати буровий інструмент рукою захисній рукавичці під час його обертання.

Забороняється здійснювати буріння головкою при виникненні наступних несправностей:

- ушкодженнях повітряного, водяного та гідравлічних рукавів;

- несправному глушнику шуму;

- відсутності масла в автомасельничці та змащення обертача (або його недостатності);

- порушеннях герметичності в редукторі обертача;

- послаблені різьбових сполучень самої головки та її кріплення на полозках подавального пристрою.

На додаток до інструкції з експлуатації головки [19] підприємство-споживач зобов'язано розробити інструкцію (пам'ятку) з безпечного ведення робіт з використанням бурильної головки в конкретних гірничо-геологічних умовах даного виробництва. Така інструкція повинна розширяти та конкретизувати положення, викладені у цьому пункті роботи.

5.6 Розрахунок розмірних ланцюгів бурильної головки

Правильний розрахунок розмірних ланцюгів такого точного механізму, яким є розглянута конструкція бурильної головки ГБПГ, має вирішальне значен-

ня для забезпечення високого рівня експлуатаційної надійності пристрою. Він має визначити правильні розміри деталей та допуски на них для створення потрібних умов взаємодії конструктивних елементів установки під час експлуатації, яка буде супроводжуватися значними механічними та тепловими навантаженнями на ці деталі. Вірно вибрані розміри повинні забезпечити раціональні зазори між тертьовими поверхнями, при яких інтенсивність зношення останніх, а, значить, і швидкість небажаного змінення цих раціональних зазорів будуть мінімальними.

5.6.1 Розрахунок граничних відхилень вихлопного вікна

Схема для розрахунку граничних відхилень вихлопного вікна приведена на рис. 5.2, а його результати – в табл. 5.3.

5.6.2 Розрахунок допустимих неспіввісностей сполучення поршень-втулка-циліндр

Розрахунок робимо за допомогою методу, заснованого на теорії ймовірності та математичної статистики, який забезпечує оптимальні та найбільш економічні допуски на неспіввісність [28].

Спочатку складаємо розрахункову схему контуру, який розглядається, та встановлюємо перелік сполучень, що входять до нього (рис. 5.3):

а) циліндр-поршень – $\emptyset 125 \frac{H7}{e8} \left(\frac{+0{,}040}{\frac{-0{,}085}{-0{,}148}} \right)$;

б) втулка-поршень – $\emptyset 45 \frac{H7}{e8} \left(\frac{+0{,}025}{\frac{-0{,}050}{-0{,}089}} \right)$;

в) корпус-втулка – $\emptyset 85 \frac{H7}{g6} \left(\frac{+0{,}035}{\frac{-0{,}012}{-0{,}034}} \right)$;

г) корпус-втулка – $\emptyset 65 \frac{H7}{g6} \left(\frac{+0{,}030}{\frac{-0{,}010}{-0{,}029}} \right)$.

Таблиця 5.3 – Результати розрахунку граничних відхилень вихлопного вікна бурильної головки

Позначення	Номінальний розмір		Граничні відхилення	
	Ланки, що збільшують	Ланки, що зменшують	+	–
β_1	120		0,114	+0,079
β_2	174		0,148	+0,108
β_3	135			0,250
β_4		106		0,220
β_5	32		0,400	0,400
β_6		52	0,190	
β_7	58		0,190	
β_8		62		0,300
β_9		211		0,115
β_{10}		28	0,130	
β_{11}	14		0,190	
β_{12}		67		0,190
Σ	533	526	1,362	1,288
$\boldsymbol{\beta_\Delta = 7^{+1,362}_{-1,288}}$				

Далі визначаємо половини полів допусків на розглянуті розміри за допомогою наступної формули:

$$\delta_i = 0{,}5(BO - HO)i.$$

Звідси маємо:

а) $\emptyset 125\ H7$: $\delta_{a1} = 0{,}5(40 - 0) = 20$ мкм;

$\emptyset 125\ e8$: $\delta_{b1} = 0{,}5[-85 - (-148)] = 31{,}5$ мкм;

б) $\emptyset 45\ H7$: $\delta_{a2} = 0{,}5(25 - 0) = 12{,}5$ мкм;

$\emptyset 45\ e8$: $\delta_{b2} = 0{,}5[-50 - (-89)] = 19{,}5$ мкм;

в) Ø85 $H7$: $\delta_{a3} = 0{,}5(35 - 0) = 17{,}5$ мкм;

Ø85 $g6$: $\delta_{b3} = 0{,}5[-12 - (-34)] = 11$ мкм;

г) Ø65 $H7$: $\delta_{a4} = 0{,}5(30 - 0) = 15$ мкм;

Ø65 $g6$: $\delta_{b4} = 0{,}5[-10 - (-29)] = 9{,}5$ мкм.

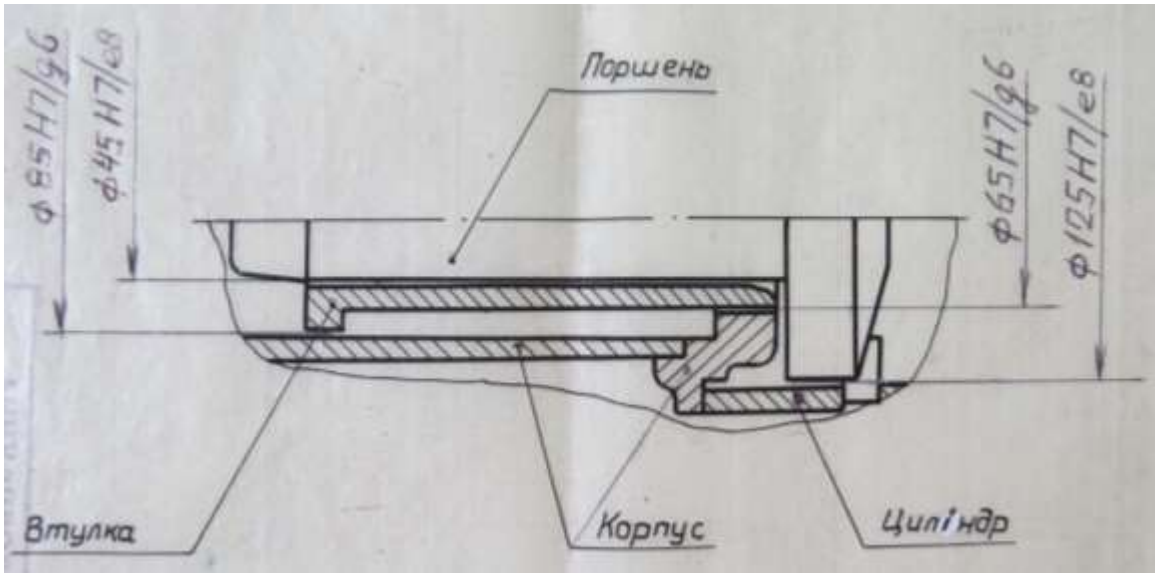


Рисунок 5.3 – Розрахункова схема контуру сполучення поршень-втулка-циліндр

Тепер визначаємо координати середин полів допусків за формулою:

$$\Delta_i = 0{,}5(BO + HO)i.$$

Тут маємо:

а) Ø125 $H7$: $\Delta_{a1} = 0{,}5(40 + 0) = 20$ мкм;

Ø125 $e8$: $\Delta_{b1} = 0{,}5[-85 + (-148)] = -116{,}5$ мкм;

б) Ø45 $H7$: $\Delta_{a2} = 0{,}5(25 + 0) = 12{,}5$ мкм;

Ø45 $e8$: $\Delta_{b2} = 0{,}5[-50 + (-89)] = -66{,}5$ мкм;

в) Ø85 $H7$: $\Delta_{a3} = 0{,}5(35 + 0) = 17{,}5$ мкм;

Ø85 $g6$: $\Delta_{b3} = 0{,}5[-12 + (-34)] = -23$ мкм;

г) Ø65 $H7$: $\Delta_{a4} = 0{,}5(30 + 0) = 15$ мкм;

Ø65 $g6$: $\Delta_{b4} = 0{,}5[-10 + (-29)] = -19{,}5$ мкм.

Далі визначаємо координати середин полів допусків зазорів у кожному сполученні за формулою:

$$\Delta_c = \Delta_a - \Delta_b \ ,$$

де Δa і Δb – координати середин полів допусків отвору і валу.

Звідси маємо:

а) $\emptyset 125\ H7/e8$: $\Delta_{c1} = 20 — (-116{,}5) = 136{,}5$ мкм;

б) $\emptyset 45\ H7/e8$: $\Delta_{c2} = 12{,}5 — (-66{,}5) = 79$ мкм;

в) $\emptyset 85\ H7/g6$: $\Delta_{c3} = 17{,}5 — (-23) = 40{,}5$ мкм;

г) $\emptyset 65\ H7/g6$: $\Delta_{c4} = 15 — (-19{,}5) = 34{,}5$ мкм.

Задаємося надійністю p = 0,99, яка для розрахунку неспіввісностей поверхонь деталей бурильних машин приймається 0,9-0,99.

Визначаємо ймовірний об’єм тієї частини отворів p_a і валів p_b, розміри яких входять до зони допуску, що використовується для розширення мінімального зазору:

$$p_a = p = \sqrt{1-p} = \sqrt{1-0{,}99} = 0{,}1.$$

Визначаємо функцію Лапласа:

$$\Phi_{(z)} = 0{,}5 - \sqrt{1-p} = 0{,}5 - \sqrt{1-0{,}99} = 0{,}4.$$

Відповідне цій функції значення – z = 1,28.

Визначаємо половину поля допуску кожного зазору за винятком частки Δx, що використовується для розширення мінімального зазору, за допомогою наступної формули:

$$X = \frac{z}{3}\sqrt{\delta_a^2 + \delta_b^2} \ ,$$

де δ_a і δ_b – половини полів допусків відповідно отвору і валу:

а) $\emptyset 125\ H7/e8$: $X_1 = \frac{1{,}28}{3}\sqrt{20^2 + 31{,}5^2}$ = 15,92 мкм;

б) Ø45 *H7/e8*: $X_2 = \frac{1,28}{3}\sqrt{12,5^2 + 19,5^2} = 9,88$ мкм;

в) Ø85 *H7/g6*: $X_3 = \frac{1,28}{3}\sqrt{17,5^2 + 11^2} = 8,81$ мкм;

г) Ø65 *H7/g6*: $X_4 = \frac{1,28}{3}\sqrt{15^2 + 9,5^2} = 7,57$ мкм.

Визначимо допустиму суму допусків на неспіввісність усіх поверхонь розрахункового контуру:

$$\sum E_i = 0,5 \sum (\Delta_{ci} - X_i),$$

де Δ_{ci} – координати середин полів допусків зазорів у сполученнях; X_i – половини полів допусків зазорів у сполученнях за винятком часток, що використовуються для розширення мінімальних зазорів.

Маємо:

$$\sum E_i = 0,5 \sum [(\Delta_{c1} - X_1) + (\Delta_{c2} - X_2) + (\Delta_{c3} - X_3) + (\Delta_{c4} - X_4)] =$$
$$= 0,5[(136,5 - 15,92) + (79 - 9,88) + (40,5 - 8,81) + (34,5 - 7,57)] =$$
$$= 124,16 \text{ мкм}.$$

Розподіляємо отриману суму допусків на неспіввісність між деталями розрахункового контуру за допомогою наступної формули:

$$E_i = \frac{k_i(\delta_D + \delta_d)i}{\sum_{i=1}^{m} k_i(\delta_D + \delta_d)i} \sum E_i ,$$

де E_i – неспіввісність діаметрів *i*-ої деталі; $(\delta_D + \delta_d)$ – сума половин допусків *i*-ої деталі на діаметри *D* і *d*, для яких в даному випадку розраховується неспіввісність E_i; $\sum_{i=1}^{m}(\delta_D + \delta_d)$ – сума половин допусків на усі діаметри *D* і *d* усіх деталей розглянутого розрахункового контуру; *m* – кількість неспіввісностей в розглянутому контурі; k_i – коефіцієнт, що враховує спосіб базування під час остаточної обробки взаємопов'язаних поверхонь *D* і *d* (значення коефіцієнтів прийняті за табл. 8.8 [28]).

Неспіввісність Ø125 *e*8 та Ø45 *e*8 поршня:

$$E_1 = \frac{1 \cdot (31{,}5 + 19{,}5) \cdot 124{,}16}{1 \cdot (31{,}5 + 19{,}5) + 4{,}5 \cdot (12{,}5 + 11) + 4{,}5 \cdot (12{,}5 + 9{,}5) + 1 \cdot (15 + 17{,}5)} =$$

$$= 22 \text{ мкм.}$$

Неспіввісність $\emptyset 45\ H7$ та $\emptyset 85\ g6$ втулки:

$$E_2 = \frac{4{,}5 \cdot (12{,}5+11) \cdot 124{,}16}{288{,}25} = 45{,}55 \text{ мкм.}$$

Неспіввісність $\emptyset 45\ H7$ та $\emptyset 65\ g6$ втулки:

$$E_3 = \frac{4{,}5 \cdot (12{,}5+9{,}5) \cdot 124{,}16}{288{,}25} = 42{,}6 \text{ мкм.}$$

Неспіввісність $\emptyset 65\ H7$ та $\emptyset 85\ H7$ корпусу:

$$E_4 = \frac{1 \cdot (15+17{,}5) \cdot 124{,}16}{288{,}25} = 14 \text{ мкм.}$$

6 ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ БУРИЛЬНОЇ ГОЛОВКИ

6.1 Загальні зауваження

Працездатність технічних об’єктів залежить від рівня їхньої надійності, закладеного конструкторами при створенні техніки та забезпеченого під час її виготовлення на машинобудівних підприємствах. Але цей рівень потрібно постійно підтримувати протягом усього періоду експлуатації машин, коли вони піддаються фізичному зносу внаслідок дії робочих навантажень та несприятливих, а часом і шкідливих, умов роботи. Особливо це стосується гірничого обладнання, що працює у надзвичайно важких умовах експлуатації [29].

У будь-якому діючому механічному обладнанні сполучення деталей робочих вузлів виконуються з певними зазорами і натягами, необхідними для їхньої нормальної експлуатації. Але в процесі роботи, незважаючи на дотримання правил технічної експлуатації, в тому числі змащення тертьових поверхонь, ці сполучення внаслідок зносу втрачають свої початкові розміри та умови взаємодії деталей, характеристики машин погіршуються і знос поступово зростає. Такі процеси відбуваються природним шляхом навіть за умови раціонально продуманих конструкцій техніки, режимів її експлуатації та заходів технічного догляду. В разі ж недосконалого обслуговування машин знос відбувається набагато скоріше і швидко приводить до виникнення аварійних ситуацій і виходу механічних конструкцій з ладу.

Тому головною задачею обслуговуючого персоналу є створення усіх умов для зменшення природного зносу деталей машин, подовження терміну їхньої безаварійної роботи за рахунок дотримання правильної технічної експлуатації та використання і подальшого удосконалення сучасних методів підвищення зносостійкості деталей машин.

Для підтримки готовності техніки на гірничих підприємствах використовується система технічного обслуговування і ремонту обладнання, яка представляє собою «…комплекс взаємопов’язаних положень і норм, що визначають орга-

нізацію та порядок проведення робіт з технічного обслуговування і ремонту виробів для заданих умов експлуатації з метою забезпечення показників якості, передбачених в нормативній документації» [30].

Виконання заходів системи планово-попереджувальних ремонтів гірничошахтного обладнання (ППР ГШО) є основним функціональним обов'язком персоналу енергомеханічної служби гірничого підприємства. Вона представляє собою сукупність запланованих в часі заходів з догляду, нагляду та ремонту обладнання. Але, незважаючи на тривалий час розвитку і величезний досвід роботи у цьому напрямку, проблема створення ефективної системи технічного обслуговування і ремонту залишається дуже далекою від остаточного вирішення.

Очевидно, що ані сьогодні, ані в майбутньому неможливо повністю позбутися відмов обладнання і пов'язаних з ними небажаних наслідків для виробництва (аварій, потенційних втрат продукції, втрат часу і коштів на відновлення працездатності техніки тощо). Тому потрібно принаймні вжити заходів для їхньої можливої мінімізації.

В системі ППР розрізняють триосновні методи організації ремонту:

- метод після оглядових ремонтів, при якому обсяг ремонту визначається оглядом, що проводиться безпосередньо перед ремонтом;

- метод періодичних ремонтів, при якому періодичність та послідовність ремонту визначаються терміном служби деталей;

- метод стандартних ремонтів (планово-попереджувальний метод), заснований на обов'язковому періодичному обновленні машини. При цьому методі призначені до заміни деталі та вузли замінюються у передбачений планом термін незалежно від їхнього технічного стану.

В гірничорудній промисловості в основному застосовують метод періодичних планових ремонтів. У загальному випадку системою ППР при цьому передбачається проведення наступних заходів:

- щозмінного обслуговування і огляду машин закріпленими за ними особами;

- періодичного огляду обладнання;

- періодичного ремонту обладнання.

Заходи технічного обслуговування і ремонту бурильної головки ГБПГ розроблено згідно з рекомендаціями [19].

6.2 Види і періодичність технічного обслуговування головки

Високий рівень працездатності та справності бурильної головки ГБПГ під час її експлуатації забезпечується виконанням наступних видів технічного обслуговування:

- щозмінних технічних обслуговувань;
- поточних ремонтів;
- середніх ремонтів.

Щозмінне технічне обслуговування включає такі операції:

- очищення пристрою від пилу, бруду та рудного шламу;
- контроль надійності різьбових з'єднань та їхнє затягування (за необхідності);
- контроль змащення та приведення його в норму (за необхідності).

Поточний ремонт виконується з метою відновлення працездатності головки і полягає в заміні окремих зношених або ушкоджених частин пристрою. Терміни поточних ремонтів не плануються, а обсяги та моменти їхнього початку визначаються технічним станом головки.

Середній ремонт здійснюється з метою відновлення справності і частково-го відновлення ресурсу головки та полягає в заміні і відновленні складових частин виробу обмеженої номенклатури. Середні ремонти плануються підприємством, що експлуатує бурильну головку, та здійснюються з ремонтним циклом не більше 500 годин напрацювання.

6.3 Підготовка до виконання заходів ППР

Щозмінне технічне обслуговування та поточні ремонти виконуються екс-

плуатаційним та ремонтним персоналом на місці застосування бурильної головки, а середні ремонти – силами спеціалізованого персоналу у спеціально обладнаному приміщенні.

Таке приміщення має бути сухим і чистим з температурою повітря не нижче +15 ^{o}C та відносною вологістю не вище 70%. Приміщення повинно бути обладнано витяжною вентиляцією.

Для виконання робіт з технічного обслуговування кожний екземпляр головки постачений комплектом інструменту, перелік якого приведений в п. 2.5 даної роботи.

6.4 Порядок технічного обслуговування

Технічний огляд і перевірку працездатності головки та її складових частин проводять згідно з вимогами п. 5.3 і табл. 5.1 роботи.

Розбирання головки здійснюють в наступній послідовності:

- відкручують задні гайки 46 (див. рис. 2.1), знімають передню кришку 24, гніздо 21 зі штифтами 22 і 48 та клапаном 23, циліндр 20 з поршнем 19 та корпус 13 зі штифтом 51;

- далі легким стуком з боку кільця 18 вилучають з корпусу 13 диски 14, втулку 17 та пружину 15. Зі шпинделя 29 виймають п’яту 11;

- відкручують передні гайки 46, знімають передню кришку 2 зі штифтом 51 та кришку 7 зі штифтом 51.З кришки 2 випресовують втулку 1 і втулку 34 з манжетою 3 і кільцем 4. З кришки 7 випресовують втулку 6 з манжетою 3 і кільцем 5. Виймають регулювальні прокладки 31 і 32, хвостовик 12 і буксу 10. Від’єднують від корпусу 9 гідромотор 43. З корпусу 9 випресовують шпиндель 29 з підшипниками 30. Демонтують підшипники.

Деталі головки промивають у гасі або уайт-спіриті, просушують стисненим повітрям та заміряють для визначення зносу.

Граничні значення зносу, за якими деталь бракується і замінюється, наступні:

- поршень: зазор по корпусу – 0,25 мм; зазор по втулці – 0,08 мм;

- втулка 16: знос торця – 1,5 мм;

- п’ята: знос торця з боку хвостовика – 0,5 мм; знос торця з боку втулки – 0,5 мм;

- букса: знос місць сполучення з хвостовиком – 2 мм;

- втулка 6: знос торця з боку хвостовика – 2,5 мм;

- втулка 1: знос по внутрішньому діаметру – 1 мм;

- диск: знос по товщині – 0,5 мм;

- ущільнення: заміна при появі витоків.

Зношені деталі замінюють новими і збирають головку у зворотній послідовності після змащення маслом. Припрацювання зібраної головки проводять в холостому режимі роботи при тиску стисненого повітря не більше 0,4 МПа протягом 1-1,5 годин.

6.5 Порядок і місця змащення установки

Основною запорукою забезпечення регламентованої довговічності бурильної головки ГБПГ є своєчасне змащення її вузлів рекомендованими мастилами в достатній кількості.

Змащення має вирішальне значення для зменшення зносу тертьових деталей машин та зниження втрат енергії на подолання тертя. В разі використання змащення знос деталей та втрати енергії залежать від властивостей мастильних речовин, матеріалів деталей, стану їхніх тертьових поверхонь та умов експлуатації. Для змащення вузлів тертя використовують в основному масла мінерального походження та консистентні мастила, що складаються переважно з мінерального масла та згущувачів. Застосовуються також силіконові мастила, які не змінюють своїх властивостей при коливаннях температури в межах від –75 до +260 ^{o}C і мають значну працездатність (до 6-24 місяців).

Основними показниками рідинних масел є відносна в’язкість, температура займання та температура застигання. Для оцінки консистентних мастил використ-

товують такі властивості як густина (пенетрація) та температура краплепадіння.

Розрізняють наступні основні види тертя деталей машин:

- сухе тертя, що виникає між незмащеними поверхнями. Це найбільш несприятливий режим тертя з коефіцієнтом тертя f = 0,1-0,3, який може бути виправданий лише для невідповідальних деталей машини;

- граничні режими (напівсухий, напіврідинний), при якому тертьові поверхні лише частково стикаються між собою. Коефіцієнт граничного тертя може змінюватися в межах f = 0,01-0,3;

- рідинне тертя, при якому відсутній металевий контакт між деталями, що взаємодіють, за рахунок утворення суцільної масляної плівки між ними, тобто рухомі поверхні повністю розділені шаром мастильного матеріалу. Коефіцієнт рідинного тертя для добре змащених поверхонь знаходиться в межах f = 0,003-0,01.

Таким чином, рідинний режим тертя є найбільш ефективним, таким, що в максимальному ступені захищає деталі машин від абразивного зносу. Адже при переході від рідинного тертя до сухого вплив сили тертя збільшується у 20-40 разів, а, значить, погіршення змащення призводить до зносу, який наростає з аварійною швидкістю.

Мастильний матеріал в усіх можливих випадках (особливо для тих деталей і вузлів, які працюють в найгірших умовах експлуатації і від яких в першу чергу залежить працездатність машини) повинен забезпечувати рідинний режим тертя під час роботи вузла, зберігати при цьому свою стабільність (тобто незмінність основних властивостей в даних умовах роботи), бути хімічно нейтральним по відношенню до матеріалу тертьових деталей (не вступати в хімічні реакції з ним).

Вибір рідинних масел для вузлів тертя, що працюють при нормальній температурі, здійснюється за в'язкістю масла з урахуванням наступних рекомендацій:

- в'язкість масла має бути тим більша, чим більший питомий тиск на тертьових поверхнях механізму, а також при ударних та знакозмінних навантаженнях і зворотно-поступальних рухах тертьових деталей;

- чим більше відносна швидкість деталей тертя, тим менше повинна бути в’язкість масла;

- для нових деталей, які знаходяться в процесі припрацювання, потрібно використовувати масла з більшою в’язкістю.

У випадках роботи масла в умовах високих температур, окрім в’язкості, необхідно враховувати температуру займання масла і стабільність його, а в умовах низьких температур – температуру застигання.

Ударний вузол бурильної головки змащується шляхом розпилення масла, що поступає з магістральної автомасельничці, у стисненому повітрі. Необхідна витрата масла для змащення – не менше 0,033 г/с.

Обертач головки змащується маслом, що заливається в корпус редуктора через пробку масловказівника, а також шляхом розпилення масла у стисненому повітрі (шпиндельний вузол).

Для змащення вузлів головки потрібно використовувати масла, вказані в табл. 6.1.

6.6 Загальна оцінка експлуатаційної досконалості аналізованої конструкції бурильної головки

Конструкція машини повинна забезпечувати безумовне виконання усіх функцій призначення, бути надійною і довговічною, а також простою та зручною в роботі, технічному обслуговування і ремонті. Такі якості мають бути присутні на усіх без виключення етапах життєвого циклу установки.

6.6.1 Відповідність пристрою монтажним вимогам

Бурильна головка поставляється споживачу у повністю зібраному вигляді, завдяки чому вона придатна для монтажу на бурильну установку без попереднього розбирання і ревізії конструкції.

Маса пристрою не перевищує 100 кг, що полегшує монтажні операції перед початком роботи механізму.

Таблиця 6.1 – Рекомендовані марки масел для змащення вузлів бурильної головки ГБПГ

Вітчизняні марки масел		Масла-замінники закордонного виробництва	
Марка масла	Температура навколишнього середовища, °С	Фірма-виробник	Марка масла
Індустріальне І-30А ДСТУ 20799	Від +2 до +50	Shell Esso Mobil	Torcula 41 Arox EP 56 Tebo Pneumo 8,0
Індустріальне І-68СХ ТУ38.101776	Те саме	Teboil	Tebo Pneumo 8,0
Масла моторні М-10 В2, М-10Г2 ДСТУ 8581	Від –15 до +20	Teboil Esso Shell	Tebo Pneumo 5,0 Arox EP 38 Tellus Oil 15
Масло ЕШ ДСТУ 10363	Від –50 до +15	Mobil Texaco	GgArctic Oil Light Rock Drill Lube X5W

Порядок монтажу бурильної головки на шахтну бурильну установку з приєднанням до неї пневматичної та гідравлічної комунікацій забезпечує надійний захист внутрішніх порожнин головки від потрапляння до них пилу, бруду та рудного дріб'язку.

6.6.2 Відповідність бурильної головки вимогам експлуатації

Конструкція бурильної головки розроблена і виготовлена згідно з вимогами існуючих стандартів щодо умов її експлуатації у відношенні кліматичного виконання, категорії розміщення, корозійної активності атмосфери, постійного впливу вібрації та ударних навантажень. Зокрема, для забезпечення останніх вимог в будові пристрою передбачена надійна фіксація різьбових з'єднань від са-

мовідгвинчування.

Надійне і достатнє постачання головки енергією гарантується гідравлічними та пневматичними комунікаціями бурильних установок, на яких вона використовується в якості бурильної машини. Для підведення до бурильної головки стисненого повітря та промивної рідини використовуються рукави за ДСТУ 18698 або ДСТУ 10362, а для підведення робочої гідравлічної рідини – рукави за ДСТУ 6286.

З метою підвищення довговічності та продуктивності бурильної головки та установки в цілому рекомендується мати на бурильній установці спеціальний автоматичний протизаклинювальний механізм, який забезпечує реверсування подавального пристрою при досягненні максимального крутного моменту на буровому інструменті. Подавальний пристрій повинен мати регульоване зусилля подачі з максимальним рівнем не менше 13,5 кН.

Зовнішні необроблені поверхні бурильної головки та внутрішні поверхні окремих її деталей, що контактують з промивною рідиною, мають захисні покриття, які запобігають розвитку корозійних процесів. Лакофарбові покриття виконані за класом V ДСТУ 9.032, група експлуатації В5 за ДСТУ 9.104. Підготовка металевих поверхонь перед фарбуванням здійснена за вимогами ДСТУ 9.025. У цілому лакофарбові покриття деталей відрізняються механічною міцністю і лежать суцільним шаром без зморшок, здуттів та забруднень.

На ущільнювальних поверхнях деталей не спостерігаються такі дефекти, як неоднорідності, пористості, ліквації, пухирі, пухкості, сторонні включення тощо.

Неметалеві деталі і покриття, які застосовуються в пристрої, відрізняються хімічною стійкістю до миючих засобів та мастильних матеріалів.

В конструкції бурильної головки передбачена наявність пристрою (демпферу) для захисту її від ударних імпульсів, що відбиваються від забою шпуру. Вона забезпечує ефективне гасіння шуму, який супроводжує буріння, до рівня, встановленого технічними характеристиками установки (див. табл. 2.1 і 2.2). Одночасне використання обслуговуючим персоналом індивідуальних засобів захи-

сту від шуму за ДСТУ 12.4.051 знижує загальний рівень шумового впливу до безпечної межі, встановленої вимогами ДСТУ 12.1.003.

Для реалізації оптимального режиму пилопригнічення в робочій зоні буріння головку потрібно використовувати на бурильних установках, обладнаних засобами подачі промивної води під тиском не менше 1 МПа та витратою не менше 0,5 л/с на кожну бурильну установку та пристроєм контролю та регулювання параметрів режиму промивки.

Для забезпечення процесу безперебійного застосування бурильної установки в разі виникнення відмов бурильних головок рекомендується кожну бурильну установку постачати як мінімум однією запасною бурильною головкою.

Для роботи в умовах шахт, небезпечних у відношенні пилу і газу, в конструкції бурильної головки передбачено виконання деталей, що співударяються в процесі експлуатації, з матеріалів, які не допускають іскріння, здатного викликати займання вибухонебезпечних сумішей.

Встановлені технічною документацією вимоги до надійності бурильної головки забезпечують високий рівень якості виробу з точки зору його безвідмовності, довговічності та ремонтопридатності. Зокрема, конструкція та нормативно-технічна документація бурильної головки відповідає загальним вимогам до ремонтопридатності виробів за ДСТУ 19152. Наприклад, величина об'єднаної питомої оперативної трудомісткості технічного обслуговування та ремонту бурильної головки не перевищує 0,05 чол.·год./маш.·год. [17].

6.6.3 Відповідність виробу вимогам промислової гігієни та санітарії

Конструкція бурильної головки розрахована на виконання усіх гігієнічних вимог, встановлених діючими нормативними документами, а саме:

- ударний вузол головки постачений вбудованим двокамерним глушником аеродинамічного шуму вихлопу;

- головка має пружинний амортизатор, який забезпечує гасіння ударних імпульсів, що відбиваються під час буріння від забою;

- конструкцією головки передбачена бічна промивка шпуру, яка гарантує

збільшену у три рази (у порівнянні з центральною промивкою) витрату промивної води (до 30 л/хв.) на процес пилопригнічення в забої та винос бурового шламу зі шпуру.

В результаті використання цих засобів:

- рівень запиленості повітря на робочому місці бурильної головки не перевищує гранично допустимих норм, встановлених ДСТУ 12.1.005;

- рівень вібрації на рукоятках керування, сидіннях та підніжках бурильної установки під час буріння головкою не перевищує допустимих норм, встановлених ДСТУ 12.1.012;

- рівень звуку, що діє на оператора на робочому місці, не перевищує встановлених норм за ДСТУ 12.1.003. Додатково рекомендується використання індивідуальних засобів захисту від шуму за ДСТУ 12.4.051.

6.6.4 Відповідність конструкції вимогам технічного обслуговування

Кожна бурильна головка постачена комплектом інструменту і приладдя для проведення технічного обслуговування і ремонту установки, а також комплектом запасних частин, який дає можливість у найкоротші терміни відновити її працездатність у випадку зносу або ушкодження найбільш вразливих деталей конструкції.

Конструкцією та регламентом технічного обслуговування головки передбачено обов'язкове постійне змащення її ударного вузла через магістральну автомасельничку та періодичне змащення редуктора обертача.

6.6.5 Оцінка технічного рівня розглянутої бурильної головки

Для оцінки технічного рівня бурильної головки ГБПГ, конструкція та порядок організації експлуатації якої проаналізовані в представлені й роботі, скористаймося методом порівняльного аналізу технічного рівня та якості механічного обладнання, що викладений у [8]. Цей метод полягає у порівнянні аналогічних показників призначення та надійності технічних об'єктів – виробу, що аналізується, та бази порівняння. В якості останньої візьмемо пневматичний перфора-

тор типу ПК75. Таким чином, метою порівняльного аналізу є виявлення того очікуваного факту, що технічний рівень бурильної головки ГБПГ перевищує технічний рівень перфоратора ПК75.

Такий аналіз можна виконувати двома способами. Перший називається диференційним і передбачає просте порівняння однойменних показників технічних об'єктів. Якщо, скажімо, усі показники нового об'єкту виявляються кращими за показники базового, то можна із впевненістю стверджувати, що його технічний рівень вищий.

Але такі випадки трапляються досить рідко. Зазвичай одні показники можуть бути кращими, а інші – гіршими. Навіть якщо лише один показник базового об'єкту буде кращим, ніж у нового, однозначно віддати пальму першості останньому не вдасться. Може статися, що цей єдиний показник виявиться настільки вагомим, що перекреслить усі переваги нового.

Тому в такій ситуації використовують комплексний варіант цього методу. Спочатку, як і в диференційному варіанті, порівнюють однакові показники призначення і надійності шляхом ділення одного показника на інший для отримання коефіцієнтів q_i. Причому, якщо показник у нової машини покращився у порівнянні з базової, ділять більшу величину на меншу, щоб результат був більше одиниці. Якщо ж він погіршився, то ділять меншу величину на більшу, щоб результат був менше одиниці. Але в цьому варіанті методу кожному показнику присвоюється коефіцієнт вагомості, який виражається у частках одиниці і представляє собою оцінку важливості цього показника для оцінки загального технічного рівня нової конструкції. Показники вагомості призначаються експертами, що здійснюють порівняльний аналіз, на підставі власного досвіду і кваліфікації. Сума усіх коефіцієнтів вагомості m_i повинна дорівнювати одиниці.

Потім підраховується параметр Q, який дорівнює сумі добутків коефіцієнтів q_i і m_i усіх розглянутих показників, тобто:

$$Q = \Sigma q_i m_i.$$

Якщо $Q \geq 1{,}03$, можна констатувати, що технічний рівень нової конструк-

ції вище, ніж у базової, причому чим більше показників призначення і надійності буде враховано (тобто, чим більш представницькою буде інформація про машини), тим достовірнішим стане результат здійсненого порівняльного аналізу.

Пропонується порівняти показники бурильної головки ГБПГ (нова машина) з показниками перфоратора типу ПК75 (базова машина). Результати порівняння, виконаного за даними [20], приведені в табл. 6.2. Вони красномовно свідчать на користь бурильної головки ГБПГ.

ВИСНОВКИ ПО ЧАСТИНІ ІІ

Кожна машина протягом свого життєвого циклу проходить низку етапів від її створення до утилізації. Це операції дослідження і розробки конструктивного рішення виробу, виготовлення його в металі, доставка до місця роботи і можливе зберігання там деякий час, монтаж і підготовка до експлуатації, використання за призначенням, технічне обслуговування і ремонт. Рівень якості машини, закладений конструктором і забезпечений під час виготовлення на машинобудівному підприємстві, має підтримуватися в процесі експлуатації для збереження працездатного стану деталей та вузлів виробу.

Реалізація тривалого та за можливості безвідмовного використання механічного обладнання потребує розробки та впровадження раціональних заходів експлуатації, у тому числі технічного обслуговування і ремонту. Саме цьому присвячена друга частина представленої бакалаврської роботи.

Запропоновані під час її виконання практичні рекомендації мають забезпечити підвищення ефективності роботи бурильної головки та за рахунок цього – техніко-економічних показників діяльності підземного гірничорудного підприємства.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

Під час виконання комплексної бакалаврської роботи проведено наступні дослідження:

- проаналізовано основні способи і технічні засоби для буріння прохідницьких шпурів в умовах міцних порід підземного гірничорудного виробництва;

- розглянуто конструктивні особливості бурильної головки комбінованого типу з пневматичним ударним вузлом та гідравлічним механізмом обертання бурового інструменту;

- проаналізовано основні переваги та недоліки такого обладнання на підставі виконаних розрахунків його конструктивних параметрів та питомих показників;

- зроблено оцінку технічного рівня пневмогідравлічної головки ГБПГ та її відповідності вимогам технічної документації;

- розроблено раціональні заходи випробування, транспортування, зберігання, монтажу, обкатування, підготовки до роботи та порядку використання за призначенням, технічного обслуговування та ремонту розглянутого виробу;

- виконана загальна оцінка експлуатаційної досконалості бурильної головки.

Проведена робота дозволила визнати актуальність застосування подібного обладнання в умовах вітчизняних гірничорудних шахт і високо оцінити результати його практичного використання.

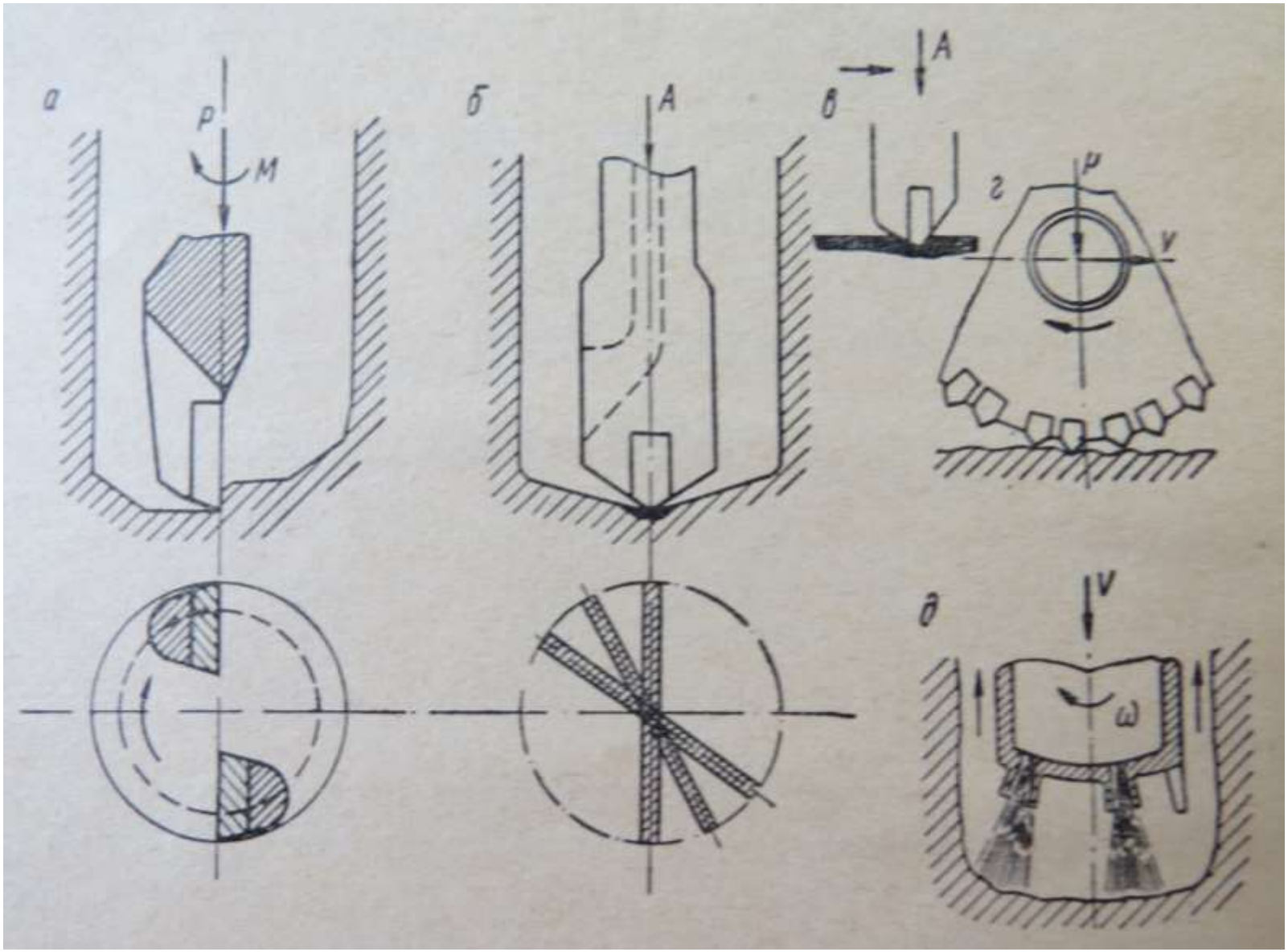


Рисунок 1.2 – Схеми руйнування гірських порід під час використання різних способів буріння:
а – механічного обертального; *б* – механічного ударного; *в* – механічного обертально-ударного; *г* – термічного



а



б



в

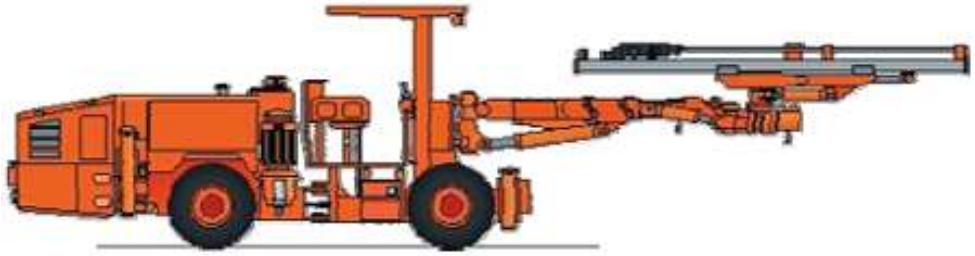


г

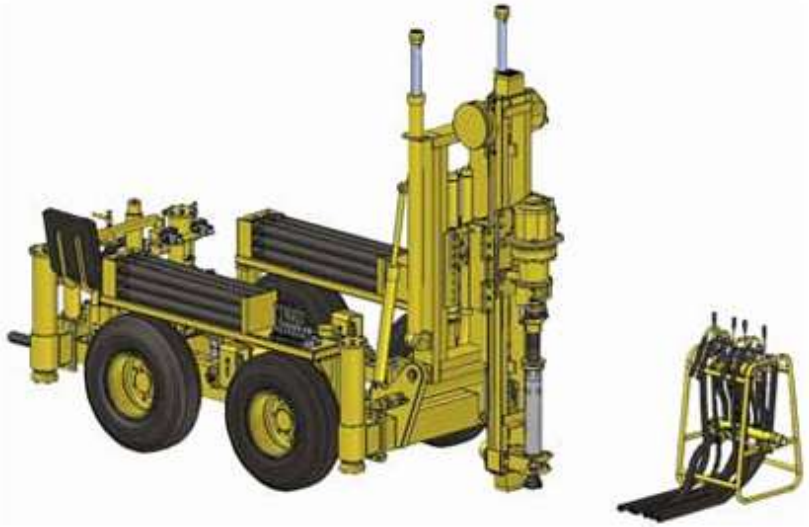
Рисунок 1.3 – Перфоратори ручного (переносного) типу:
а – пневматичний переносний перфоратор ПП50В1; *б* – пневматичний підтримувальний пристрій типу ПК для нього;
в – пневматичний переносний перфоратор RH 656 («ATLAS COPCO»); *б* – пневматичний підтримувальний пристрій типу BMK 62S для нього



а



б



в



г

Рисунок 1.6 – Самохідні шахтні бурильні установки та бурильні верстати:
а – вітчизняна шахтна бурильна установка УБШ-221П (УБШ-212); *б* – гідравлічна шахтна бурильна установка AXERA D05-40 («SANDVIK TAMROCK»); *в* – вітчизняний самохідний бурильний станок БП-100С;
г – гідравлічний самохідний бурильний верстат Simba H257 («ATLAS COPCO»)



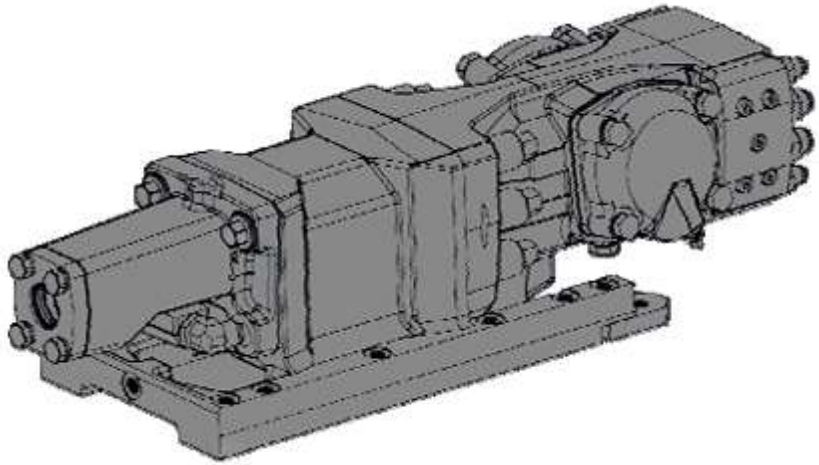
а



б



в



г

Рисунок 1.7 – Бурильні головки:
а – вітчизняний пневматичний перфоратор ПК-60М; *б* – вітчизняна гідравлічна бурильна головка 505-04.06.000;
в – гідравлічний перфоратор COP 2238HD («ATLAS COPCO»);
г – гідравлічний перфоратор HLX5 («SANDVIK TAMROCK»

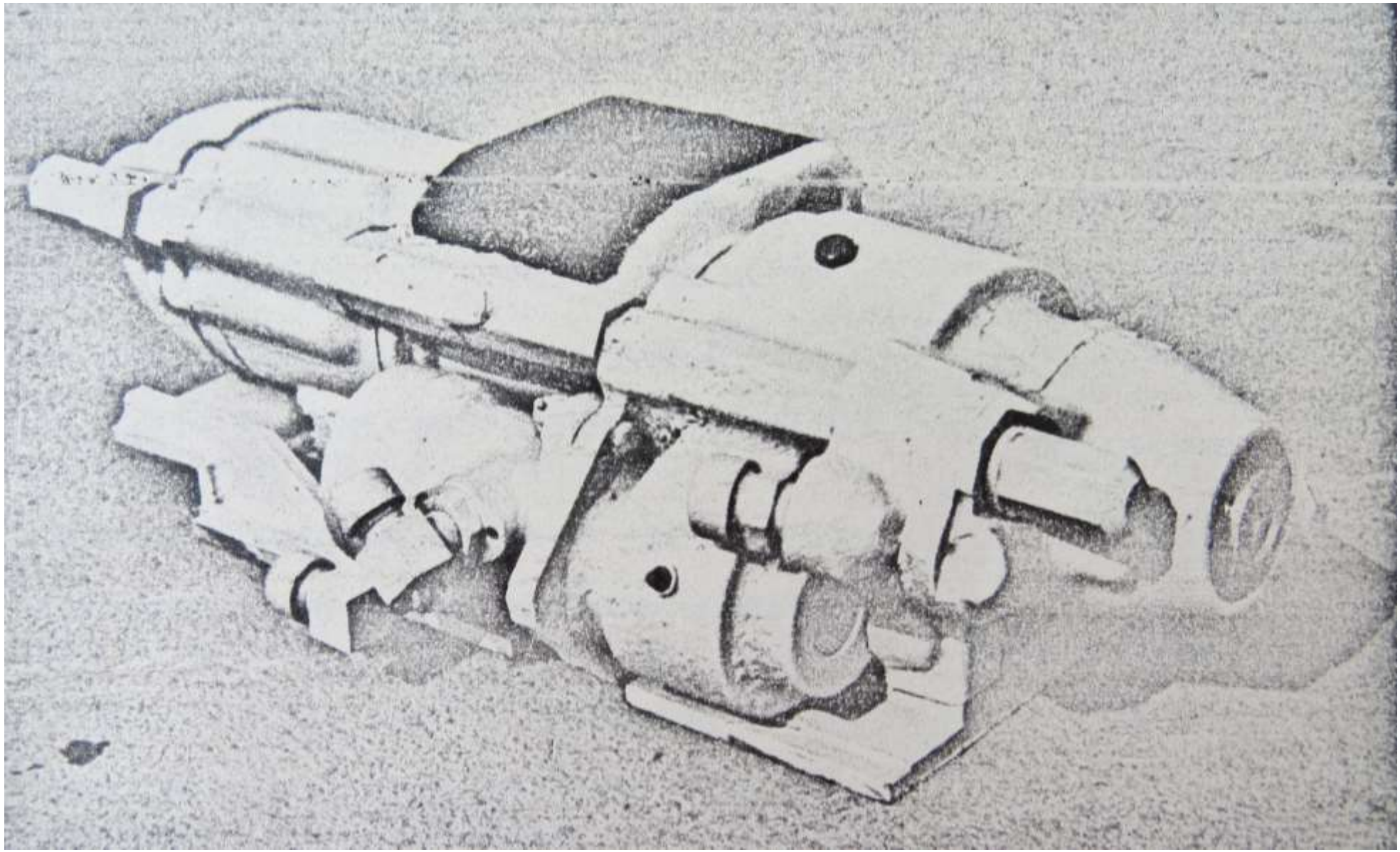


Рисунок 2.1 Зовнішній вигляд бурильної головки ГБПГ

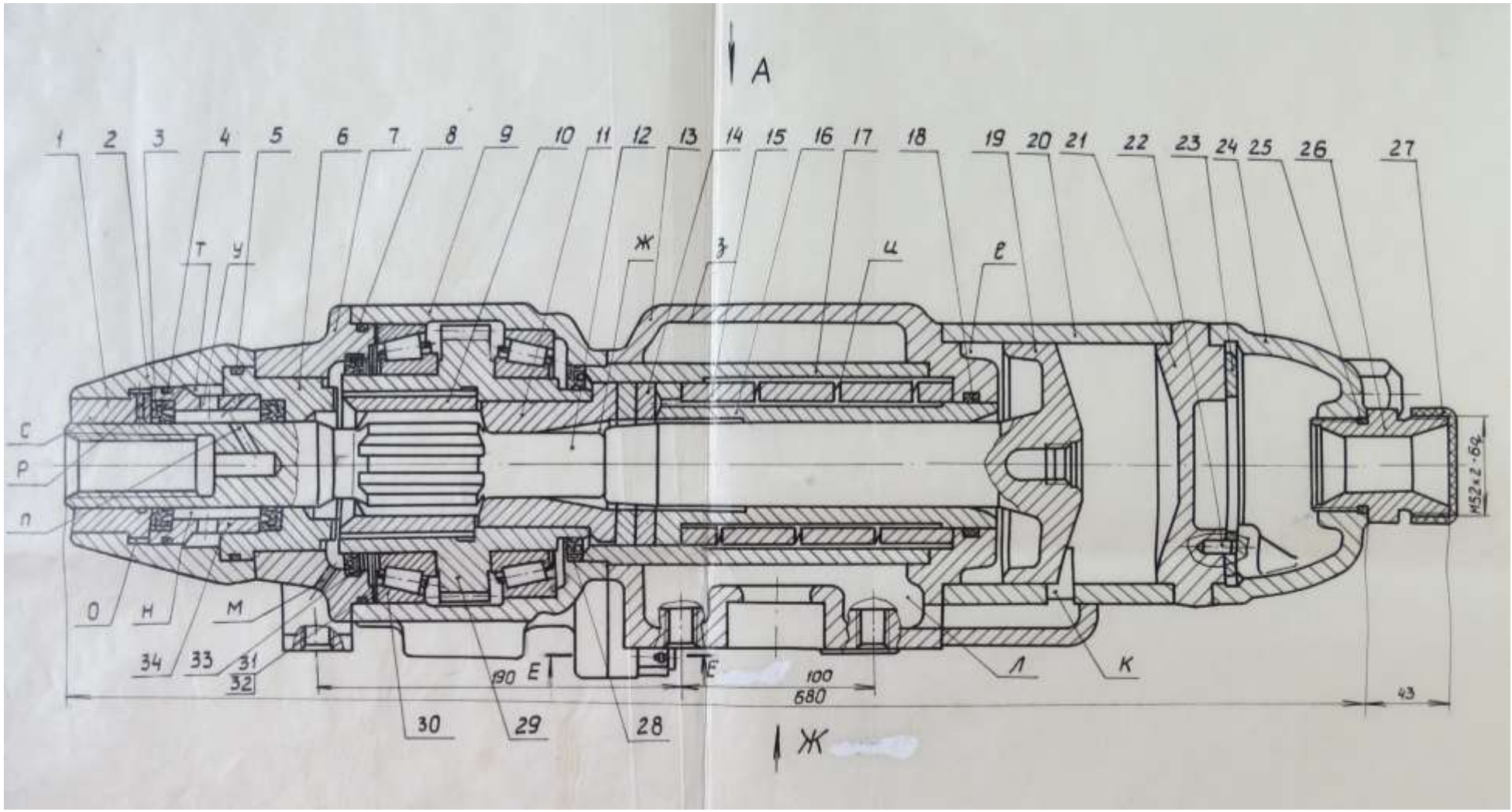


Рисунок 2.2 – Схема бурильної головки ГБПГ

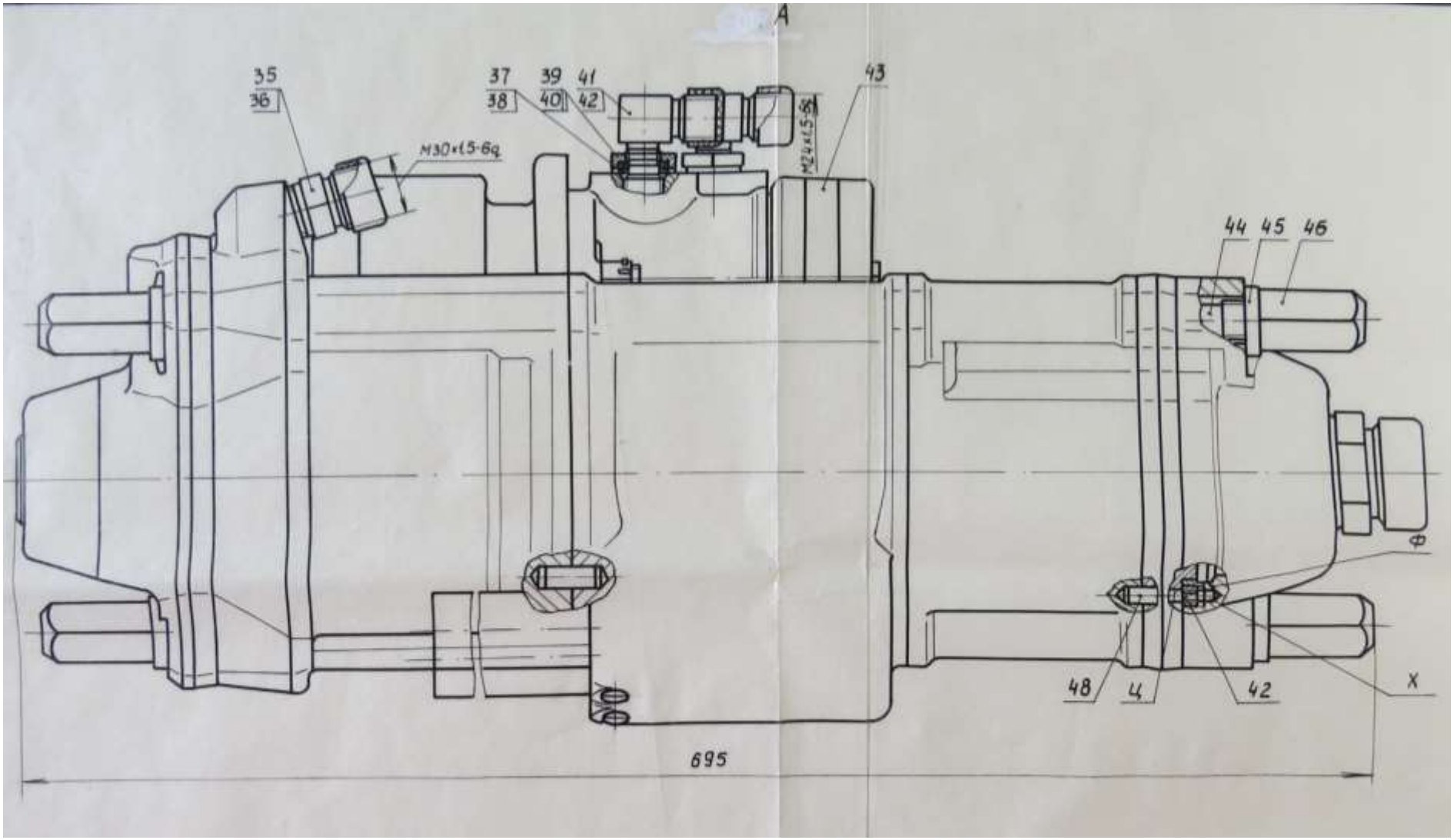


Рисунок 2.2 – Схема бурильної головки ГБПГ. Продовження

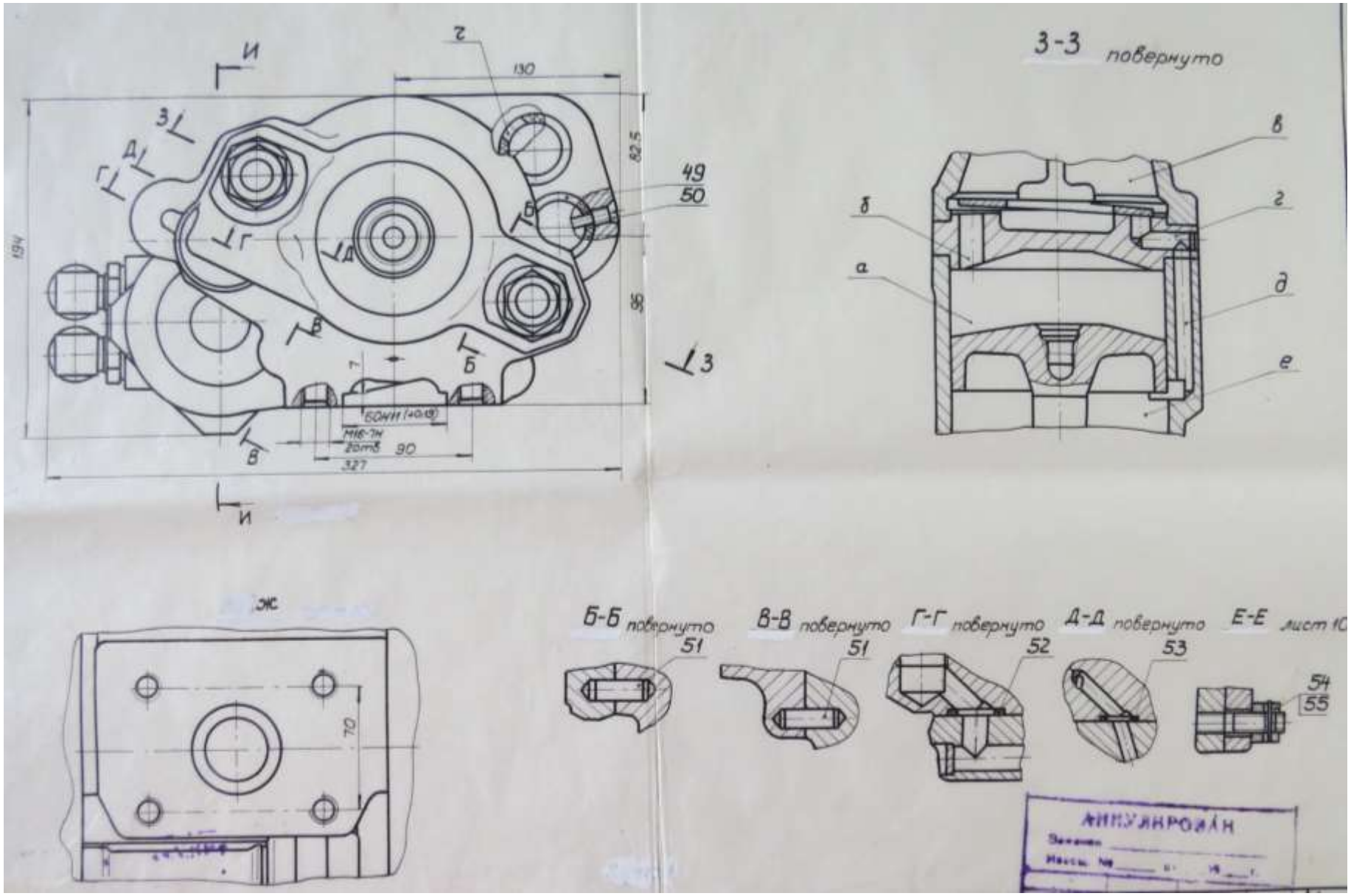


Рисунок 2.2 – Схема бурильної головки ГБПГ. Продовження

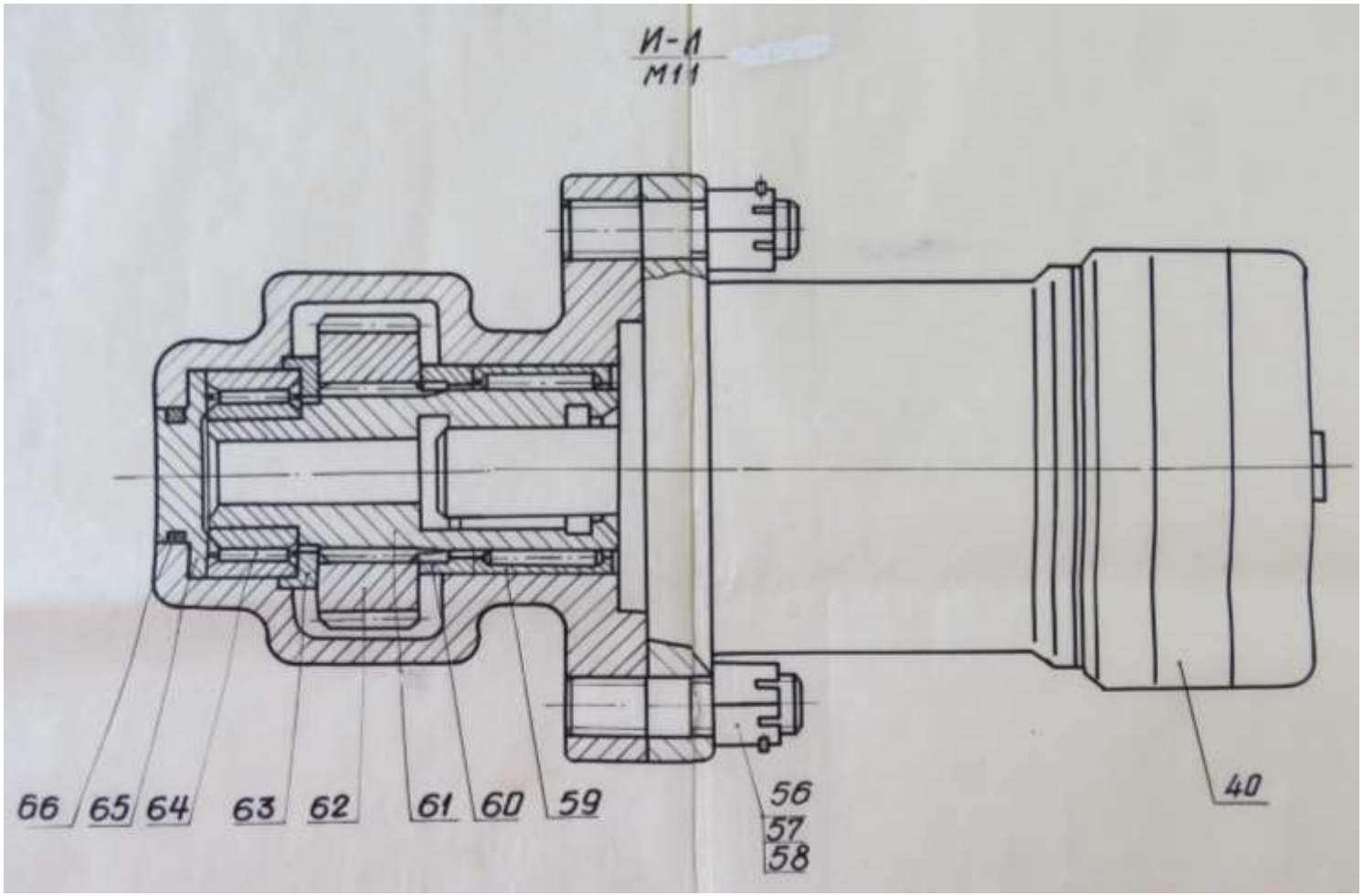


Рисунок 2.2 – Схема бурильної головки ГБПГ. Продовження:
1, 6, 16, 17, 34, 60 – втулки; 2, 7, 24 – кришки; 3, 28, 33 – манжети; 4, 5, 8, 18, 25, 38, 52, 53, 63, 66 – кільця; 9 – корпус обертача; 10 – букса; 11 – п’ята; 12 – хвостовик; 13 – корпус; 14 – диск; 15 – пружина; 19 – поршень; 20 – циліндр; 21 – гніздо; 22, 48, 51 – штифт; 23 – клапан; 26 – штуцер; 27, 36 – ковпачки-заглушки; 29 – шпиндель; 30, 59, 64 – підшипники; 31, 32 – прокладки; 35 – прохідник; 37, 40, 45 – шайби; 39, 46, 54, 57 – гайки; 41 – кутник; 42, 65 – заглушки; 43 – гідродвигун; 44 – стяжний болт; 47 – дросель; 49 – рукав відвідний; 50 – гвинт; 56 – шпилька; 55, 58 – шплінт; 61 – вал; 62 – шестірня

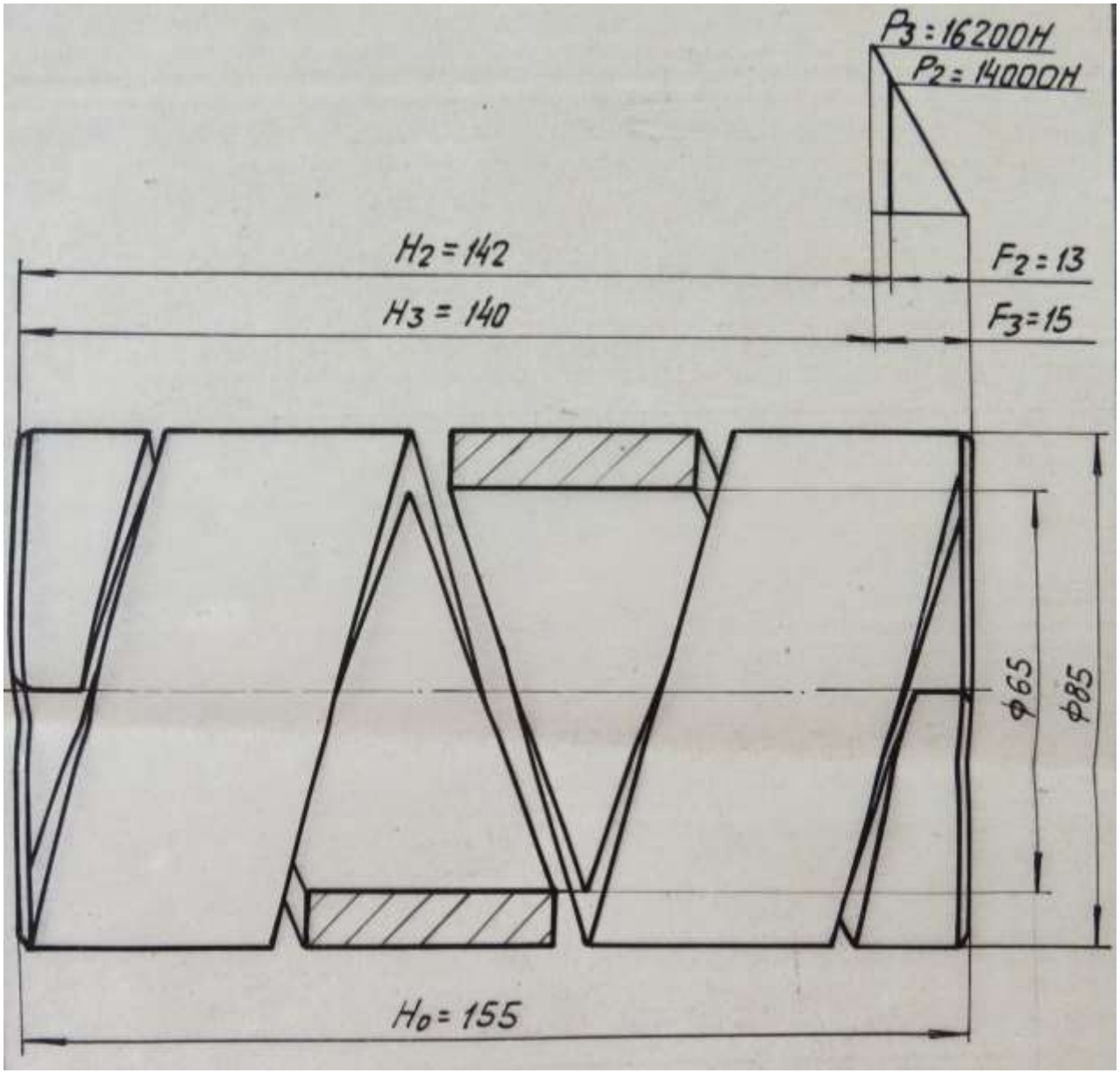


Рисунок 3.1 – Схема демпферу бурильної головки

Таблиця 4.1 – Результати замірів параметрів і розмірів дослідних зразків бурильних головок ГБПГ

Найменування параметрів та розмірів	Дослідні зразки					
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
Енергія удару ударника, Дж	148	149	147	148,5	149	149,5
Частота ударів, $с^{-1}$ ($хв.^{-1}$)	54,5 (3270)	55,2 (3310)	54,2 (3250)	55,0 (3300)	54,3 (3260)	54,7 (3280)
Ударна потужність, кВт	8,07	8,22	7,97	8,17	8,34	8,12
Крутний момент, Н·м	352	354	352	353	354,5	351
Частота обертання, $с^{-1}$ ($хв.^{-1}$)	5,33 (320)	5,25 (315)	5,15 (310)	5,18 (311)	5,31 (319)	5,16 (310)
Номінальний тиск стисненого повітря, МПа	0,5±0,01					
Витрата повітря, л/с ($м^3$/хв.)	142 (8,5)	143 (8,6)	145 (8,7)	142 (8,5)	145 (8,7)	143 (8,6)
Номінальний тиск гідравлічної рідини, МПа	16±0,4					
Витрата гідравлічної рідини, л/с ($м^3$/хв.)	0,83 (50)					
Маса, кг	98,0	98,7	97,5	96,8	98,4	99,0
Питома маса, кг/кВт·міс.	0,335	0,336	0,343	0,336	0,332	0,344
Питома витрата енергії ударника, кВт/кВт	8,8	8,7	9,1	8,69	8,69	8,8
Питома витрата енергії обертача, кВт/кВт	1,13	1,13	1,17	1,15	1,13	1,17
Питома витрата повітря, $м^3$/с·кВт	0,018	0,017	0,018	0,017	0,017	0,018
Витрата промивної рідини під тиском 1МПа, л/с (л/хв.)	0,5 (30)					
Швидкість буріння шпурів діаметром 60 мм в породах міцністю 10-12 одиниць, мм/с (мм/хв.)	13,2 (790)	13,4 (805)	13,2 (790)	13,3 (800)	13,5 (810)	13,25 (795)

Таблиця 4.2 – Результати вимірювань та визначення шумової характеристики бурильної головки ГБПГ

Найменування показників	№ точки	Середньогеометричні частоти октавних смуг, Гц								Хар-ка «А»
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Середні значення рівнів звукового тиску і звуку в контрольних точках 1-9 вимірювальної поверхні, дБ (дБА)	1	102	98	105	107	106	108	108	98	114
	2	99	98	100	101	104	106	104	98	111
	3	95	98	102	102	103	105	103	93	110
	4	98	96	98	101	102	106	105	94	111
	5	100	98	105	103	103	107	108	98	113
	6	102	100	102	104	103	107	107	97	112
	7	100	98	100	103	104	105	106	95	111
	8	98	95	99	102	101	103	106	96	110
	9	101	97	101	102	103	105	106	96	111
Середні значення рівнів звукового тиску і звуку на вимірювальній поверхні, дБ (дБА)		100	98	102	102	104	106	106	97	112
Поправка $\Delta L_S = 10\,log\,S = 10\,log\,26{,}34\text{м}^3$, дБ		14	14	14	14	14	14	14	14	-
ШХ-октавні рівні звукової потужності та середній рівень звуку на вимірювальній поверхні, дБ (дБА)		114	112	116	116	118	120	120	111	112
Норма ШХ-розрахункова з ТД ШХ на ПК75 за ДСТУ 18092, дБ (дБА)		118	120	118	119	118	122	121	121	-

Таблиця 4.3 – Техніко-експлуатаційні показники дослідного зразка бурильної головки ГБПГ у порівнянні з пневматичним колонковим перфоратором ПК75 за результатами приймальних випробувань в умовах Кривбасу

Найменування показників	Умовне позначення	Одиниці виміру	Величина			
			середня за час спостережень		найбільша досягнута	
			ГБПГ	ПК75	ГБПГ	ПК75
1. Кількість робочих змін, протягом яких проводилися хронометражні спостереження	n	зміна	15	5		
2. Обсяг робіт, виконаний за час спостережень	Q	м	1950	586		
3. Технічна продуктивність	$A_{техн}$	м/хв.	1,144	0,629	1,203	0,679
4. Змінна експлуатаційна продуктивність	$A_{зм}$	м/зміну	130	117	180	142
5. Коефіцієнт можливого підвищення експлуатаційної продуктивності	$K_{пп}$	-	1,56	1,31		
6. Можлива змінна продуктивність	$A_{м.зм}$	м/зміну	254	191		
7. Коефіцієнт внутрішньозмінного використання	$K_{вв}$	-	0,49	0,60	0,66	0,71
8. Коефіцієнт використання оперативного часу роботи	$K_{оп}$	-	0,54	072	0,64	0,74
9. Напрацювання на відмову	$T_о$	год.	42,6			
10. Середній час відновлення працездатного стану	$T_в$	год.	0,72	0,42		
11. Коефіцієнт готовності	$K_г$	-	0,73			
12. Коефіцієнт технічного використання	$K_{тв}$	-	0,96	0,94	0,99	0,99

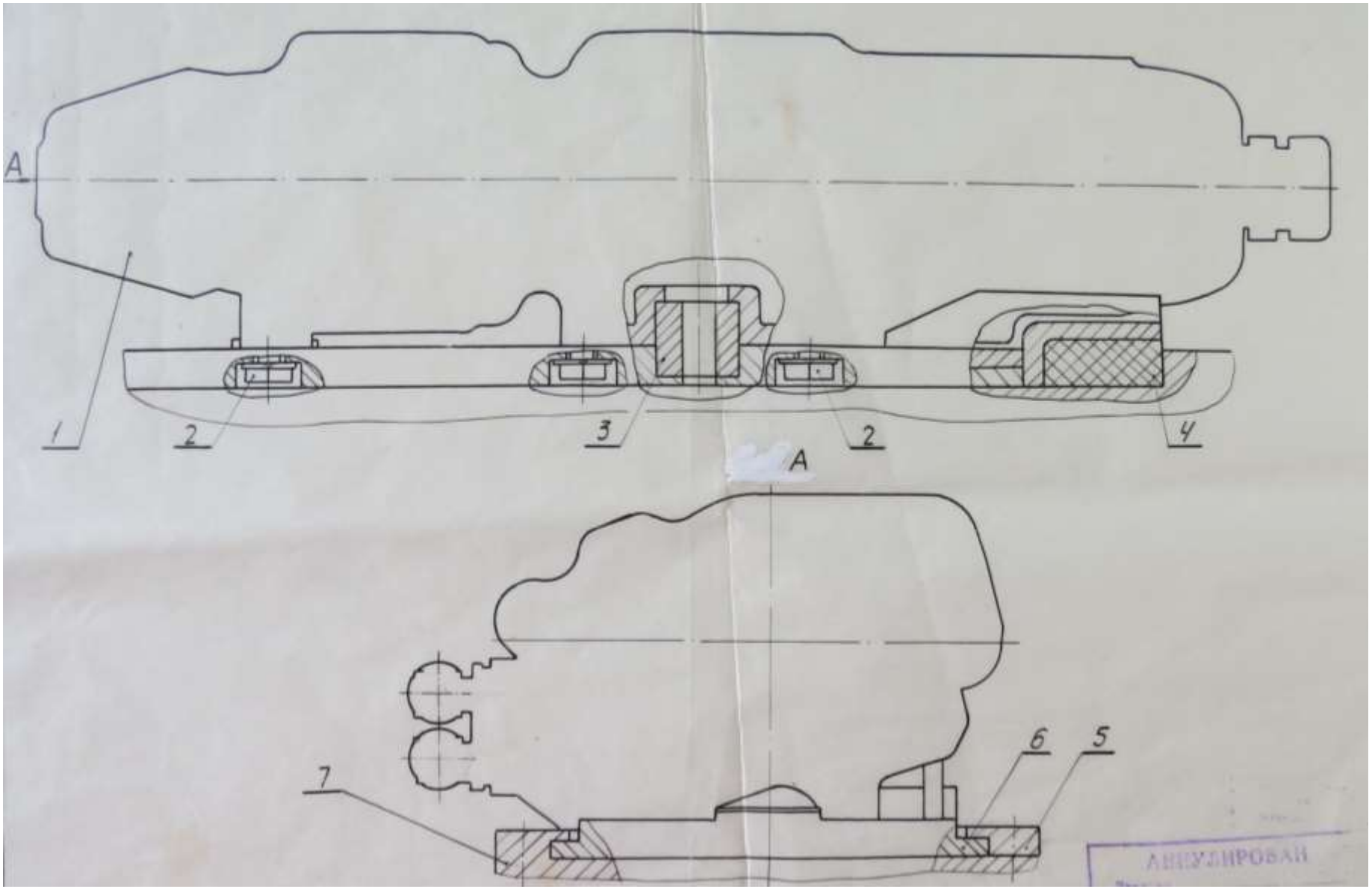


Рисунок 5.1 – Схема монтажу бурильної головки:
1 – головка; 2 – болти; 3 – шип; 4 – гумовий амортизатор; 5 – планка; 6 – плита; 7 – полозки

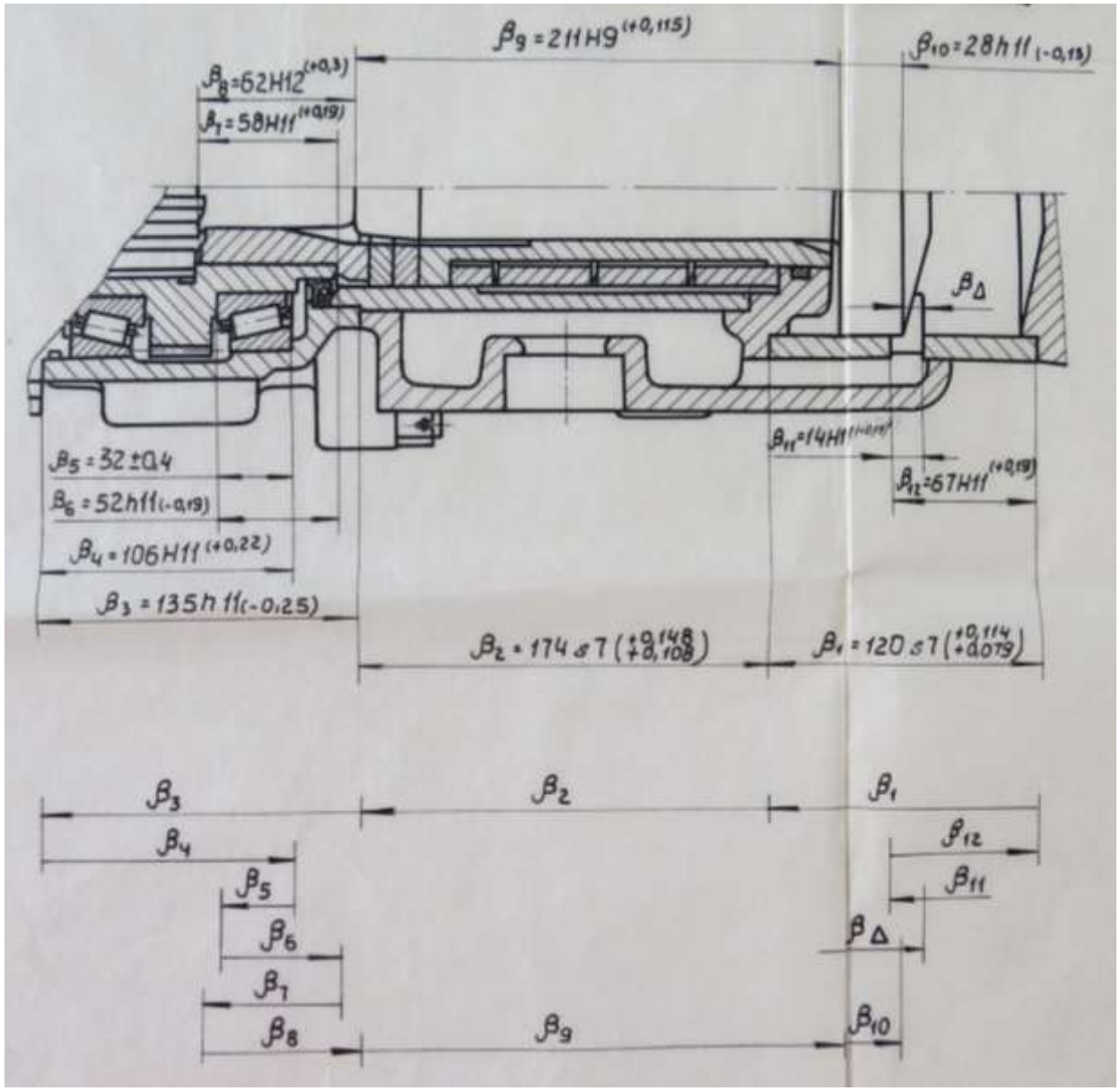


Рисунок 5.2 – Схема розрахунку граничних відхилень вихлопного вікна бурильної головки

Таблиця 5.1 – Перелік основних перевірок технічного стану бурильної головки ГБПГ

Що перевіряється та за допомогою яких інструментів, приладів та обладнання. Методика перевірки	Технічні вимоги
1. Працездатність ударного вузла. Перевіряється шляхом запуску в холостому режимі роботи	Чіткий запуск, стійка робота
2. Працездатність обертача. Перевіряється шляхом запуску в холостому режимі роботи	Стійка робота, рівномірне обертання інструменту
3. Надійність різьбових з’єднань. Перевіряється візуально та затягуванням з’єднань	Відсутність витоків стисненого повітря, робочої та промивної рідин на стиках і різьбових сполученнях
4. Цілісність ущільнень хвостовика. Перевіряється шляхом вмикання промивки при непрацюючих обертачі та ударному вузлі на 10-15 с	Відсутність витоків промивної рідини через зазор хвостовика
5. Цілісність ущільнень шпинделя. Перевіряється шляхом вмикання обертача при відключеній промивці та непрацюючому ударному вузлі на 10-15 с	Відсутність витоків мастила редуктора обертача через зазор хвостовика
6. Наявність та рівень масла. Контролюється пробкою масловказівника	Рівень масла повинен бути не нижче мінімального та не вище максимального значень
7. Наявність масла в автомасельничці пневмомагістралі. Перевіряється візуально	На предметі, уведеному у вихлопний струмінь ударного вузла, повинна з’являтися масляна плівка
8. Стан підшипників редуктора обертача. Перевіряється спостереженням	Відсутність нагріву корпуса в області підшипникових вузлів

Таблиця 5.2 – Перелік найчастіших та можливих несправностей бурильної головки

Найменування несправності, її зовнішній прояв та додаткові ознаки	Ймовірна причина несправності	Метод усунення несправності
Зниження продуктивності	Затуплене лезо бурової коронки	Заточити або замінити коронку
	Погіршилося промивання шпуру	Довести тиск і витрату промивної рідини до номінального рівня
	Зниження тиску стисненого повітря на вході в ударний вузол	Усунути витоки стисненого повітря в мережі та в пневмокомунікаціях. Підняти тиск стисненого повітря регулятором тиску
	Зусилля подачі менше оптимального	Збільшити зусилля подачі
	Знос деталей головки	Відправити головку в ремонт
Зменшення частоти обертання бурового інструменту	Зниження продуктивності гідронасосу	Відрегулювати або замінити гідронасос
Часті зупинки обертача	Несправність запобіжного клапану	Виконати ревізію запобіжного клапану та відрегулювати його

Продовження таблиці 5.2

	Недостатній крутний момент на буровому інструменті	Підняти перепад тисків на гідромоторі обертача до номінального значення
		Зменшити зусилля подачі
	Неправильно вибраний діаметр і тип коронки	Зменшити діаметр коронки або змінити її тип
Ударний вузол працює нестійко, зупиняється, вихлопні вікна обмерзають	Підвищена вологість стисненого повітря	Перевірити вологовіддільник у повітряній магістралі, усунути його несправність
Поганий запуск головки	Густе мастило	Заправити автомасельничку потрібним ґатунком масла
	Наявність води в ударному вузлі	Усунути причину потрапляння води в ударний вузол, продути його протягом 3-4 с
	Поламка клапану	Замінити клапан
Підвищений нагрів обертача: - передньої кришки	Недостатнє змащення	Збільшити подачу мастила у стиснене повітря

Продовження таблиці 5.2

- в області підшипників кочення валу-шестірні	Вихід з ладу підшипника кочення	Замінити підшипник кочення
- в області опор шпинделя і осі	Недостатнє змащення	Виконати змащення головки. Проконтролювати рівень масла в редукторі і за необхідності підняти його Залити більш в’язке масло
	Вихід з ладу ущільнювальної манжети гідромотора	Проконтролювати наявність масла в редукторі і за необхідності підняти його
		Зняти гідромотор і замінити манжету
Витоки промивної рідини через зазор хвостовика	Вихід з ладу ущільнювальних манжет хвостовика	Замінити манжети
Нагрів ударного вузла, перебої в його роботі та зупинка	Відсутність змащення	Залити масло в автомасельничку або замінити його більш в’язким
	Задирки на циліндрі і поршні	Усунути задирки, за необхідності замінити поршень

Таблиця 6.2 – Порівняльний аналіз технічного рівня бурильних головок

№№	Найменування показника	ГБПГ	ПК75	q_i	m_i
1	Загальна потужність, кВт	18,84	7,87	2,39	0,06
2	Енергія удару ударника, Дж	147	166,9	0,88	0,06
3	Частота ударів, $с^{-1}$ ($хв.^{-1}$)	53,3 (3200)	33,6 (2016)	1,59	0,06
4	Ударна потужність, кВт	7,84	5,61	1,40	0,06
5	Крутний момент, що розвивається бурильною головкою, Н·м	350	180	1,94	0,06
6	Частота обертання, $с^{-1}$ ($хв.^{-1}$)	5 (300)	2 (120)	2,50	0,06
7	Питома маса бурильної головки, кг/кВт·міс.	0,358	0,465	1,30	0,06
8	Питома витрата енергії ударника, кВт/кВт	9,57	10,2	0,94	0,06
9	Питома витрата енергії обертача, кВт/кВт	1,21	23,9	19,75	0,06
10	Питома витрата повітря, $м^3$/с·кВт	0,019	0,029	1,53	0,06
11	Напрацювання на відмову, год.	42	30	1,40	0,05
12	Повний ресурс, год.	2000	1920	1,04	0,05
13	Повний термін служби, міс.	24	24	1,00	0,05
14	Середній час відновлення працездатного стану, год.	1,2	0,93	0,78	0,05
15	Середній термін збереженості, років	1	1	1,00	0,05
16	Рівень звуку, дБА	112	112	1,00	0,05

Таблиця 6.2. Продовження

17	Показник цілісності композиції, бал	4,3	4,25	1,01	0,01
18	Показник досконалості виробничого виконання та стабільності товарного вигляду, бал	4,25	4,25	1,00	0,02
19	Питома трудомісткість виготовлення бурильної головки, нормо·год./кВт	9,9	18,3	1,85	0,03
20	Енергоємність виготовлення бурильної головки, кВт·год./кВт	29,5	42,8	1,45	0,03
21	Показник патентної чистоти	1	1	1,00	0,01

$$Q = q_1m_1 + q_2m_2 + q_3m_3 + q_4m_4 + q_5m_5 + q_6m_6 + q_7m_7 + q_8m_8 + q_9m_9 + q_{10}m_{10} + q_{11}m_{11} + q_{12}m_{12} + q_{13}m_{13} + q_{14}m_{14} + q_{15}m_{15} +$$
$$+ q_{16}m_{16} + q_{17}m_{17} + q_{18}m_{18} + q_{19}m_{19} + q_{20}m_{20} + q_{21}m_{21} = 2{,}39\cdot0{,}06 + 0{,}88\cdot0{,}06 + 1{,}59\cdot0{,}06 + 1{,}40\cdot0{,}06 + 1{,}94\cdot0{,}06 + 2{,}50\cdot0{,}06 +$$
$$+ 1{,}30\cdot0{,}06 + 0{,}94\cdot0{,}06 + 19{,}75\cdot0{,}06 + 1{,}53\cdot0{,}06 + 1{,}40\cdot0{,}05 + 1{,}04\cdot0{,}05 + 1{,}00\cdot0{,}05 + 0{,}78\cdot0{,}05 + 1{,}00\cdot0{,}05 + 1{,}00\cdot0{,}05 +$$
$$+ 1{,}01\cdot0{,}01 + 1{,}00\cdot0{,}02 + 1{,}85\cdot0{,}03 + 1{,}45\cdot0{,}03 + 1{,}00\cdot0{,}01 = 2{,}5 > 1{,}03.$$

Лист регистрации изменений

Изм	новых				Всего листов (страниц) в	№ документа	Входящий номер сопроводительного документа и дата	Подпись	Дата
	измененных	замененных	новых	изъятых					