

ВСТУП

На сучасних українських гірничих підприємствах, що виконують розробку відкритих рудних родовищах однією з основних ланок технологічного процесу видобутку є проходження вибухових свердловин верстатами шарошкового буріння, трудомісткість якої становить близько 30% від загальної трудомісткості робіт, пов'язаних із видобуванням. У контексті сучасного економічного розвитку України та зарубіжних країн величезне значення має модернізація, підвищення ефективності та наукомісткості промислових технологій. Особливе місце у гірничодобувної, нафтогазової та будівельної промисловості займають підприємства, що широко використовують різні технології буріння, тому проблема підвищення ефективності управління процесом буріння актуальна для цієї галузі. Найбільшого поширення набув шарошковий спосіб буріння, яким виконується до 85% всіх обсягів робіт. Буріння є трудомістким та дорогим технологічним процесом, тому завдання підвищення якості управління цим процесом нерозривно пов'язане з оцінкою його ефективності. Досягнення оптимальних та паспортних режимів роботи сучасних верстатів шарошкового буріння не завжди можливо через нестабільність складу, міцності та тріщинуватості порід. Тому процес шарошечного буріння характеризується високим ступенем невизначеності інформації, що значно ускладнює процес вибору оптимальних рішень при бурінні і може призвести до непередбачуваних результатів.

В даний час управлінню процесом буріння присвячено велику кількість праць як вітчизняних, так і зарубіжних авторів, які займалися дослідженнями технології шарошечного буріння та питанням визначення оптимальних значень режимних параметрів процесу буріння. Ними запропоновані аналітичні залежності, засновані на статистичній інформації, для розрахунку значень режимних параметрів буріння.

Отже дослідження процесу буріння шарошковими долотами гірських порід верстатами СБШ та визначення раціональних параметрів процесу буріння для

покращення режиму роботи верстатів СБШ є **актуальним науково-технічним завданням**.

Метою роботи є покращення режиму роботи верстатів СБШ за рахунок обґрунтування раціональних конструкційних та експлуатаційних параметрів шарошкових доліт.

Об'єкт досліджень – процес руйнування гірської породи шарошковими долотами.

Предмет дослідження – параметри робочого процесу буріння свердловин шарошковими верстатами.

1. АНАЛІЗ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ БУРІННЯ ШАРОШКОВИМИ ДОЛОТАМИ

1.1. Аналіз області застосування шарошкових доліт

Шарошкові долота є одним з розповсюдженіших бурових інструментів, що застосовується при бурінні практично всіх видів порід у різних умовах. Саме тому в даний час на шарошкові долота припадає близько 90% обсягу буріння свердловин на відкритих гірничих роботах.

Незважаючи на те, що шарошечне долото відомо досить давно, дослідження з вивчення процесу руйнування вибою таким типом доліт, а також з вдосконаленню їх конструкції активно проводяться і досі.

У зв'язку з різноманітністю механічних та абразивних властивостей гірських порід, виготовляється великий набір типів шарошкових доліт для різних гірничо-геологічних умов, що відрізняються за діаметром, видом породоруйнівного озброєння, опор та продувних пристроїв. Залежно від умов проходження свердловин виготовляється понад десяток (з озброєння) типів ШД (табл. 1.1). Основне застосування на вітчизняних кар'єрах знаходять долота типів Т, ТЗ, ТКЗ, К, ОК і рідше та рідше М та МОЗ та інші діаметром 215,9; 244,5; 250,8; 269,9; 320 мм і рідше 146-161 та 190 мм. Шарошкова долота є досить складними механізмами одноразового використання, тому мають високу ціну [7, 9, 16, 20, 27].

Таблиця 1.1 - Типи шарошкових доліт та область їх застосування [7, 9, 16, 20, 27]

Тип	Породи	Виконання шарошок
М	М'які ($f < 4-5$)	З фрезерованими зубами
МЗ	М'які абразивні ($f < 4-5$)	Зі вставними зубами
С	середньої твердості ($f = 5-6$)	із фрезерованими зубами
СЗ	Абразивні середньої твердості	Зі вставними зубами
СТ	Середньої твердості з твердими пропластками ($f = 5-8$)	З фрезерованими зубами
Т	Тверді малоабразивні ($f = 6-10$)	З фрезерованими зубами
ТК	Міцні з міцними пропластками ($f = 8-10$)	Комбінація фрезерованих та вставних зубів
ТЗ	Тверді в'язкі абразивні ($f = 8-14$)	Зі вставними зубами
ТКЗ	Тверді абразивні з пропластками міцних	
К	Міцні породи ($f = 12-14$)	Зі вставними зубами
ОК	Дуже міцні тендітні абразивні ($f > 12-14$)	Зі вставними зубами

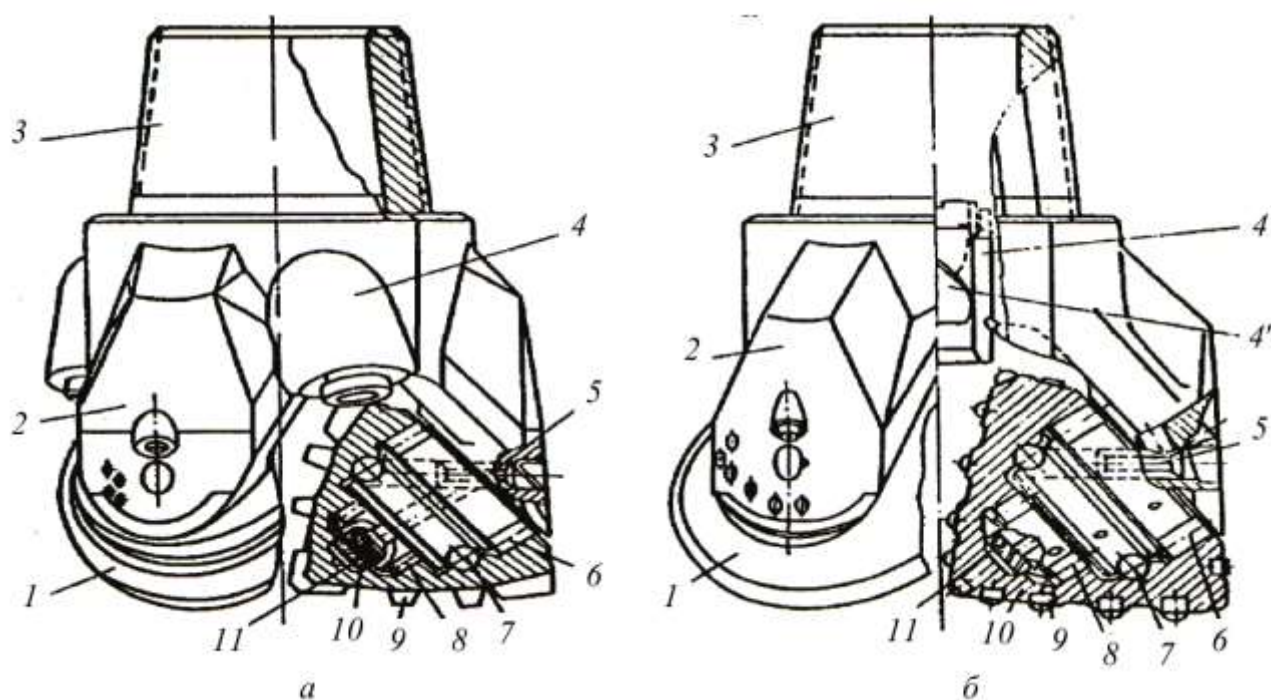


Рис. 1.1 - Конструктивні схеми тришарошкових доліт [7, 9, 16, 20, 27]: а – зубчастого із фрезерованим озброєнням шарошок та периферійною продуванням; б - штирьового (твердосплавні вставки) та центральним продуванням: 1 – шарошка; 2 – лапа долота; 3 – ніпель з різьбою; 4 – периферійний (а) та центральний (б) продувальні канали; 5 – канал для подачі кульок замка; 6 – роликовий підшипник опори; 7 – замковий кульковий підшипник; 8 – роликовий підшипник опори; 9 – фрезеровані зубці шарошки (а) та твердосплавні штирі (б); 10 – корпус шарошки; 11 - опорна п'ята опори шарошки

З досвіду експлуатації відомо, що в умовах кар'єрів практично не вдається досягти відповідності типів озброєння шарошечного долота властивостям порід, які часто змінюються в межах свердловини. Також не вдається і забезпечити рівностійкості озброєння та опор доліт [7, 9, 16, 20, 27].

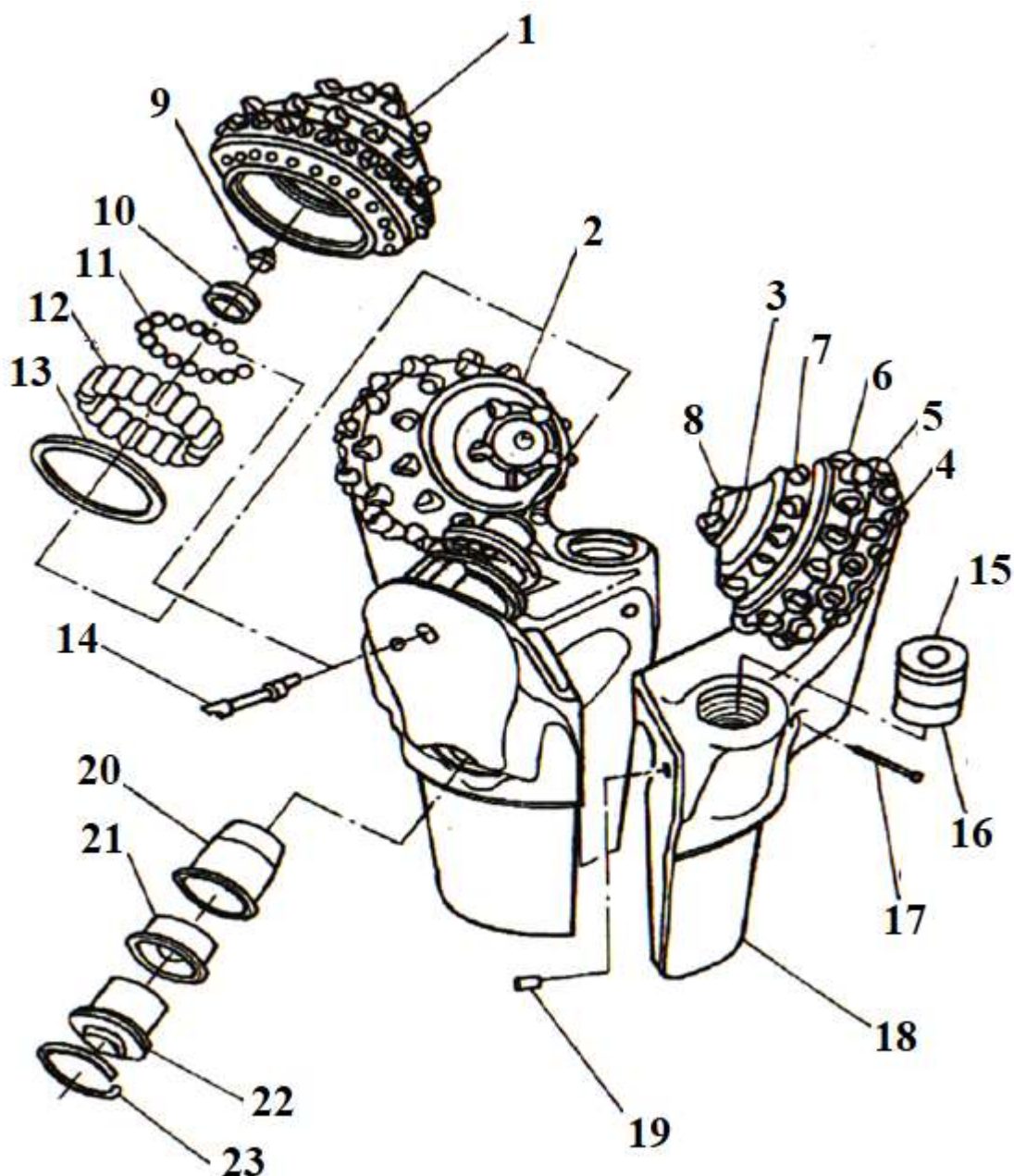


Рис 1.2 – Сучасне шарошкове долото [7, 9, 16, 20, 27]: 1 – перша шарошка; 2 – друга шарошка; 3 – третя шарошка; 4 – ряд зворотнього конуса; 5 – вінець перший калібруючий; 6 – вінець 2; 7 – вінець 3; 8 – вінець 4; 9 – підп'ятник; 10 – мала втулка; 11 – шарик; 12 – ролик; 13 – ущільнююче кільце; 14 – замковий палець; 15 – насадка; 16 – О-подібне кільце; 17 – стопорний цвях; 18 – гідромоніторна лапа; 19 – штифт; 20 – стакан; 21 – діафрагма; 22 – кришка резервуара; 23 – опорне кільце.

Проблема підвищення ефективності техніки та технології буріння на відкритих гірничих роботах досі має велике господарське значення. Основними напрямками розв'язання цієї проблеми можна вважати [7, 9, 16, 20, 27]:

- а) удосконалення організації управління буровими роботами та сервісного технічного обслуговування бурових верстатів на кар'єрах, впровадження систем диспетчерського телеконтролю роботи бурових верстатів, переведення бурових верстатів на обслуговування одним оператором тощо;
- б) удосконалення та створення нових високоефективних та зносостійких конструкцій бурових інструментів для різноманітних гірничо-геологічних та технологічних умов кар'єрів;
- в) оптимізацію технологічного процесу буріння свердловин у промислових умовах діючих кар'єрів;
- г) удосконалення конструкцій бурових верстатів з метою підвищення їх надійності, оснащення САУ та бортовими ЕОМ, розвитку модульної комплектації задля ефективного використання різних видів бурового інструмента та способів очищення свердловин.

Аналіз досвіду експлуатації при проведенні бурових робіт свідчать про економічні втрати на кар'єрах через відставання існуючої практики у застосуванні наукових методів оптимізації процесів виробництва. Відставання пояснюється як суб'єктивними причинами, так і тим, що з існуючому рівні знань оптимізувати процес буріння свердловин можливо лише з урахуванням експериментального визначення параметрів базових технологічних залежностей на певному об'єкті у конкретних гірничо-геологічних умовах. Необхідність такого підходу підтверджується останніми дослідженнями в галузі руйнування гірських порід при їх бурінні, екскавації та підриванні. Сказане підтверджує актуальність технологічних досліджень у виробничих умовах кар'єрів, лише на рівні яких зрештою реалізуються всі нововведення бурової техніки та технології [7, 9, 16, 20, 27].

Головним у буровому ланцюзі «гірська порода – буровий інструмент – буровий верстат» є саме технологічний процес буріння, оскільки від інтегрує взаємодію основних елементів, що визначають продуктивність і собівартість проходки свердловин. До таких параметрів належать властивості порід, типомодель (конструкція та якість) бурового долота та параметри його силового

руйнівного впливу на забій з урахуванням ступеня очищення свердловини від шламу [7, 9, 16, 20, 27].

Можна виділити актуальний напрям наукових досліджень з обґрунтування та вибору раціональних конструкцій бурового інструменту та параметрів процесу буріння безпосередньо в умовах певного кар'єру, що дозволяє сформулювати наступні завдання подальших досліджень [7, 9, 16, 20, 27]:

- обґрунтування математичних моделей процесів, що відбуваються в системі «гірська порода – буровий інструмент – буровий верстат» та розробка алгоритмів оптимізації процесу буріння в умовах кар'єру;
- розробка інженерних методик вибору в умовах кар'єру раціональних конструкцій бурового інструменту, режимів буріння та прогнозування оптимальних параметрів та показників процесу буріння;
- дослідження основних факторів та критеріїв оцінки ефективності процесу буріння вибухових свердловин;
- розробка способів та засобів удосконалення процесу очищення свердловин з урахуванням особливостей буріння в ускладнених гідрогеологічних умовах.

Розв'язання поставлених завдань вимагає поєднання різних методів дослідження, у тому числі таких як [7, 9, 16, 20, 27]:

- науковий аналіз та узагальнення відомих теоретичних розробок та патентних матеріалів;
- спостереження за відпрацюванням породоруйнівних інструментів на бурових верстатах;
- експерименти у промислових умовах на бурових верстатах із застосуванням натурного процесу буріння методів математичного аналізу, методів математичної статистики та інших;
- дослідно-промислові випробування розроблених об'єктів та технологій;
- техніко-економічний аналіз виробничих даних з експлуатації бурового обладнання на різних кар'єрах;

- математичне моделювання технологічної системи «вибій свердловини – буровий інструмент – буровий верстат» з відображенням у моделі як фізичних закономірностей руйнування порід та зношення долота, так і основних техніко-економічних зв'язків та конструктивно-технологічних параметрів системи.

Як було зазначено, одним з головних компонентів бурової системи є буре долото, працездатність та досконалість конструкції якого, згідно досвіду експлуатації, вирішальним чином впливають на ефективність всього процесу буріння [7, 9, 16, 20, 27].

На відміну від проходження глибоких свердловин, в умовах кар'єрів при будь-якому обсязі буріння питомі витрати часу на допоміжні машинні операції для певного бурового верстата і при глибинах дрібних вибухових свердловин, що мало змінюються, залишається практично постійним. Отже загальна тривалість допоміжних операцій змінюється лінійно, пропорційно проходці на долото і числу свердловин, пробурених у період стійкості долота. Тому найбільша тривалість допоміжних операцій протягом зміни роботи верстата має місце при бурінні порід невисокої міцності, що становить понад 25 % і знижується до 10 % менше у найміцніших породах [7, 9, 16, 20, 27].

Відомо, що питомі витрати на буріння знаходяться у квадратичній залежності від коефіцієнта міцності гірських порід. і у породах міцністю $f = 12$ у вартості буріння переважають витрати на шарошкове долото, що становлять 60–65% і більше, тобто економічність буріння визначається стійкістю долота. У породах міцністю $f = 8–10$ переважає вартість забезпечення машино-зміни роботи верстата, тобто економічність буріння визначається є швидкістю буріння [7, 9, 16, 20, 27].

В умовах кар'єру одним з основних джерел кардинального підвищення ефективності функціонування всієї технологічної системи вибій свердловини – буровий інструмент – буровий верстат є оптимізація вибору типомоделей бурових доліт та параметрів їх відпрацювання у конкретних гірничо-геологічних та техніко-економічних умовах їх експлуатації [7, 9, 16, 20, 27].

1.3. Аналіз відомих математичних моделей взаємодії шарошкових доліт з гірською породою

Загалом вивченню процесів роботи шарошкових доліт присвячено багато праць, оскільки такі породоруйнуючі інструменти є досить розповсюдженими через свою ефективність. Розглянемо деякі праці, з точки зору визначення раціональних режимів роботи доліт та математичного опису процесу руйнування породи на забої свердловини штирями шарошкового долота.

Цікавою з точки зору визначення раціональних режимів роботи є стаття [6]. Автори зазначають, що у процесі буріння механізми обертання та подачі бурового верстата споживають потужність трохи більше встановленої. При цьому можливі поєднання пов'язаних між параметрами буріння (осьове зусилля, частота обертання, проходка на долото) будуть змінюватись в залежності від фізико-механічних властивостей порід, діаметра свердловини, конструктивних особливостей долота та бурового верстата в цілому.

Автори зазначають, що найвигіднішим режимом руйнування гірських порід шарошковим долотом буде такий, у якому досягається максимальна механічна швидкість проходки. При такому режимі очікується найбільша проходка на долото.

Автори зазначають два основних критерія роботоздатності долота – зношування озброєння шарошок, що походить від їх ковзання і залежить від властивостей породи і від шляху ковзання та працездатність роликотопильника шарошки долота, що визначається є його динамічною вантажопідйомністю.

У статті автори роблять висновок, що для будь-яких розрахунків і розробки алгоритмів управління параметрами режиму буріння слід використовувати залежність відносного осьового зусилля від відносної частоти обертання долота, відповідні лише моделі роботи долота до граничного стану його озброєння по зносу.

У книзі [8] розглянуто характеристики та технології буріння вибухових свердловин, , раціональні конструкції бурового інструменту, фактори та критерії оцінки працездатності та ефективності бурового інструменту. Наведено параметри

режимів буріння шарошковими долотами. Наведена лише узагальнена математична модель роботи усього верстату шарошкового буріння.

У статті [10] автори обґрунтовують раціональність застосування розбірних бурових доліт, доводячі це ряд цікавих математичних формул різних критеріїв ефективності: коефіцієнт, що враховує збільшення ресурсу розбірного шарошечного долота в економічному відношенні; економія питомих витрат.

У статті [11] наведено розроблені авторами імовірнісні моделі граничного стану нерозбірних серійних та розбірних дослідних тришарошкових бурових доліт, що дозволяють реалізувати попередити або скоротити в першій конструкції передчасні відмови конструктивних елементів, у другій створити рівномірну та рівнозначну конструкцію долот із гарантованим ресурсом. Автори зазначають, що довговічність та зносостійкість опорного вузла та озброєння долота стають рівними завдяки застосуванню навантажувального, тимчасового, структурного та функціонального резервування надійності критичних елементів долота. З цього випливає, що довговічність із заданою ймовірністю критичних елементів конструкції розбірних шарошечних доліт може істотно збільшитися, що створює нові передумови та можливості вдосконалення шарошечних доліт вже у двох напрямках: по опорі шарошок та озброєнню. У цьому полягає перспектива розвитку шарошечних ремонтпридатних доліт та створення нових конструкцій серійного породоруйнівного інструменту з гарантованим ресурсом.

У статті [12] наведено опис інтенсифікації процесу буріння та збільшення продуктивності серійного верстата СБШ-250МНА-32 для буріння на глибину 12,5 м без нарощування штанг за рахунок модернізації щогли за двома варіантами:

- встановлення двох додаткових циліндрів подачі серійного виготовлення на місце, яке займає сепаратор і його виключення з щогли. При послідовному запасуванні канатів з обох боках щогла можна отримати подвоєну величину ходу подачі, тобто 16 м.

- збільшення кратності поліспадної системи серійного верстата з 4-х до 6 за рахунок введення додаткових блоків при збереженні двох гідроциліндрів подачі та сепаратора.

Наведено деякі висновки, що роблять автори статті з точки зору використання шарошкових доліт, а саме одним із шляхів підвищення ефективності бурових робіт на кар'єрі є вибір раціональних типів та діаметрів шарошкових доліт відповідно до механічних властивостей гірських порід та висоти розроблюваного уступу. Перехід на буріння вибухових свердловин діаметром 215,9 мм є в умовах сучасного стану БВР на кар'єрі одним із можливих шляхів інтенсифікації вибухового впливу на руйнування рудних та 10-метрових породних уступів. Аналіз експериментальних даних показав, що з точки зору питомих вартісних витрат на шарошечні долота буріння в умовах кар'єру рудних 10-метрових породних уступів долотами діаметром 215,9 мм краще в порівнянні з долотами діаметром 244,5 мм, середнє узагальнене значення проходки яких по всіх долотах різних заводів постачальників становить (за даними підприємства) 315 м.

У статті [13] наведено відомості щодо аналізу зношування шарошкових доліт. Автор зазначає, що у процесі буріння найбільш інтенсивному зношуванню піддаються озброєння та опора долота. При досягненні граничного зношення, хоча б одного з цих елементів, долото стає непридатним подальшого використання потребує заміни. Поряд із поступовим зношуванням нерідко спостерігаються поломки окремих елементів, які можуть призвести до часткової або повної втрати працездатності всього долота. Автором встановлено, що найбільша інтенсивність зношування зубів відбувається у період опрацювання. Руйнування штирів починається з дрібного викрашування, викликаного нерівномірністю їх завантаження, а для штирів периферійних вінців зношення також посилюється тим, що вони контактують із вибоєм та стінкою свердловини.

Автор зазначає, що крім зазначених факторів, на величину зношування штирів шарошок суттєвий вплив має багатоконусна форма шарошок, конструктивні особливості та ступінь зношення опор і самого озброєння, спрямованість струменів з абразивом у привибійній зоні, фізикомеханічні властивості породи, що руйнується, та параметри режиму буріння.

У статті [14] автор зазначає, що термін служби шарошкових доліт практично визначається стійкістю опор. Заклинювання опори шарошки викликає припинення

її обертання, наслідком є посилене зношування її озброєння. При цьому порушується нормальна робота шарошок долота, оскільки значна частина обертального моменту і осевого зусилля, прикладених до долоту, сприймається шарошкою, що не обертається.

Автор зазначає, що шарошкові долота, оскільки складаються із зварених між собою секцій, на цапфах лап яких обертаються змонтовані шарошки і є нерозбірними конструкціями, при виході з ладу однієї шарошки або її опори підлягають бракуванню. У зв'язку з цим дуже привабливим є створення долота зі знімними шарошками, що дозволило б, замінюючи шарошку, що вийшла з ладу, значно (в 1,5-2 рази) продовжити термін служби усього кошовного долота.

У статті наведено конструкцію шарошкового долота зі змінними лапами. Автор розглядає різні варіанти кріплення лап до долота і робить висновок, що серед розглянутих варіантів кріплення найкращим є саме різьбове з'єднання лап з корпусом, яке виявилось досить надійним і може бути рекомендовано для шарошкових доліт.

У статті [15] автор називає основною причиною виходу з ладу серійних шарошечних доліт заклинювання шарошок, яке, у свою чергу, є наслідком невдалої конструкції їх опор. При цьому стійкість доліт по опорах значно менша за стійкість породоруйнівних елементів, що пояснюється проникненням дрібної породи через зазор між шарошкою і лапою в порожнину підшипників та недостатньо надійним змащенням. З цього випливає, що основна увага при подальшому вдосконаленні шарошечних доліт має бути звернена на підвищення довговічності опор і перш за все на поліпшення їх змащення та ізоляції від зовнішнього середовища з метою запобігання потраплянню в опори пилових частинок, що утворюються на вибої свердловини. Автор називає вирішенням цієї проблеми саме докорінну зміну конструкції опор. При цьому першорядне значення має їх герметизація та надійне змащення. Ця проблема може бути вирішена при використанні в опорах доліт замість кульок і найбільш схильних до перекосів і заклинювання роликів підшипників ковзання у вигляді втулок з антифрикційного матеріалу, при їх

герметизації, що може бути забезпечено при маслonaповненій опорі та мінімальному зазорі між поверхнями лапи та шарошки.

У роботі [21] наведено фізико-механічні властивості гірських порід. Розглянуто будову, принцип дії шарошкових доліт, загальні питання їх взаємодії із вибоєм та зношування у процесі буріння. Описано принципи вибору породоруйнівних інструментів для конкретних умов буріння та їх раціонального відпрацювання.

Цікавими є низька робіт, виконана Пяльченковим В.А.

У статті [22] розглядається питання аналітичного визначення реакцій в опорах шарошкового долота при різних варіантах взаємодії озброєння шарошок із вибоєм. Застосування пропонованої методики може дозволити на стадії проектування оцінити вплив розташування озброєння на навантаженість та довговічність підшипників опори долота.

У статті [23] автор наводить результати проведених ним досліджень, у ході яких встановлено значну нерівномірність зношування та руйнування твердосплавного озброєння доліт як по вінцям, так і по шарошкам, а опорних вузлів по секціях. У цілому нині по шарошкам найбільша частка руйнувань штирів для доліт припадає на першу шарошку. Найчастіше також виходять з ладу опорні вузли перших шарошок. Отримані результати добре корелюють з результатами аналітичних та експериментальних досліджень навантаженості озброєння та опор кулькових доліт.

У статті [24] автори зазначають, що надійність та довговічність бурового обладнання та інструменту залежить від багатьох факторів, але одним із найважливіших є величина зусиль, що діють на робочі елементи, які представлені трердосплавними штирями. Також автори зазначають, що перспективним, з погляду, для прямого експериментального виміру зусиль, які діють елементи озброєння шарошечных доліт, є метод диференціації забою, згідно з яким дослідження полягає у обертанні долота під навантаженням по металевому вибою, закріпленому на вимірювальному пристрої. Така методика дозволяє дуже швидко отримувати великий обсяг інформації про навантаження всіх елементів долота і

може використовуватися для оптимізації конструкції як озброєння, так і опорних вузлів шарошечних доліт.

У статті [25] автор розглядає питання вивчення основних закономірностей силової взаємодії із вибоєм озброєння шарошкових доліт з метою визначення кінематичних та силових характеристик роботи шарошкових доліт. Автор наводить результати аналізу відомих методів аналітичного визначення зусиль, що діють на підшипники опори шарошечного долота.

У статті [26] автори наводять результати досліджень, якими встановлено, що осьове навантаження, прикладене до долота, розподіляється по вінцях шарошок нерівномірно. Найбільш навантаженими є середні вінці. Розмір осьового зусилля, сприймається окремим вінцем, пов'язані з деформацією деталей шарошечного вузла. Зменшити нерівномірність навантаження вінців можна за рахунок усунення їх по шарошці вздовж радіуса долота, розташовуючи їх так, щоб вертикальна лінія, що проходить через центр нижньої кульки замкового підшипника, проходила через середину зазору між вінцями сусідніх шарошок. Долота з новим варіантом розміщення зубків по шарошкам були випробувані на стенді та у промислових умовах. У доліт даної конструкції осьове навантаження розподілялося по вінцях більш рівномірно, що дозволило підвищити показники ефективності їхньої роботи.

У статті [28] розглянуто питання вибору фізичної моделі буріння, одержуваної у процесі буріння, тобто моделі *in situ* – менш витратною, інформативною, зручною в експлуатації та режимі реального часу. Автор навів розвиток математичних (аналітичних та статистичних), фізичних (механічна питома енергія, гідромеханічна питома енергія) та інших моделей буріння та проаналізував формування та розвиток моделі буріння *in situ*, у тому числі у протиставленні тесту *drill-off* як конкуруючої фізичної моделі, що застосовується для оптимізації параметрів буріння. За результатами аналізу робиться висновок, що модель буріння *in situ* - досить достатня фізична модель експериментального напрямку, цілком придатна для візуальної оптимізації безпосередньо на буровій і в режимі реального часу - в офісі, що підтримує.

У статті [29] автор зазначає два відомі механізми руйнування породи шарошковим долотом, при бурінні свердловин яким руйнування гірської породи здійснюється під дією штиря. При цьому незначна частина породи руйнується розчавлюванням з порушенням її структури, а основний обсяг відокремлюється великими фрагментами за утворюваними у процесі навантаження магістральними тріщинами без порушення структури. Таке руйнування є другим механізмом - об'ємним руйнуванням, а за наявності додаткової оголеної поверхні – сколом. Обидва види руйнування використовують вдавлювання та зсув. Додатково проаналізовано слабо вивчений третій механізм руйнування породи, притаманний шарошковим долотам з повністю зношеним озброєнням або взагалі без озброєння.

У статті [30] автори наводять результати дослідження процесу прослизання зубчастого озброєння шарошечних доліт при бурінні м'яких та середніх порід. Здійснено аналіз кінематики шарошки бурового долота, що працює з прослизанням озброєння по вибою. Визначено основні фактори, що впливають на величину та напрямки прослизання зубів озброєння по вибою свердловини. Виявлено недоліки прямозубого озброєння кулькових бурових доліт та обґрунтовано переваги використання косозубого озброєння.

Встановлено, що максимальна площа ураження забою, а отже, і продуктивність бурового інструменту, досягається при орієнтації зубів озброєння таким чином, щоб великі сторони їх майданчиків притуплення розташовувалися під певним кутом до утворюючої конуса шарошки, що забезпечує розташування основних бічних поверхонь зубів перпендикулярно прослизання.

При цьому можливість досягнення максимальної площі ураження забою в горизонтальній площині є не єдиною перевагою косозубого озброєння прямозубим. Незважаючи на те, що у прямозубого озброєння зубці орієнтовані паралельно утворюючим конусам шарошки, кінематика руху інструменту зумовлює їх рух щодо забою свердловини з виникненням осьових складових від зусилля руйнування породи. Внаслідок їх невірноваженості ця обставина призводить до виникнення відхиляє зусилля на долоті, що відводить його від заданого напрямку буріння. Можливість озброєння косозубим дозволяє вже на етапі проектування

інструменту взаємно врівноважити ці сили за рахунок різної орієнтації зубів та їх геометрії в рамках як однієї шарошки, так і долота в цілому.

Також на основі проведених досліджень було встановлено, що оснащення шарошок бурових доліт, призначених для буріння м'яких та середніх порід, косозубим озброєнням дозволить підвищити ефективність видалення шламу як безпосередньо із зони руйнування породи, так і з міжзубного простору озброєння, а також підвищить якість обробки забійної зони за рахунок фрезеруючого ефекту косозубого озброєння, що, у свою чергу, позначиться на процесі вирівнювання поверхні вибою, а отже, призведе до підвищення ефективності очищення за рахунок поперечних потоків бурового розчину.

У статті [31] автори наводять результати оптимізації основних параметрів верстатів шарошкового буріння, а саме механічної швидкості буріння, часу роботи долота, проходки на долото, вартості проходки свердловини від швидкості обертання долота.

У статті [32] наведено шляхи підвищення ефективності процесів буріння вибухових свердловин за трьома складовими оптимізації: динаміки озброєння, герметизація опор, промивні вузли породоруйнівних інструментів шляхом розробки нових технічних рішень у створенні бурового долота з метою забезпечення ефективної роботи долота в режимі заданим ексцентриситетом, виконане з двома паралельними осями обертання та робочою поверхнею у формі матриць, що повністю перекривають поверхню вибою свердловини в режимі пари обертання.

Автор вказує на важливі етапи вдосконалення тришарошкових доліт:

- виконання шарошок у формі недосконалого конуса;
- розробка цих доліт із самоочищаючими шарошками;
- використання для озброєння шарошок твёрдосплавних елементів (наплавлення сталевих зубів шарошок твердим сплавом, використання вольфрамокобальтових (ВК) вставних зубків);
- герметизація опор шарошок;

- використання певних (високотехнологічних) опор ковзання під час використання твердосплавного матеріалу та дорогоцінних металів.

Також автор наводить і недоліки тришарошкових бурових доліт:

- тришарошкові бурові долоти ефективні за дотримання високотехнологічних процесів на всіх етапах їх виготовлення;
- порівняно висока вартість;
- як правило, шарошки різнонавантажені, що призводить до випереджального виходу однієї з шарошок та долота в цілому;
- обмеженість характеристик міцності опор шарошок;
- не раціональна (не рівнозначна у кількісному вираженні) динаміка озброєння суміжних вінців шарошок та всіх шарошок загалом;
- динаміка суміжних шарошок конструктивно у тришарошкових долот така, що вона сприяє процесу сальникоутворення (шламова подушка, засолювання шарошок, сальникоутворення у наддолотному просторі);
- неефективний процес руйнування гірської породи (вдавлювання) озброєнням тришарошкових доліт;
- динамічна нестійкість тришарошечних доліт на поверхні вибою свердловини, внаслідок чого поперечні перерізи свердловини виходять не круглі (найчастіше у формі чотиригранного багатокутника з опухлими сторонами).

У статті [33] автор зазначає, що швидкість шарошкового буріння залежить від факторів, які можна поєднати у чотири групи: властивості руйнованої породи, параметри долота, умови взаємодії долота з породою та режими буріння. У відомих методиках розрахунку параметрів буріння наводиться ряд дуже складних формул, безліччю емпіричних коефіцієнтів, що значно ускладнює використання формул. Автор зазначає, що у відомих методиках не враховують тріщиноватість масивів гірських порід. З іншого боку, отримання математичних залежностей, що пов'язують швидкість буріння, режими буріння та показник буримості тріщинуватих гірських порід, дозволить нормувати процес буріння та коригувати параметри вибухових робіт.

Автор наводить результати дослідження визначення швидкості шарошкового буріння свердловин з використанням закону збереження енергії та використанням методу математичного моделювання. Це дозволило автору встановити формули розрахунку швидкості буріння в масиві гірських порід, які враховують режими буріння, параметри долота, а також коефіцієнт міцності гірських порід та параметри тріщинуватості масиву. Розроблені математичні залежності, що пов'язують швидкість буріння, режими буріння, параметри долота та показник буримості тріщинуватих гірських порід дозволяють нормувати процес буріння та коригувати параметри вибухових робіт.

У статті [34] розглянуто результати дослідження максимальної ефективності руйнування гірської породи при шарошечному бурінні свердловин залежно від частоти обертання долота, часу передачі енергії, що призводить до руйнування необхідного обсягу породи та зусилля подачі робочого органу. Представлено методику розрахунку оптимальних режимних параметрів буріння шарошечним долотом масивів гірських порід, що характеризуються значною тріщинуватістю, шаруватістю та зміною показника буримості в широкому діапазоні. Зроблено порівняльний аналіз підвищення продуктивності бурового верстата та стійкості бурового інструменту в результаті застосування адаптивного обертально-подавального механізму.

У результаті проведено дослідження автор робить наступні висновки.

Максимальна ефективність руйнування гірської породи при шарошечному бурінні свердловин забезпечується такою частотою обертання долота, при якій час контакту зуба шарошки дорівнює часу передачі енергії, що призводить до руйнування необхідного обсягу породи. А час передачі енергії, що призводить до руйнування необхідного обсягу породи з показником буримості, у свою чергу, залежить від можливої глибини впровадження зубів певної форми, шарошечного долота, під дією приводу подачі потужністю з урахуванням К.К.Д.

Із проведеного аналізу випливає, що найперспективнішим шляхом покращення техніко-економічних показників буріння свердловин шарошковими

долотами є застосування принципу рівномірного зношення та розробка розбірних шарошкових доліт.

1.3. Мета, об'єкт, предмет, завдання та методи дослідження

Метою роботи є покращення режиму роботи верстатів СБШ за рахунок обґрунтування раціональних конструкційних та експлуатаційних параметрів шарошкових доліт.

Об'єкт досліджень – процес руйнування гірської породи шарошковими долотами.

Предмет дослідження – параметри робочого процесу буріння свердловин шарошковими верстатами.

Завдання дослідження

1. Аналіз літературно-патентних джерел з метою удосконалення розбірних шарошкових доліт
2. Розробка математичної моделі процесу руйнування гірської породи шарошками;
3. Дослідження розробленої математичної моделі та визначення раціональних режимів роботи шарошкового долота;
4. Розробка та аналіз конструкції розбірного шарошкового долота.

Методи досліджень, що використовуються у роботі, включають патентний аналіз відомих конструкцій шарошкових доліт; методи аналітичного моделювання; методи комп'ютерного моделювання.

2. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РУЙНУВАННЯ ПОРОДИ ШАРОШКОВИМИ ДОЛОТАМИ

2.1. Загальна методика досліджень

Задля досягнення поставленої мети покращення режиму роботи верстатів СБШ за рахунок обґрунтування раціональних конструкційних та експлуатаційних параметрів шарошкових доліт планується проведення наступних досліджень.

Оскільки із проведеного аналізу випливає, що найперспективнішим шляхом покращення техніко-економічних показників буріння свердловин шарошковими долотами є застосування принципу рівномірного зношення та розробка розбірних шарошкових доліт, то на першому етапі аналіз літературно-патентних джерел з метою визначення перспективних конструкцій розбірних шарошкових доліт.

На наступному етапі буде розроблено математичну модель процесу руйнування гірської породи породоруйнівними елементами шарошкового долота. Дали відбувається дослідження розробленої математичної моделі з метою визначення раціональних режимів роботи шарошкового долота.

На фінальному етапі дослідження розробляється та аналізується конструкція розбірного шарошкового долота.

2.2. Аналіз шляхів удосконалення шарошкових доліт

Пропоноване долото [1] не має цих недоліків, оскільки шарошки приєднані до нього за допомогою осі, що має на одному кінці різьблення для з'єднання з цапфою, а на іншому - конічний виступ, що стикається з конічним поглибленням в корпусі долота. В опорі долота є кільце з лисою для введення кульок у замковий вузол.

На кресленні показано долото корпусного типу пропонованої конструкції.

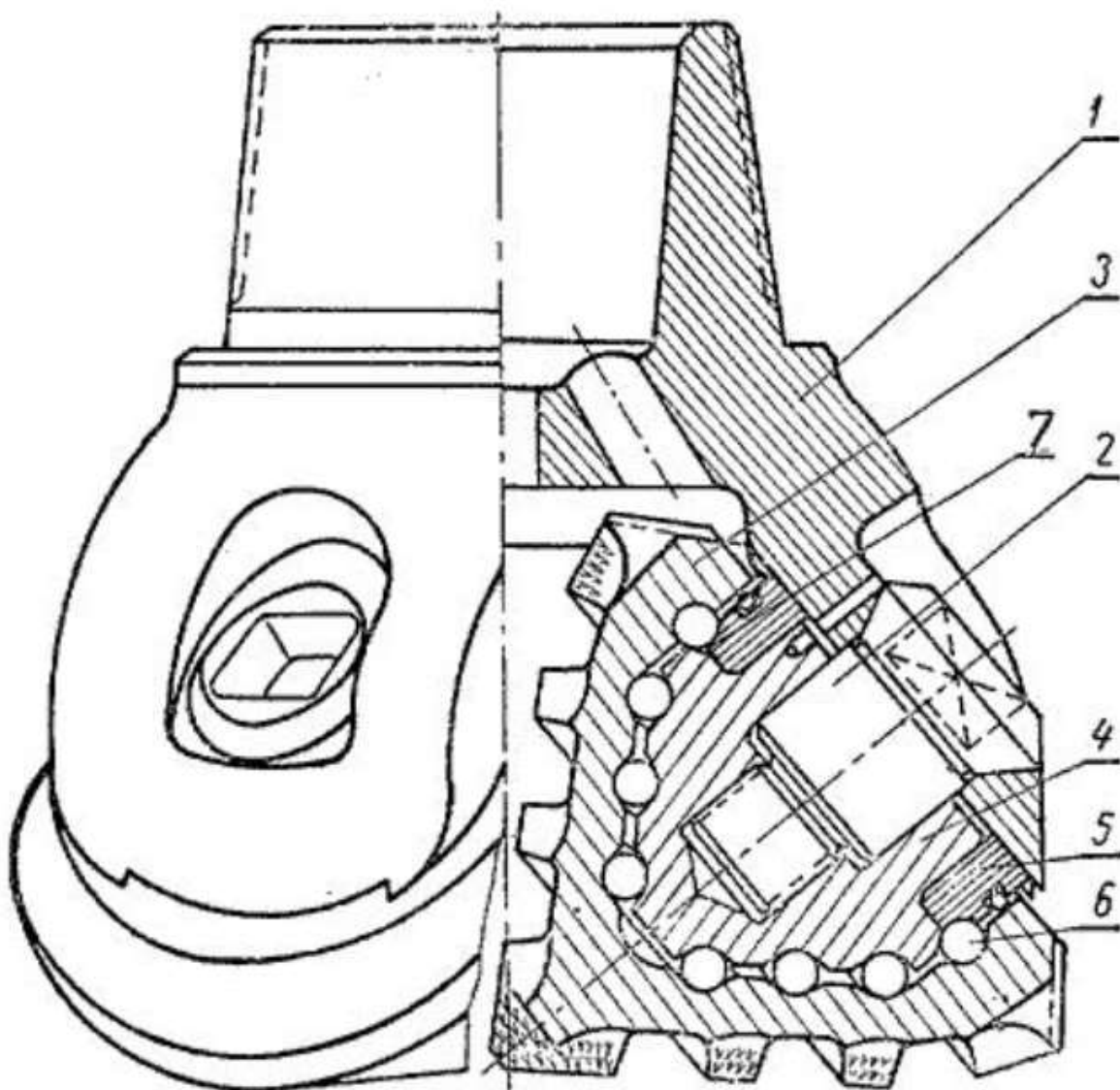


Рис 2.1 0 До патенту [1]

Долото має литий корпус 1, у різках якого передбачені конічні отвори. У ці отвори встановлюються 2 осі з різьбленням на іншому кінці. Ріжучі комплекти складаються з шарошок 3, цапф 4, кілець 5 і підшипників кулькових 6. Цапфи 4 нагвинчуються на різьблення осей 2 і затягуються до щільного прилягання торців кілець 5 до скосу ріжок корпусу. Для введення кульок у замковий вузол у кільці 5 передбачена лиска 7. Ріжучі комплекти є змінними.

Мета винаходу [2] - збільшення стійкості долота шляхом підвищення надійності кріплення елементів, що з'єднуються.

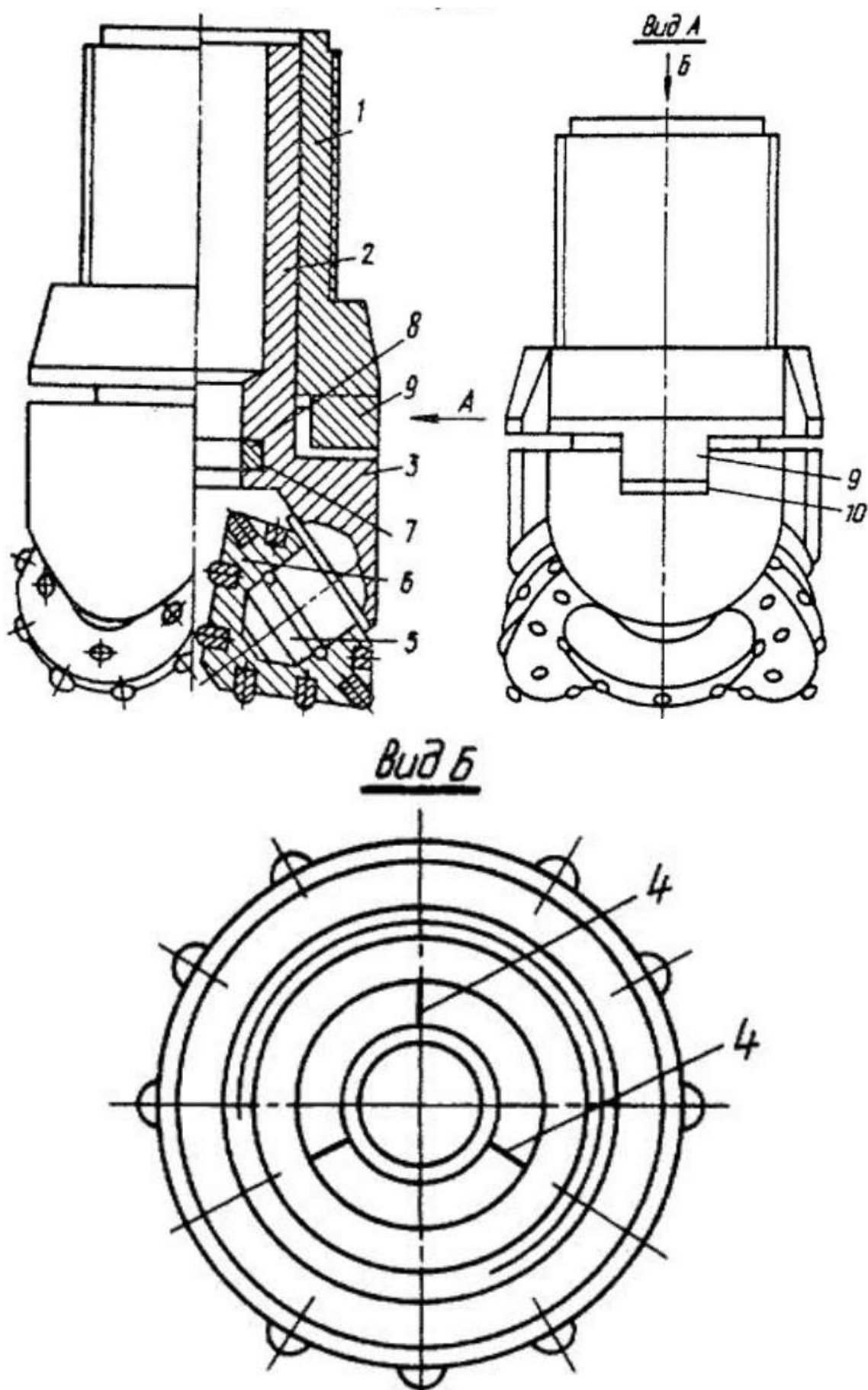


Рис 2.2 – До патенту [2]

Долото складається з корпусу I, в конічну розточку якого у вигляді самогальмованого конуса вставлені хвостовики 2 секцій 3, стиснутих між собою по площинах роз'єму 4, що перетинається в осі симетрії корпусу. На цапфах 5 секцій 3 встановлені шарошки 6. На внутрішній поверхні секцій є кільцева виточка 7, в якій встановлено замкове кільце 8. На торцевій поверхні корпусу 1 виконаний зуб 9, який входить в паз 10, виконаний на одній з секцій, і служить, поряд з посадкою за самогальмуючим конусом для передачі крутного моменту від корпусу до секцій.

Складання долота проводиться наступним чином.

При складанні долота секції 3 з встановленими на них шарошками 6 надягають проточками на кільце замкове 7 і одночасно сполучаються по площинах роз'єму. Зчленовані секції вставляють в корпус так, щоб паз в торці однієї з секцій знаходився навпроти зуба корпусу і необхідним осьовим тиском заклинювання конуса секцій в розточці корпусу.

Конструкція долота має високу жорсткість і геометричну точність, що, в кінцевому рахунку, призводить до збільшення стійкості породоруйнуючого інструменту 5 у зв'язку з відсутністю люфтів, вібрації шарошок і рівномірного розподілу навантажень між ними.

Ціль винаходу [4] підвищення довговічності долота за рахунок підвищення надійності фіксації лап при застосуванні пружних прокладок.

Винахід відноситься до бурової техніки і може бути використане для шарошечного буріння свердловин велико: діаметра а різних гірничо-геологічних умовах.

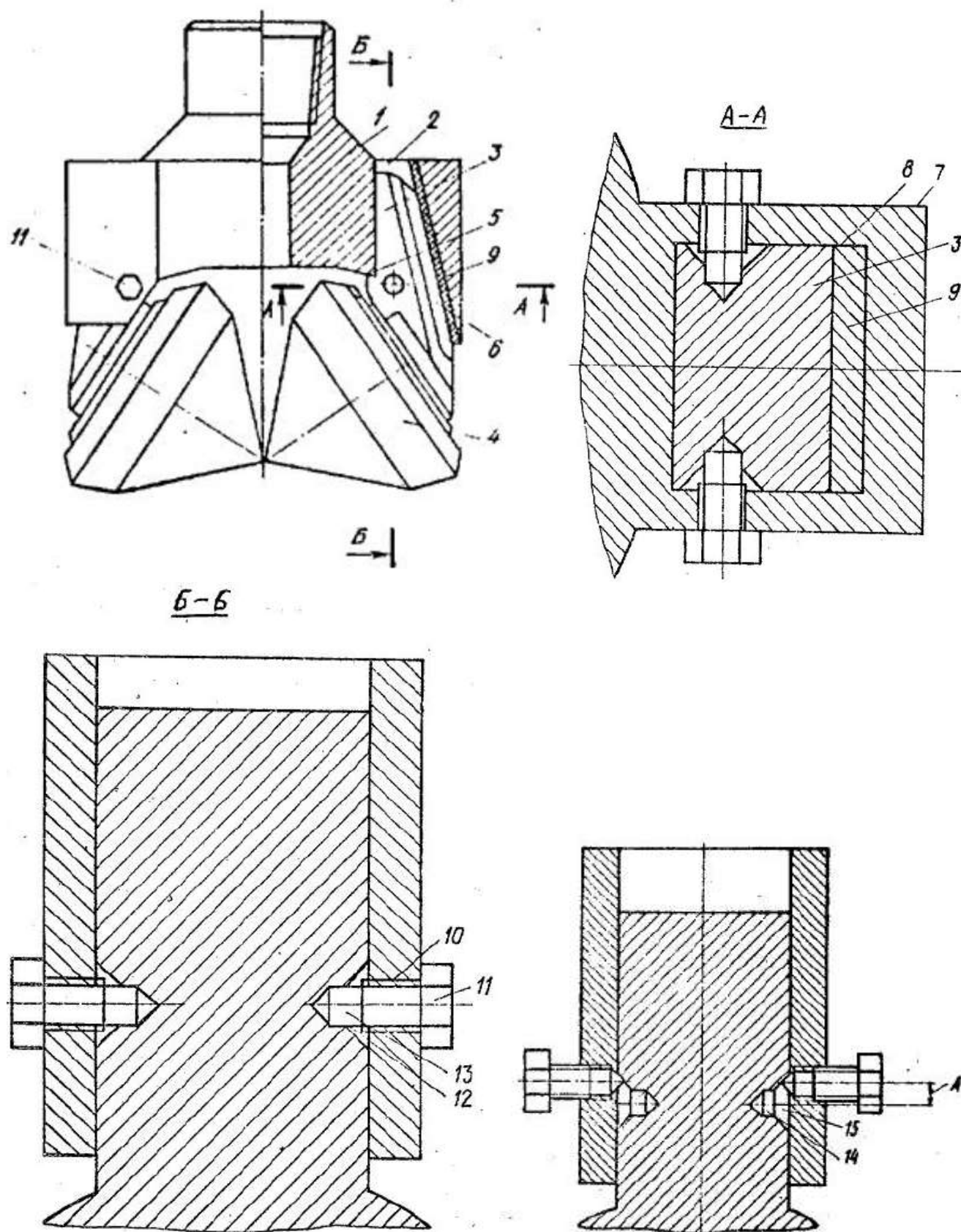


Рис 2.3 – До патенту [4]

Долото включає корпус 1, на якому і гніздах 2 розміщені знімні лапи 3 з шарошками 4. Лапи виступами 5 встановлені з упором на корпус 1 і мають скошені потиличні поверхні 6. Кожне гніздо 2 у поперечному перерізі виконано у вигляді замкнутого контуру з бічними сторонами - зовні 7 і зсередини 8, паралельними бічним поверхням лап. Між скошеною поверхнею 6 лапи і похилою поверхнею у відповідь гнізда розміщена прокладці. 9, виконана з гуми. У бокових сторонах гнізда в різьбових отворах 10 встановлені на одній осі фіксуючі болти 11 з різьбленням, що мають конічні вершини 12 і циліндричну частину 13 позбавлену різьблення. У лапах виконані глухі свердління 14 з конічними уширекіями 15. Потилична поверхня лапи і похила сторона задньої поверхні гнізда забезпечені виступами пилкоподібними 16, спрямованими один одному назустріч.

Робота долота на вибої не відрізняється від відомих долот. При зносі шарошок по озброєнню та опорі їх заміняв разом з лапами 3. Для цього вивертають болти 11 так, щоб вони вийшли своїми конічними виступами з свердлінь 14 і виймають лапи з гнізд 2. При встановленні нових лап на корпус 1 в кожне гніздо спочатку 9 а потім вводять лапу так, щоб вона прилягала своєю потиличною поверхнею до прокладки. Товщину Н прокладки та модуль її пружності підбирають таким чином, щоб вони задовольняли наступному співвідношенню

$$\frac{d}{2} > a > \frac{P_{oc} \cdot h}{E \cdot F \cdot n} \quad (2.1)$$

де d - діаметр розширеної частини свердління в лапі; P_{oc} - паспортне осьове навантаження на долото; h – товщина пружної прокладки; E – модуль пружності матеріалу прокладки; P – контактна площа прокладки; n - число лап на долоті.

При цьому досягають того, щоб конічні виточки 15 перекривали отвори 10 трохи більше половини. Потім ввертають фіксуючі болти 11, які своїми конічними вершинами 12 потрапляють у конічні розширення 15. Під дією болтів, що обертаються, лапа зміщується в гнізді паралельно поздовжньої осі долота і стискає прокладку 9. При цьому болти своїми циліндрами 13 потрапляють у поверхні поверхні глухих свердлінь 14 і надійно утримують лапу від випадання, перебуваючи одночасно в напруженому стані, оскільки прокладка за рахунок

осьової пружності здійснює тиск на потиличну частину лапи, у свою чергу, на болтове з'єднання. Під час роботи долота на вибої осьове навантаження, що припадає на одну лапу, будучи менше за величиною складової сили пружності прокладки, не розбовтують лапу в гнізді 2. У разі наявності пилкоподібних виступів, лапа ще надійніше утримується в гнізді.

Перевага пропонованого долота в порівнянні з відомими пристроями полягає в тому, що кріплення лапи в замкнутому гнізді з напруженою посадкою забезпечує її надійне утримання. При цьому досягається точне встановлення лапи на уступ, що дозволяє виводити шарошки на один рівень. Це має важливе значення для нормальної роботи озброєння шарошок. Крім того, в долоті спрощується і прискорюється монтаж - демонтаж лап, причому можуть використовуватися лапи серійних корпусних долот без зміни їх конструкції.

Мета винаходу [5] підвищення ефективності роботи долота рахунок збільшення надійності кріплення лап і компенсації зносу їх зовнішніх поверхонь.

Розбірне бурове долото містить корпус 1, в наскрізних пазах 2 якого розміщені хвостовики лап 3 із закріпленими на них шарошками А. Зовнішні скошені поверхні лап 3 охоплені конічною поверхнею втулки 5, яка забезпечена фіксатором 6, рухомо встановленому в поздовжньому пазу. 5 на корпусі 1 встановлена різьбова гайка 8, в різьбових отворах якої встановлені болти 9. кінці яких взаємодіють з похилими донними частинами виїмок 10, виконаних у верхньому торці втулок 5.

Напрямок нахилу донних частин виїмок 10 ідентично напрямку нахилу витків різьблення на корпусі 1.

Замок може бути виконаний у вигляді клинів (кульок) 11, встановлених за допомогою пружин 12 у виїмках 10, виконаних на верхньому торці втулок 5.

Кількість пазів 2 у корпусі 1 може перевищувати кількість встановлених шарошок у два і більше (але кратно цілому числу) разів.

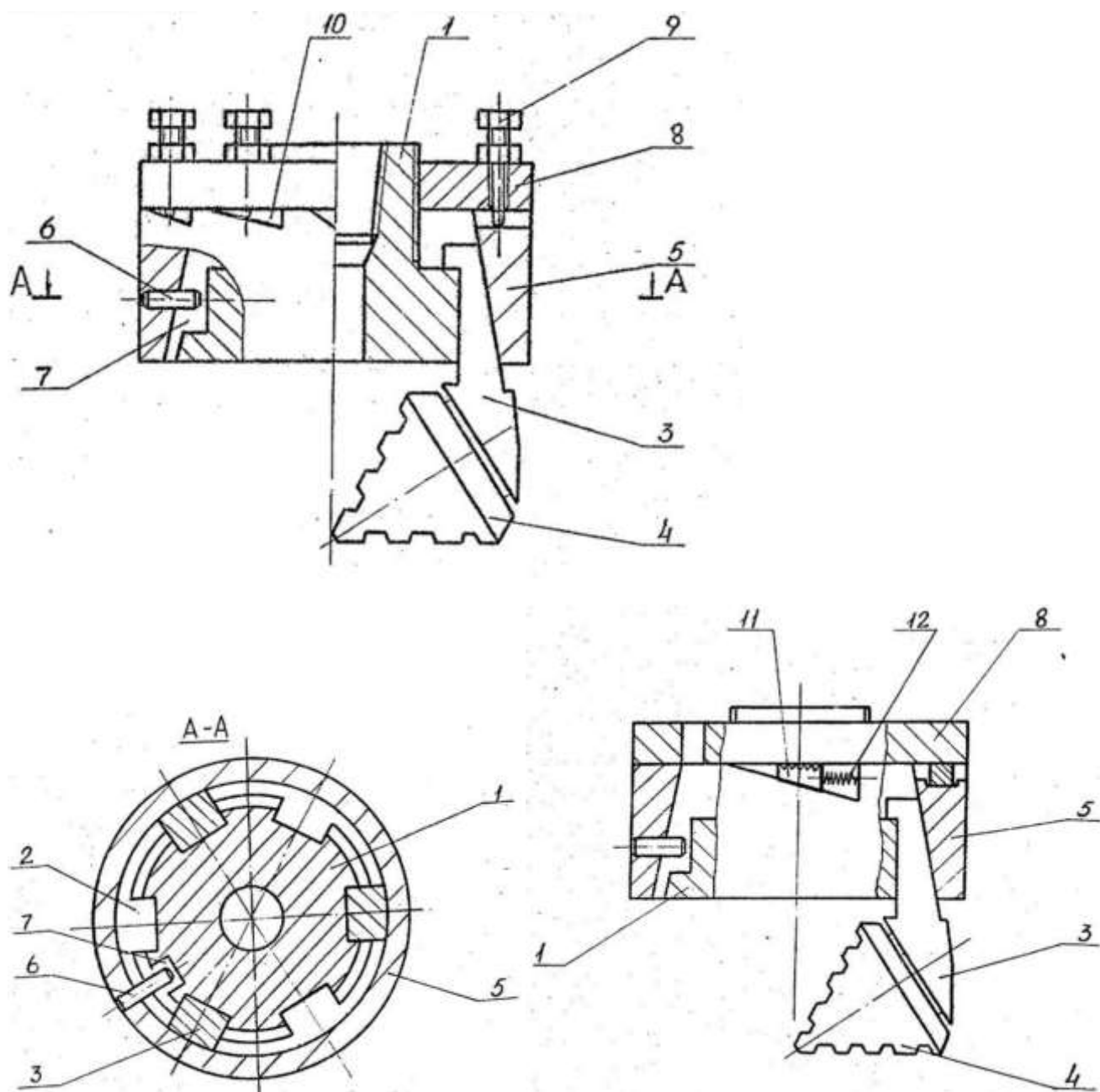


Рис 2.4 – До патенту [5]

Долото працює в такий спосіб.

При бурінні долото здійснює планетарний рух і при тиску шарошок 4 на забій виникає значна вібрація пристрою, що ініціює мимовільне переміщення гайки 8 по різьбленню корпусу 1. При цьому скручування гайки 8 перешкоджають болти 9, які, спираючись на донні поверхні виїмок 5 останню до хвостовиків лап 3.

При мимовільному накручуванні гайки 8 на корпус 1 відбувається підтискання втулки 5 гайкою 8 по торцю втулки, і так як втулка 5 має фіксатор 6,

що дозволяє їй переміщатися лише вздовж осі долота, відбувається підтискання хвостовиків лап 3 до корпусу долота.

У разі виконання замку у вигляді пружних клинів, кульок або сегментів при мимовільному накручуванні гайки 8 на корпус 1 зусилля передається на клин (кулька, сегмент) 11, який стискає пружину 12 і передає зусилля на торець втулки 5. При відкручуванні гайки 8, кулька) 11 під дією пружини переміщається у виїмці 10 в. сприймаючи зусилля, передає його втулку 5.

Таким чином, будь-яке можливе переміщення гайки 8 забезпечує збереження надійної фіксації хвостовиків лап 3. переміщення ж гайки 8 в процесі роботи долота можливе лише у разі зносу їх зовнішніх поверхонь, отже, одночасно відбувається і компенсація зносу.

При зносі пазів 2. в яких встановлені хвостовики лап 3 долото розбирають і лапи 3 встановлюють в резервних пазах.

Запропонована конструкція долота дозволяє використовувати його корпус від 20 до 30 разів (змін комплектів шарошок).

Основними задачами [17] розробки є підвищення ефективності роботи долота та розширення області його застосування (по міцності прод).

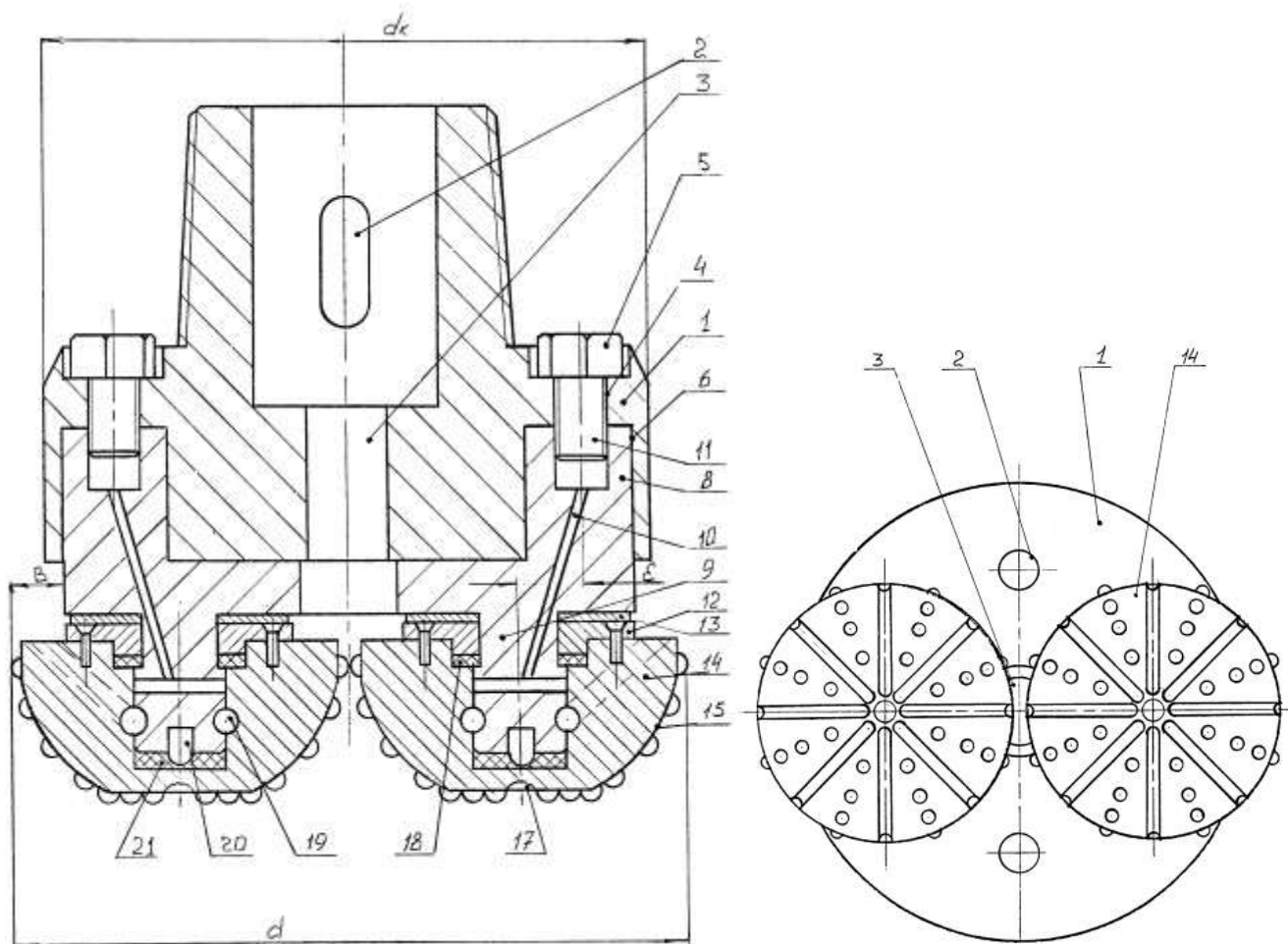
Поставлені завдання вирішуються тим, що бурове долото, що містить корпус з периферійними продувними каналами, опори з вертикальними цапфами, на яких змонтовані шарошки, скріплено змінними ексцентричними секціями, циліндричні або конічні хвостовики, які встановлені у відповідних отворах корпусу і закріплені в ньому, причому осі секцій хвостовиків. зміщені відносно осі цапфа в сторону зовнішньої частини корпусу шарошки, одна частина якої виконана циліндричною формою, а друга - шарової форми з розсічкою, при цьому шарошки мають фрезеровані зубці або твердосплавні штирі зі змінним вильотом при проходці міцних порід, встановлені з кроком з можливістю ударного впливу. на породу при перекатуванні, або вони армовані резцями при проході слабкої та середньої міцності породи, при цьому опора виконана із запресованим у торець цапфи твердосплавним штирем зі сферичною головкою, що контактує з відповідним вийманням твердосплавної круглої пластини, причому корпус виконаний з

центральної частини. ным продувочным каналом, а каждая секція має канал - резервуар для подачі змазки в опору шарошки під тиском, періодично створюється болтом для кріплення хвостовика.

Сущність винаходу полягає в застосуванні смених секцій з ексцентричним розташуванням вертикальних конічних або циліндричних хвостовиків, вставлених у отвірні отвори корпусу з розміщенням осі цапфа в стороні зовнішньої частини корпусу, при цьому будь-яка опора шарошок, виконана із запресованими в торець цапфи твердосплавним штирем зі сферичною головкою, контактуючою з відповідної виємкою твердосплавної круглої пластини, причому корпус виконаний з центральним продувним каналом, а каждая секція має канал-резервуар для подачі змазки в опору шарошок під тиском, періодично створюваним болтом, зміцнюючим хвостовиком; Крім того, змінена форма і озброєння шарошки, одна частина якої виконана циліндричною формою, а друга частина - шарової форми з розсічкою, при цьому шарошки мають заморожені зуби або твердосплавні штирі зі змінним вильотом при проходженні міцних порід, встановлені з кроком з можливістю ударного впливу на породу при перекачванні, или они армированы резцами при проходке слабых и средней крепости пород.

Між відмінними визнаннями заявок і досягнутими технічними результатами існують наступні причинно-наслідкові зв'язки. Снабжение долота ексцентричними секціями забезпечує розбірність долота, можливість багатократного використання корпусу з шариками різного озброєння і діаметра, а також можливість збільшення затрубного простору для кращої очистки скважини і зменшення пилення; прийняті форми і види озброєних шарошок в поєднанні з центральним продувним каналом забезпечують ефективне буріння скважин в різних горно-геологических умовах, в тому числі ускладнених; запропонована система змазки опори під тиском відрізняється простотою і надійністю; прийнята конструкція опорного підшипника у вигляді запресованого в торці цапфи твердосплавного штиря зі сферичною головкою, контактуючої з відповідним вийманням твердосплавної круглої пластини, збільшує термін служби опори, так як головка штиря має невелику окружну швидкість і площу контакту. Цим досягається також зниження

крутильного моменту на долоті. З'ємність секцій дозволяє використовувати нерозрізний накидний фланець і шайбу для ущільнення маслonaполненої опори, забезпечуючи її герметичність. Сумісність нових ознак принципово змінює прототип, конструкцію шарошок, опору, систему продувки і смазки; в цілому досягається ряд технологічних і технічних переваг, що забезпечують підвищення ефективності роботи долота і розширення області його використання за властивостями горних порід.



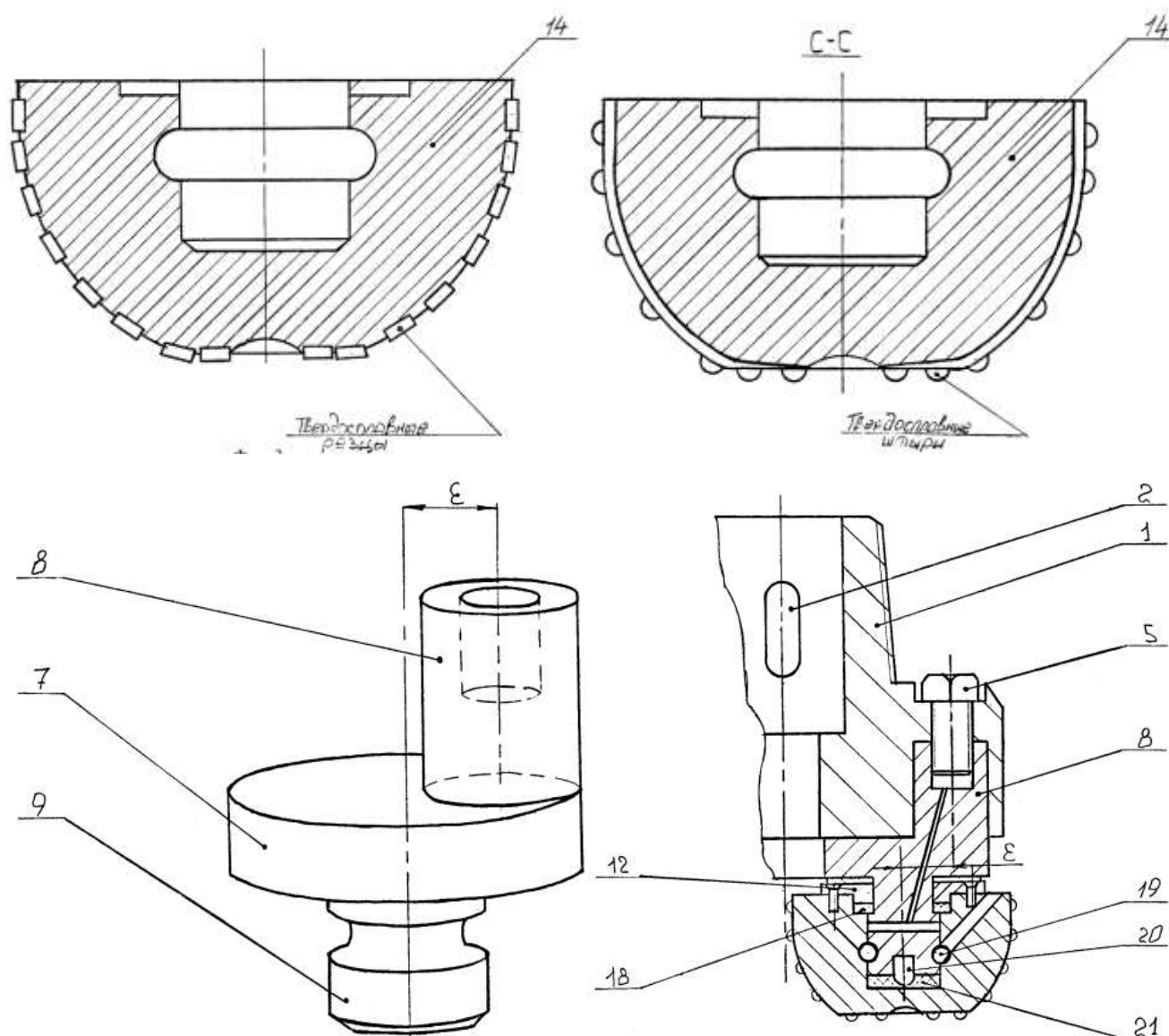


Рис 2.5 - До патенту[17]

Долото складається (рис.1) з корпусу 1, виконаного у вигляді загальної несварної конструкції зовнішньої циліндричної форми, що містить ніппель, два периферійних 2 і центральний продувний канал 3, отвори 4 під кріпильні болти 5, отвори 6 під хвостовики 8. Долото закріплено змінними ексцентричними секціями 7, що мають циліндричні або конічні хвостовики 8, вертикальні цапфи 9. Вставний хвостовик 8 кріпиться торцевим болтом 6, має канал - резервуар 10 для змазування опори. Канал може періодично наповнюватися маслом і подаватися в опору під тиском наконечника 11 кріпильного болта 5, завернутого в різьбове отвір торця хвостовика. Опори шарошок виконані з підшипниками скольження з фланцевим герметизуючим замковим з'єднанням, оящим з нерозрізного фланца 12,

що прикривається шайбою 13. Шарошки 14 мають в одній частині циліндричну 15, а в іншій частині 16 - шарову форму з нижньою розсічкою 17. На відміну від прототипу виконане озброєння шарошок при проходженні кріпильних порід з замороженими зубцями або твердосплавними штирями з плавно заостреними головками, розполагаємыми з кроком, що забезпечують ударний вплив на породу при перекачванні. При буренні слабких і середньої міцності породи шарошки армуються пластинками - резцами.

Для деяких умов (зв'язки порід середньої цілі) з інтерсифікацією шарошки можуть утворюватися усичений еліптичний параболоїд зі змінною висотою вильоту штирей, що збільшується відносно забої скважини в останній третині висоти шарошки.

Опора кожної шарошки має ущільнення 18, притискаємо нерозрізним накидним фланцем 12 для герметизації маслорозподільного підшипника скольження опори. Фланець кріпиться до торця шарошки відомими способами, наприклад вінтами або вальцовкою. З'єднання шарошки з цапфою додатково виконано замковим шариковим підшипником 19.

В торці цапфи по центру запресований твердосплавний штирь 20 зі сферичною головкою, яка контактує з відповідним вийманням у запресований всередині шарошки твердосплавної круглої пластини. 21. Подобное исполнение подпятника подшипника опоры является новым. Крім того, ефективно тим, що окружна швидкість на головці штиря 20 і площа контакту з пластиною 21 є мінімальними, що забезпечує високу величину стійкості підшипника стиснення.

Осі хвостовиків розміщені відносно вертикальних осей цапф у бік зовнішньої частини корпусу на величину, щоб калібруюча частина шарошки мала вилет "В" за межі корпусу. Величина "В" повинна відповідати умові $d > d_K$ (де d - діаметр долоти, d_K - діаметр корпусу).

При цьому величина $(d-d_K)/2$ визначається за умовою ефективної очистки скважини в залежності від властивостей бурих порід, досягнутої величини бурової мелочі та параметрів компресорної станції та системи пневмотранспортного станка.

Предлагаемое буровое долото працює і експлуатується способом. З комплекту змінних секцій, оснащених шариками з різним озброєнням (штировим, фрезерованим або різьбовим), вибираються найбільш відповідні умови буріння, вставляються хвостовиками в отвори 4 в корпусі і закріплюються болтами 5.

Ексцентриситетное виконання секцій надійно протистоїть крутящим моментам на долоті. При повороті долота шарошки крутяться навколо своїх осей за рахунок сили реакції калібрування стенок скважини. Шарошки крутяться також навколо осі долота. При такому русі шарошок нулевые скорости на робочій поверхні шарошок відсутствуют. Завдяки ексцентричному виконанню секцій забезпечується посилений кільцевий зазор між зовнішньою поверхнею корпусу та стенками скважини, що покращує очищення скважини. Штирове або зубчасте озброєння шарошок частково здійснюється з перекриттям міжзубкових просторів (самоочищаюче озброєння), що в поєднанні з ударним впливом штирів на породу при прийнятій шаровій нижній робочій поверхні шарошок забезпечує руйнування породи і в самому центрі скважини в міцних породах. Хвостовики, цапфи і несущая їх частина секції мають форму тел повороту, тому виготовлення секцій і виконання відповідних операцій по монтажу в корпусі і оснащення шаришками не виявляють технічних труднощів.

Після відпрацювання шарошок по озброєнню або опорі секції знімаються з корпусу (відвинчуванням болта 5) для можливого відновлення. Потім встановлюються нові оснащені шарошками секції. Перед монтажем чергової секції в не через отвір 4 заливається смазочна рідина до розрахункового рівня. При заміні секції долото від бурового станка не відвинчується. Це прискорює заміну озброєння і збільшує продуктивність.

Таким чином, пропонуємо наступне долото в порівнянні з прототипом володіє технологічними перевагами.

1. Використання смених секцій з ексцентричним положенням вертикальних осей хвостовиків і цапф дозволяє забезпечити:

а) розбірність долота і багатократне використання корпусу;

б) застосування на одному корпусі смених секцій із шарішками різного озброєння (штиревого, фрезерованого та з режущими пластинами);

в) застосування нерозбірного фланцевого замкового герметичного з'єднання цапф, шарошок і опор збільшеного з оригінальним підпятником і з поліпшеною системою змазування;

г) можливість зміни на одному і тому ж корпусі величини ексцентриситета хвостовиків і цапф і, відповідно, можливість зміни діаметра шарошок із забезпеченням оптимальної площі затрубного простору та окружної швидкості шарошок, зменшення розміру козирьків корпусу.

2. При планетарному характері руху шарошок застосування циліндроподібної форми шарошок з центральною розсічкою створює сприятливу епіюру окружних зусиль, коли нижні венці створюють умови передразнення для верхніх венців; розсічка, армована по периметру штырями в призабойной частині шарошки, створює активне руйнування поверхні забоя скважини, включаючи її центральну частину; прийнята форма шарошок в поєднанні з доповнювальним центральним продувним каналом забезпечує успішний прохід скважин в ускладнених умовах, що характеризуються поєднанням карстових зон, валунів і в'язких обводнених глин.

Указанные преимущества забезпечують вирішення поставленої задачі - підвищення ефективності роботи бурового долота і розширення області його використання.

Основними завданнями [18] винаходу є підвищення ефективності роботи долота і розширення області його раціонального застосування в міцних і дуже міцних породах за рахунок досягнення перекочування сферичних шарошок та їх подрібнення характеру руйнування породи, а також можливості створення більшого осьового зусилля на долото, ефективного очищення вибою від бурового шламу та оптимізації режимних параметрів процесу буріння.

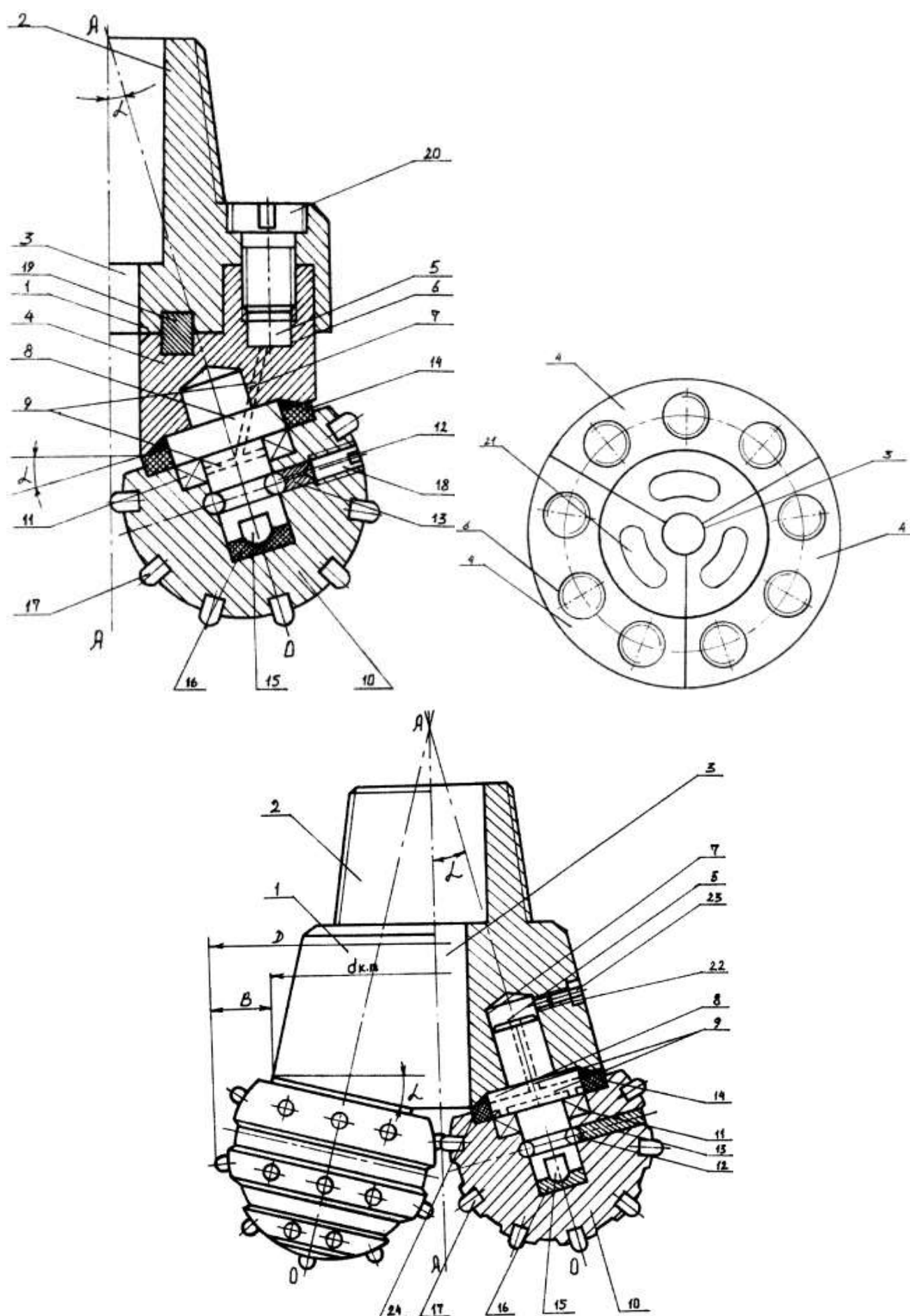


Рис 2.6. – До патенту [18]

Поставлені завдання досягаються тим, що в першому варіанті бурового шарошечного долота, що містить корпус з ніпелем і продувними каналами, цапфи, що несуть шарошки з фрезерованими зубцями або армовані твердосплавними зубами, мають усічену сферичну форму на частині їх робочої поверхні, цапф, встановлені під однаковим гострим кутом до вертикальної осі долота у бік стінок свердловини, що вибираються в залежності від умов буріння, причому цапфи встановлені на корпусі за допомогою змінних секцій, а прицапфові поверхні змінних секцій мають кут нахилу до горизонтальної осі, що дорівнює куту нахилу цапфи долота, при цьому відношення діаметра долота до більшого діаметра шарошки відповідає умові $D/d_{ш}=2,17-2,2$.

Поставлені завдання досягаються також тим, що в другому варіанті бурового шарошечного долота, що містить корпус з ніпелем і продувними каналами, цапфи, що несуть шарошки з фрезерованими зубами або армовані твердосплавними зубами, мають усічену сферичну форму на частині їх робочої поверхні, для в яких стійкість корпусу зіставна зі стійкістю опор і озброєння шарошок і для долот $D > 160$ мм, цапфи всіх шарошок, що мають усічену сферичну форму, приварені до прицапфової поверхні корпусу і встановлені на ньому під однаковим гострим кутом до вертикальної осі долота у бік свердловини, вибирається в залежності від умов буріння, причому прицапфові поверхні корпусу мають кут нахилу до горизонтальної осі, що дорівнює куту нахилу цапфи до вертикальної осі долота, при цьому відношення діаметра долота до більшого діаметра шарошки відповідає умові $D/d_{ш}=2,17-2,4$.

Причинно-наслідковий зв'язок істотних ознак, що характеризують даний винахід, з технічними і технологічними результатами, що досягаються, полягає для першого варіанту в наступному. Установка цапф під гострим кутом до вертикальної осі долота у бік стінок свердловини забезпечує обертання шарошок, що мають сферичну форму, вздовж осі цапфи і осі долота, створюючи ударно-дроблячий характер руйнування породи, без прослизання по вибою свердловини і ріжучої дії. Розташування цапф під гострим кутом до вертикальної осі долота дозволяє створити великі осьові зусилля на шарошки в порівнянні з прототипом,

причому зі зменшенням кута величина зусилля може бути збільшена. У цьому випадку долото здатне ефективно працювати в міцних та дуже міцних породах при силових режимах буріння. Роботу шарошок у обертально-перекочувальному режимі забезпечує перетин їх осей обертання (осей цапф) з вертикальною віссю (віссю обертання) долота. Це досягається рівністю кута нахилу до горизонтальної осі прицапфових поверхонь змінних секцій з кутом нахилу цапфи до вертикальної осі долота. Зазор щодо поверхні корпусу і робочої поверхні зубчастих вінців на більшому діаметрі шарошки більший за аналогічний зазор (затрубний простір) у прототипі і серійно застосовуваних тришарошечних доліт з конусними шарошками в 1,5-1,7 рази. Це забезпечує більш ефективне видалення бурового шламу зі свердловини та запобігає зношуванню тильної частини корпусу долота. Відношення діаметра долота до більшого діаметру шарошки, що відповідає умові $D/d_{ш}=2,17-2,2$, створює ефективну роботу шарошок у вибої при бурінні міцних і дуже міцних порід, забезпечуючи мінімальний керн у центрі долота між шарошками та оптимальний зазор між їх поверхнями у місці розташування найбільших діаметрів. Так, щодо $D/d_{ш}<2,17$ зазор між поверхнями шарошок у місці найбільших діаметрів практично відсутня. Наприклад, для доліт діаметрами $D=215,9$ мм і $D=250,8$ мм, при $D/d_{ш}=2,16$, діаметри шарошок відповідно дорівнюють $d_{ш}=100$ мм і $d_{ш}=116$ мм, а керни з перетином приблизно трикутної форми мають розміри сторін перерізу відповідно 28 мм та 30 мм. Для зазначених діаметрів доліт знайдені та наведені вище значення великих діаметрів шарошок є критичними: при їх виборі (або діаметрів менших значень) відбудеться поломка зубів та заклинювання шарошок. При відношенні $D/d_{ш}>2,2$ буріння в міцних і дуже міцних породах може характеризуватись нерівномірністю руйнування породи, появою керна великих розмірів у центрі долота та великих шматків (прошарків) між шарошками. Наприклад, для долот діаметрами $D=215,9$ мм і $D=250,8$ мм, при $D/d_{ш}=2,4$ мм, великі діаметри шарошок відповідно дорівнюють $d_{ш}=90$ мм і $d_{ш}=105$ мм. Для зазначених діаметрів також можлива поломка зубів і заклинювання шарошок, оскільки розмір перерізу керна (величин а сторони трикутника) збільшується: для $D=215,9$ мм - до 64 мм, для $D=250,8$ мм - до 76 мм, а зазори між поверхнями

шарошок у місці найбільших діаметрів зростають для $D=215,9$ до 18 мм, для $D=250,8$ мм до 24 мм. Тому раціональне відношення діаметра долота до більшого діаметру шарошок буде $D/d_{ш}=2,17-2,2$, що є відмітною ознакою пристрою, що заявляється по відношенню до прототипу. Залежно від умов буріння та фізико-механічних властивостей гірських порід, пропоноване долото оснащується змінними секціями з різними кутами нахилу прицапфових поверхонь до горизонталі, що в прототипі досягти неможливо. Ця відмінна особливість дозволяє оптимізувати режимні параметри процесу буріння: осьове зусилля на долото, частоту обертання і витрата стисненого повітря, що в сукупності з можливістю застосування змінних шарошок на цапфі з різним озброєнням суттєво розширює не тільки технічні, а й технологічні можливості долота.

Причинно-наслідковий зв'язок істотних ознак, що характеризують даний винахід з технічними і технологічними результатами, що досягаються, для другого варіанту полягає в наступному. Для гірничо-геологічних умов, у яких долото працює з порівнянним терміном служби всіх елементів (породи тріщинуваті, однорідні, середньої та нижче середньої фортеці), а також із застосуванням сітки свердловин малого діаметра (<160 мм), пропоноване бурове шарошечне долото виконується цільнокорпусним: цапфа монтується в отвір корпусу з натягом і приварюється, що є характерною ознакою по відношенню до прототипу. Конструкція є раціональною при досягненні рівної стійкості корпусу та стійкості опор та озброєння шарошок. Для різних фізико-механічних властивостей гірських порід та діаметрів долота встановлюються свої типорозміри пропонованого пристрою, що характеризуються величиною кута нахилу цапфи до вертикальної осі долота, що забезпечується кутом поверхні корпусу прицапфової до горизонтальної осі долота. Рівність кутів нахилу цапфи до вертикальної осі долота і прицапфової поверхні корпусу до горизонталі забезпечує перетин осей шарошок в одній точці з вертикальною віссю долота, що створює переміщення шарошки по вибою в режимі перекочування і ударно-дрібний характер руйнування породи. У зв'язку з виготовленням корпусу заодно з цапфою змінюється конструкція долота і корпусу, внаслідок чого робоча поверхня зубчастих вінців на більшому діаметрі шарошки

має зазор відносно поверхні корпусу, що відповідає умові $V=V_c \cdot [(D-d_{kp})/(D-d_p)] > 1,7-2,0$, де V_c - зазор між корпусом і робочою поверхнею зубчастих вінців на більшому діаметрі шарошки долота - прототипу, D - діаметр долота, d_{kp} - діаметр корпусу пропонованого долота, d_p - діаметр корпусу долота - прототипу. Ця відмітна ознака дозволяє в порівнянні з прототипом і першим варіантом пристрою, що заявляється, бурити породи в режимі, що забезпечує великі розміри фракцій продуктів руйнування гірської породи (великий скол бурової дрібниці), і, отже, за наявності більшого затрубного простору ефективніше очищати забій від бурового шламу і знизити пилоутворення під час роботи верстата. Як відмітна ознака відношення діаметра долота до більшого діаметра шарошки, що відповідає умові $D/d_{ш}=2,17-2,4$, суттєво розширює технічні та технологічні можливості долота. Зі зменшенням більшого діаметра шарошки між останніми в центрі долота утворюється kern великих розмірів, а між поверхнями шарошок - великі зазори, що становлять долот діаметром $D=215,9$ мм - 18 мм, а для $D=250,8$ мм - 24 мм. Така кінематика долота в неміцних і тріщинуватих породах дозволяє руйнувати породу за наявності керна і прошарків між поверхнями шарошок не тільки в ударно-дробному, а й у поєднанні останнього зі зсувно-скеле режимах руйнування гірських порід. Це відмінною ознакою пропонованого долота в порівнянні з прототипом. При зазначених режимах буріння порода руйнується великим сколом, при цьому збільшений зазор позитивно впливає на якість очищення свердловин і зниження запиленості бурових робіт.

Таким чином, сукупність нових суттєвих рішень розширює технічні та технологічні можливості долота та процесу буріння за рахунок зміни характеру руйнування гірських порід шарошками, що мають сферичну форму та працюють у вибої в режимі кочення, що в сукупності з конструктивними особливостями розташування цапф дозволяє підвищити осьове зусилля на долото. , причому збільшений затрубний простір позитивно впливає на якість очищення вибою від бурового шламу. Цими новими рішеннями, зрештою, досягаються поставлені завдання.

Перший варіант заявленого бурового шарошечного долота містить корпус 1 з ніпелем 2 і продувними каналами 3. До корпусу 1 приєднані змінні секції 4, у кожній з яких виконаний резервуар 5, що знаходиться в різьбовому отворі 6. У змінних секціях 4 висвердлені посадкові отвори 7, в які з натягом запресовані цапфи 8 і приварені зварюванням до змінних секцій 4. На цапфах 8, забезпечених мастильними каналами 9, змонтовані мають усічену сферичну форму шарошки 10 на радіально-у 8 за допомогою замкового підшипника 12, кульки якого утримуються стопорним пальцем 13. На шарошках 10 встановлені кільцеві ущільнення 14. На торці цапфи 8 запресований твердосплавний упорний стрижень 15, що упирається в твердосплавну упорну пластину. зубами 17. Замковий підшипник 12 утримується стопорним пальцем 13 за допомогою стопорного болта 18, ввинчуваного в тіло шарошки 10. Між корпусом 1 і змінними секціями 4 встановлені фіксатори 19. Змінні секції 4 кріпляться до корпусу за допомогою болтів кріплення 20. Фіксатори 19 в змінних секціях 4 поміщаються в .

У другому варіанті заявленого бурового шарошечного долота в корпусі 1 виконано мастильний отвір 22, в якому встановлений болт 23. Цапфи 8 вмонтовані в корпус 1 за допомогою отворів посадкових 7 і закріплені зварювальним швом 24.

Спосіб використання першого варіанта пропонованого долота полягає в наступному. При бурінні міцних порід цапфи 8 встановлюють посадкові отвори 7 з натягом і приварюють зварюванням. Змінні секції 4 приєднують до корпусу 1 за допомогою кріпильних болтів 20, загвинчуються в різьбові отвори 6. Між змінними секціями 4 і корпусом 1 для запобігання прокручування і зминання болтів 20 встановлюють фіксатори 19. Змащення, закладене в мастильний резервуар 5, надходить по мастильних каналах 9 в підшипники 11 і 12, а також до кільцевих куль 1т 4т у4. з вертикальною віссю долота АА в одній точці і рівність кутів нахилу прицапфової поверхні змінних секцій 4 до горизонталі і цапфи 8 вертикальної до вертикальної осі долота забезпечує роботу шарошок 10 в режимі кочення, що створює ударно-дроблячий характер руйнування породи. За рахунок великих зусиль, прикладених до долота, шарошки 10 працюють у силовому режимі. При бурінні свердловин в дуже міцних породах змінні секції 4 забезпечують цапфами

8, розташованими в отворах посадкових 7 під більш гострим кутом, що дозволяє створити ще більше зусилля на долото і забезпечити ефективне руйнування гірської породи. При зношуванні зубів 17 на шарошках 10 викручують стопорний болт 18, видаляють стопорний палець 13 і розбирають замковий підшипник 12. Замість зношених шарошок 10 на цапфу 8 встановлюють нові, закріплюючи їх замковим підшипником 18, 18. цапфи 8 її замінюють новою, попередньо обточуючи зварювальний шов на прицапфовій поверхні змінної секції 4 і випресовуючи зношену цапфу 8 з отвору посадкового 7.

Спосіб використання другого варіанта пропонованого долота полягає в наступному. Для гірничо-геологічних умов (породи тріщинуваті, однорідні, середньої та нижче середньої фортеці), в яких стійкість корпусу порівнянна зі стійкістю опор і озброєння шарошок і для доліт малого діаметра ($D < 160$ мм) в буровому долоті цапфи 8 монтують безпосередньо в корпусі 1, запресовуючи їх у посадкові отвори 7 і приварюючи до прицапфовій поверхні корпусу 1. Оскільки стійкість деталей долота один з одним порівнянна, то змінні секції 4 конструкції долота виключені, що дозволяє збільшити зазор між робочою поверхнею зубчастих вінців на більшому діаметрі шарошки 10 корпусу 1. При зміні міцності бурової породи в широкому діапазоні ($f=4-12$) застосовують різні типорозміри пропонованого бурового долота, які визначаються величиною кута установки цапфи 8 відносно осі вертикальної долота. Мاستило пропонованого долота здійснюється шляхом її подачі по мастильному отворі 22, з якого попередньо загвинчують болт 23. Після заповнення мастилом підшипників 11 і 12 через мастильні канали 9 болт 23 щільно загвинчують в мастильний отвір 22.

Таким чином, пропоновані варіанти бурового шарошечного долота, що заявляється, дозволяють здійснювати буріння свердловин, створюючи ударно-дроблячий, в сукупності зі зсувно-скелястим, характер руйнування гірських порід різної категорії. Враховуючи технічні та технологічні особливості варіантів, пропоноване бурове шарошечне долото дозволяє здійснювати буріння у міцних та дуже міцних породах.

1. Бурове шарошечне долото, що містить корпус з ніпелем і продувними каналами, цапфи, що несуть шарошки з фрезерованими зубами або армовані твердосплавними зубами, що мають усічену сферичну форму на частині їхньої робочої поверхні, що відрізняється тим, що цапфи шарошок, що мають усічену сферичну форму, встановлені під однаковим гострим кутом до вертикальної осі долота у бік стін свердловини, що вибираються залежно від умов буріння, причому цапфи встановлені на корпусі за допомогою змінних секцій, а прицапфові поверхні змінних секцій кут нахилу до горизонтальної осі, що дорівнює куту нахилу цапфи до вертикальної осі долота, при цьому відношення діаметра долота D до більшого діаметра шарошки $d_{ш}$ відповідає умові $D/d_{ш}=2,17-2,2$.

2. Бурове шарошечне долото, що містить корпус з ніпелем і продувними каналами, цапфи, що несуть шарошки з фрезерованими зубами або армовані твердосплавними зубами, мають усічену сферичну форму на частині їх робочої поверхні, що відрізняється тим, що для гірничо-геологічних умов, зіставна зі стійкістю опор та озброєння шарошок і для долот $D > 160$ мм, цапфи всіх шарошок, що мають усічену сферичну форму, приварені до прицапфової поверхні корпусу і встановлені на ньому під однаковим гострим кутом до вертикальної осі долота у бік свердловини, що вибираються в залежності від умов буріння, причому прицапфові поверхні корпусу мають кут нахилу до горизонтальної осі, що дорівнює куту нахилу цапфи до вертикальної осі долота, при цьому відношення діаметра долота D до більшого діаметра шарошки $d_{ш}$ відповідає умові $D/d_{ш}=2,17-2,4$.

Технічним завданням винаходу [19] є підвищення ефективності роботи долота та його довговічності за рахунок скорочення часу на демонтаж породоруйнівних секцій, надійності стопорного вузла, кращого видалення шламу з вибою свердловини та формування свердловини стінок.

У долоті для буріння свердловин зі змінними породоруйнюючими секціями, що містить корпус, закріплені на корпусі породоруйнівні секції з різьбовими хвостовиками за допомогою стопорних вузлів і кріпильних вузлів, що мають гайки і промивний вузол у вигляді промивних каналів з насадками конічної, кожен

стопорний вузол виконаний у вигляді сходинок, розташованої на хвостовику під різьбовою частиною, з граненою зовнішньою поверхнею, і розміщеної у виконаному в корпусі граненому отворі з можливістю взаємодії граней між собою, кожна гайка кріпильного вузла виконана з граненим хвостовиком по зовнішній поверхні над верхнім торцем гайки, різьблення якої виконане конічною, а промивний вузол забезпечений встановленими в промивних каналах насадкодержателями, в яких закріплені по одній або кілька насадок, причому насадки можуть бути розміщені під різними кутами до осі долота, а насадкотримачі закріплені з можливістю настановних поворотів навколо своїх осей і можливістю демонтажу.

Технічним результатом технічної задачі, що розв'язується, є більш проста і надійна конструкція стопорного вузла, а розміщення граненої поверхні ступеня в граненому отворі корпусу дає більш жорстку і точну фіксацію породоруйнуючої секції по відношенню до осі долота.

Технічним результатом також є швидко демонтований кріпильний вузол з простою і надійною конструкцією, оскільки конічна різьблення дозволяє за кілька обертів гайки відкріпити секцію для подальшої заміни її на нову секцію, а крім того, конічна різьблення виключає зрив ниток різьблення.

Технічним результатом також є більш повне видалення шламу з вибою свердловини та із застійних зон та усунення сальникоутворення за рахунок того, що насадки можуть бути повернені в будь-якому напрямку та їх кількість у насадкотримачі може бути різною залежно від умов буріння та властивостей породи.

Також технічним результатом є удосконалення вузла для промивання, який працює в автономному режимі. Це дає можливість заміни породоруйнівної секції у разі її зношування без демонтажу вузла для промивання, спрощується також конструкція самої секції та здешевлюється її виготовлення. Так як породоруйнуючі секції зношуються передусім інших частин бура і є найбільш трудомісткими, спрощення конструкції дає великий економічний ефект.

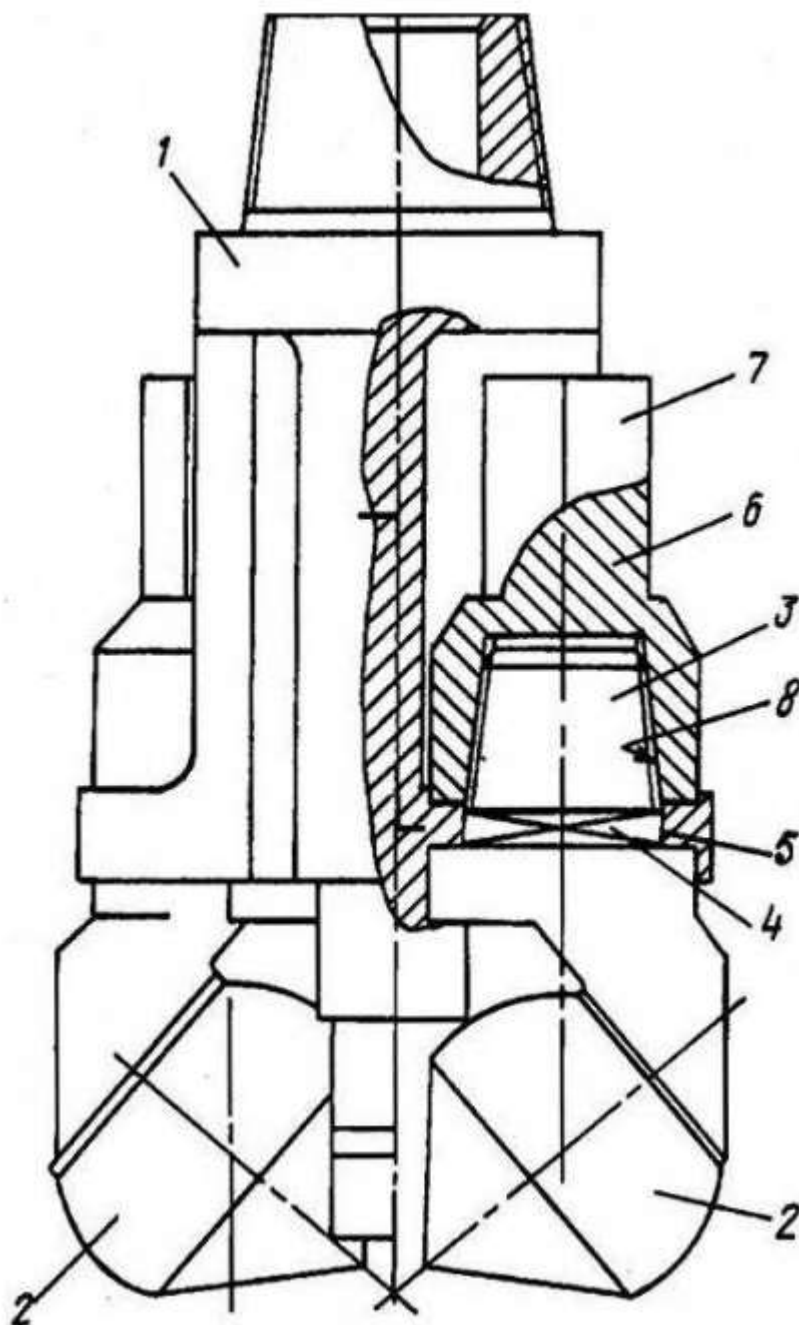


Рис 2.7 – До патенту [19]

Долото для буріння свердловин зі змінними породоруйнівними секціями містить корпус 1. У корпусі 1 закріплені породоруйнівні секції 2 за допомогою стопорних та кріпильних вузлів. Секції 2 мають хвостовики з конічним різьбленням 3. Стопорний вузол являє собою ступінь 4 з гранчастою зовнішньою поверхнею, розташованою під різьбленням 3 і розміщеної у виконаному в корпусі 1 гранчастому отворі 5. Грані щаблі і отвори взаємодіють між собою. Гайка 6

кріпильного вузла виконана з гранованим хвостовиком 7. Різьблення 8 гайки 6 виконана конічною. Хвостовик 7 розташований над верхнім торцем гайки 6.

У промивному вузлі є насадкотримачі 9, які встановлені в каналах промивних 10 корпусу 1 з можливістю настановних поворотів і демонтажу. У насадкодержателях 9 можуть бути закріплені по одній або кілька насадок 11. Насадки 11 можуть бути встановлені як нормалі до забою свердловини, так і під різними кутами до осі 12 долота і можливістю демонтажу.

Долото працює в такий спосіб. Перед спуском долота в свердловину насадкотримачі 9 оснащують необхідною кількістю насадок 10. Оскільки насадкотримачі 9 мають можливість настановних поворотів, вони можуть бути встановлені в будь-яке положення. За рахунок того, що знімні насадки 11, можливі різні поєднання насадок 11 по діаметру їх вихідних отворів. При цьому в залежності від властивостей породи, що розбурюється, насадки 11 можуть бути розташовані по нормалі до поверхні вибою або по нормалі і під кутом до осі долота, або тільки під кутом до осі долота. Причому кути нахилу насадок 11 до осі дола та 12 можуть бути різними, а їх вихідні отвори за рахунок повороту насадкоутримувачів 9 можуть бути спрямовані в різні боки.

При роботі долота буровий розчин направляється промивальними каналами 10, далі через насадкодержатели 9 і насадки 11 на забій свердловини. При цьому буровий розчин, що витікає з насадок 11, розташованих по нормалі до поверхні вибою, буде руйнувати породу своїм гідродинамічною дією.

Оскільки частинки породи притиснуті до поверхні вибою перепадом тиску між поровим і гідростатичним, то для їх відокремлення від вибою в цьому місці величина гідродинамічного тиску струменів бурового розчину повинна перевищувати величину гідростатичного тиску стовбура цього розчину. На практиці ці обидві величини тиску часто переважають одна над одною, тому іноді частинки породи будуть з деякою затримкою відокремлюватися від вибою і переміщатися у висхідний потік.

Сплив бурового розчину з похилих насадок 11 сприяє більш ефективному змиву зруйнованих частинок породи, оскільки в тангенціально спрямованій

струмені гідродинамічний тиск перевершує гідростатичний за своєю величиною. При цьому якщо тангенціально вихідні струмені з похилих насадок 11 спрямовані від центру свердловини до її стінок, це сприяє більш ефективному видаленню шламу з вибою свердловини, так як збільшує швидкісний напір висхідного струму шламу по затрубному простору.

Якщо тангенціально вихідні струмені спрямовані до центру свердловини, це сприяє ефективному видаленню шламу з центральної застійної зони. Це має місце в деяких конструкціях тришарошкових долот з бічним промиванням.

Якщо тангенціально вихідні струмені одних насадок 11 спрямовані до центру вибою, а інших - до стінки свердловини, це сприятиме ефективному руйнуванню і видаленню породи, наприклад сипких і деяких інших порід.

У насадкоутримувачах можуть бути закріплені насадки, що дають різні поєднання діаметрів вихідних отворів. Це дозволяє перерозподілу потужності різних потоків на вибої з урахуванням конкретних умов буріння.

Насадкотримачі 9 в каналах промивних 10 можуть бути встановлені з різним наближенням насадок 11 до забою свердловини. В результаті буровий розчин може розмивати верхні застійні зони. Насадки 11 можуть бути наближені до вибою на відстань, що визначається конкретними умовами буріння.

Тангенційно вихідні струмені бурового розчину з похилих насадок 11 можуть бути спрямовані на шарошки у разі буріння порід, що створюють підвищене сальнікоутворення на шарошках. Потік бурового розчину розмиває сальник і оголює породоруйнівні елементи шарошок.

Тангенціально вихідні струмені можуть бути спрямовані під частину шарошок, що набігає, на деякій відстані від них, для зменшення ерозії шарошок. У цьому випадку полегшується робота породоруйнівних елементів шарошок, оскільки гідродинамічний вплив струменя на породу забезпечує ефективніший вплив породоруйнівних елементів на породу за рахунок своєчасного видалення шламу. Пропонований вузол, що промиває, таким чином, має ряд переваг перед існуючими конструкціями: ступінь наближення насадок до забою може бути будь-яка; кількість насадок може бути будь-якою; є умови для налаштування

насадкоутримувачів до диференційованої обробки різних зон забою як нормальними, так і тангенціальними потоками; промивний вузол автономен - не пов'язаний з породоруйнівними секціями. Це дозволяє спростити конструкцію секції та здешевити її виготовлення.

Після зношування породоруйнівної секції проводиться її заміна. Гайка 6 за хвостовик 7 згвинчується з різбового хвостовика 3 секції 2. Хвостовик 7 може мати будь-яку кількість граней, починаючи від мінімуму - двох граней. При цьому за рахунок кінчної різби кріпильний вузол звільняє секцію за кілька обертів гайки 6. Така конструкція вузла кріплення скорочує час на демонтажі секції 2, тим самим підвищується ефективність роботи долота. Причому замінена може бути лише одна секція, найзношеніша, за ще можливої працездатності інших секцій. Компактна конструкція долота дозволяє кріпити гайку 6 на хвостовику 3 тільки хвостовик 7.

Знижує час на демонтажі секції 2 проста конструкція стопорного вузла. Розміщення граненого ступеня 4 в граненому отворі корпусу 5 1 підвищує жорсткість кріплення і точність складання. При цьому кількість граней може бути різною, починаючи від мінімальної – двох граней. Причому у разі використання трьох граней зменшується міцність ступеня. При збільшенні кількості граней, наприклад вісім і більше, гранована поверхня наближається до кола. В результаті зменшується заклинює момент стопорного пристрою і може виникнути загроза прокручування секції навколо своєї осі, коли момент кручення, що виникає навколо осі секції від роботи долота, за своєю величиною перевершить момент, що заклинює. Оптимальним можна прийняти дві, чотири та шість граней.

2.3. Математична модель процесу руйнування породи шарошковим долотом

Вихідні дані

Параметри породи

- границя міцності породи при одновісному стисканні σ , Па;
- коефіцієнт Пуассона породи μ ;

- модуль Юнга породи E , Па;
- коефіцієнт форми об'єму руйнування $b = 3,6 \dots 4,2$;
- коефіцієнт, що враховує граничні умови руйнування і пластичність породи $k = (1 \dots 1,4)$;

Параметри долота

- діаметр долота D , м;
- діаметр шарошки $d_{ш}$, м;
- радіус штиря R_1 , м;
- кількість штирів на вінці долота z ;
- кут нахилу осі шарошки до горизонту β , град;
- кількість обертів шарошкового долота n_d , об/хв;
- коефіцієнт розміру долота $K = 6 \dots 8$;

Розрахунок

Передавальне відношення долота [16, 20, 27]

$$i = \frac{d_{ш}}{D} \quad (2.1)$$

де $d_{ш}$ – діаметр шарошки; D – діаметр долота

Частота обертання шарошок [16, 20, 27]

$$n_{ш} = \frac{n_d}{i} \quad (2.2)$$

Кутова швидкість обертання шарошок

$$\omega_{ш} = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_{ш}}{60} \quad (2.3)$$

Швидкість співударянь штирів шарошки з породою [16, 20, 27]

$$v_1 = \frac{\pi^2 \cdot r_z \cdot n_{ш}}{30 \cdot z} \cdot \cos(\beta) \quad (2.4)$$

де r_z – радіус вінця шарошки по штирям; n_d - кількість обертів шарошкового долота;

z – кількість штирів на долоті; β - кут нахилу осі шарошки до горизонту.

Час контакту штиря з породою [16, 20, 27]

$$t_1 = \frac{60}{n_o \cdot z \cdot i} \quad (2.5)$$

Питоме напірне зусилля [16, 20, 27]

$$P_{O3} = D \cdot K \cdot \frac{\sigma}{10^3} \quad (2.6)$$

де D – діаметр долота; $K = 6..8$ – коефіцієнт розміру долота; σ - границя міцності породи при одновісному стисканні;

Сила впровадження штиря у породу

$$F_1 = \frac{P_{O3} \cdot v_1^2}{2 \cdot 9,8 \cdot t_{ш}^2} \quad (2.7)$$

де $z_{1ш}$ – кількість штирів, що одночасно впроваджуються у породу.

Границя міцності породи при об'ємному стисканні [3]

$$\sigma_o = 0.1 \cdot E \quad (2.8)$$

Частина роботи з деформування ядра ущільнення, виконувана силою притискання штиря, від ядра ущільнення на руйнування породи [3]

$$\eta = \frac{2 \cdot \mu^2}{3 \cdot (1 - 2 \cdot \mu)} \quad (2.1)$$

де μ - коефіцієнт Пуасона.

Глибина лунки руйнування від занурення штиря [3]

$$H_1 = \frac{\mu \cdot b \cdot \eta \cdot E^{\frac{1}{3}} \cdot F^{\frac{2}{3}}}{2 \cdot \pi \cdot k \cdot \sigma \cdot R_1^{\frac{1}{3}}} \quad (2.2)$$

де $b = 3,6...4,2$ – коефіцієнт форми об'єму руйнування; σ - границя міцності породи при одновісному стисканні; $k = (1..1,4)$ – коефіцієнт, що враховує граничні умови руйнування і пластичність породи; E – модуль Юнга породи; F – сила притискання штиря до породи; R_1 – радіус штиря.

Об'єм породи, що руйнується одним штирем [3]

$$V_1 = \frac{E \cdot F^2 \cdot \mu^2 \cdot \eta^2}{3 \cdot \pi^2 \cdot R_1 \cdot (1 - 2 \cdot \mu) \cdot \sigma^2 \cdot \sigma_o \cdot k} \quad (2.4)$$

Радіус лунки виколу [3]

$$R_1 = \frac{E^{\frac{1}{3}} \cdot F^{\frac{2}{3}}}{\pi \cdot R_1} \sqrt{\frac{2 \cdot \mu \cdot \eta}{\sigma \cdot (1 - 2 \cdot \mu) \cdot \sigma_o}} \quad (2.5)$$

Ресурс роликового підшипника опори [16, 20, 27]

$$H_p = \frac{17,44}{\omega_{ш}} \cdot \left(\frac{C}{F_p} \right)^{\frac{10}{3}} \quad (2.8)$$

де C – динамічна вантажопідйомність роликового підшипника; $F_p = P_{O3} \cdot \cos(\beta)$ – радіальне зусилля на підшипник.

2.4. Дослідження математичної моделі процесу руйнування породи шарошковим долотом

Метою дослідження розробленої математичної моделі є визначення раціональних режимів роботи шарошкового долота.

Базовим параметром процесу руйнування гірської породи на забої долотом є сила впровадження продоруйнуючого елементу (штиря), від якої у кінцевому результаті залежить і глибина занурення штиря, і об'єм зруйнованої породи, і, відповідно, швидкість буріння.

Аналізуючи формулу для визначення сили впровадження, можна визначити, крім параметрів, що визначають конструкцію долота, два параметри, які визначають режим буріння: напірне зусилля і швидкість обертання долота. Ці параметри встановлюються верстатом.

Аналізуючи значення напірного зусилля верстатів СБШ та порівнюючи його із напірним зусилля для верстатів інших способів буріння, можна відмітити його завищене значення для верстатів шарошкового буріння майже у 100 разів.

Побудуємо графік залежності сили впровадження штиря від швидкості обертання і напірного зусилля (рис 2.8).

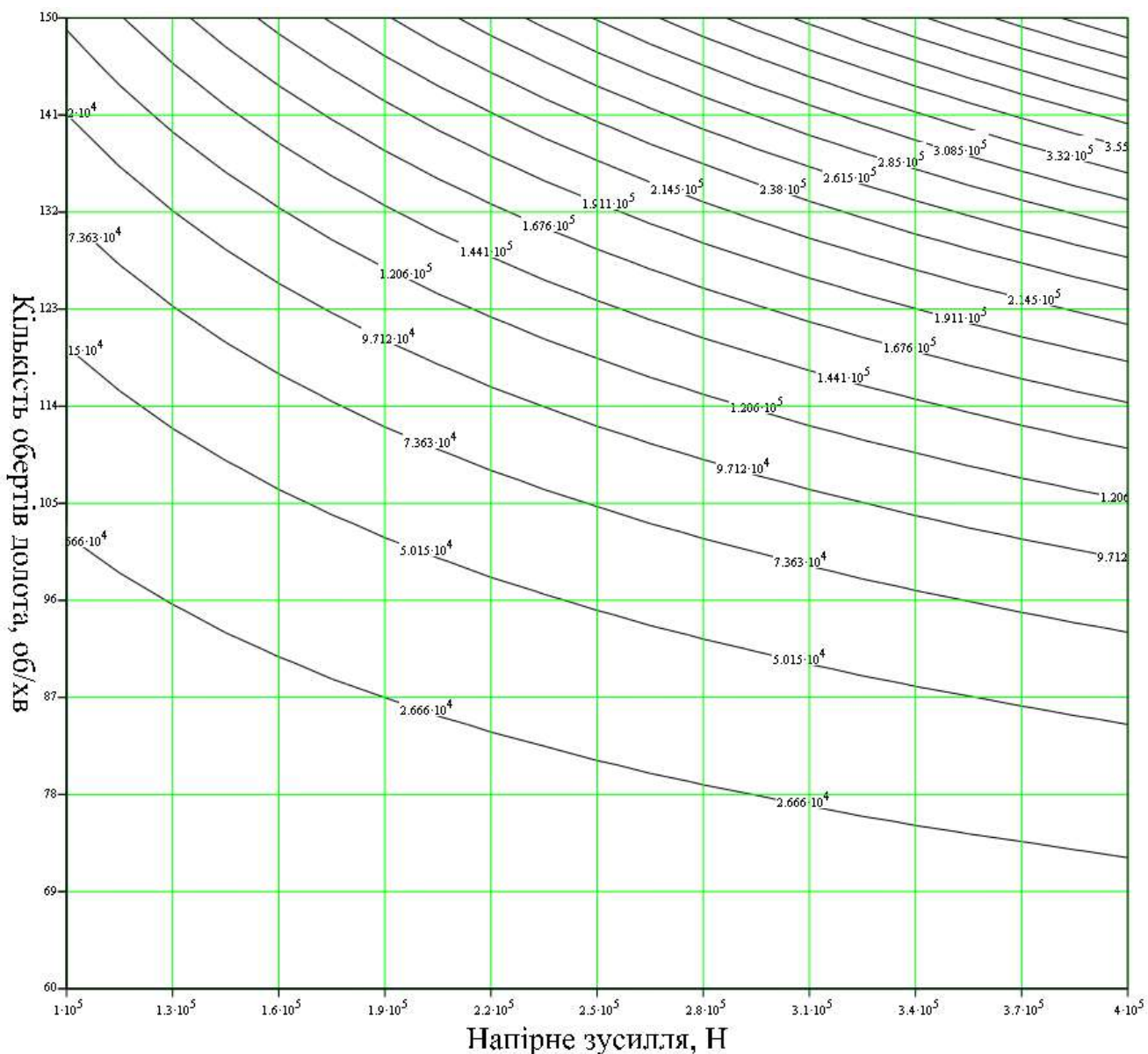


Рис 2.8 - Залежність сили впровадження штиря від швидкості обертання і напірного зусилля

З наведеного графіку видно, що при збільшенні частоти обертання у 2 рази, напірне зусилля можна знизити у 16 разів при сталому значенні сили впровадження.

Це пояснюється зміною режиму руйнування породи долотом, що швидше рухається. При відносно повільному обертанні долота штирі в основному вдавлюються у породу, при швидкому обертання режим змінюється на уданий, який вже не потребує такого великого напірного зусилля, тобто буріння переходить у режим турбінного буріння.

З іншого боку при значному підвищенні швидкості обертання долота відповідно збільшується тертя долота о породу і відповідне абразивне зношення.

Розглянемо вплив зміни напірного зусилля і частоти обертання долота на стійкість підшипників шарошок (рис 2.9).

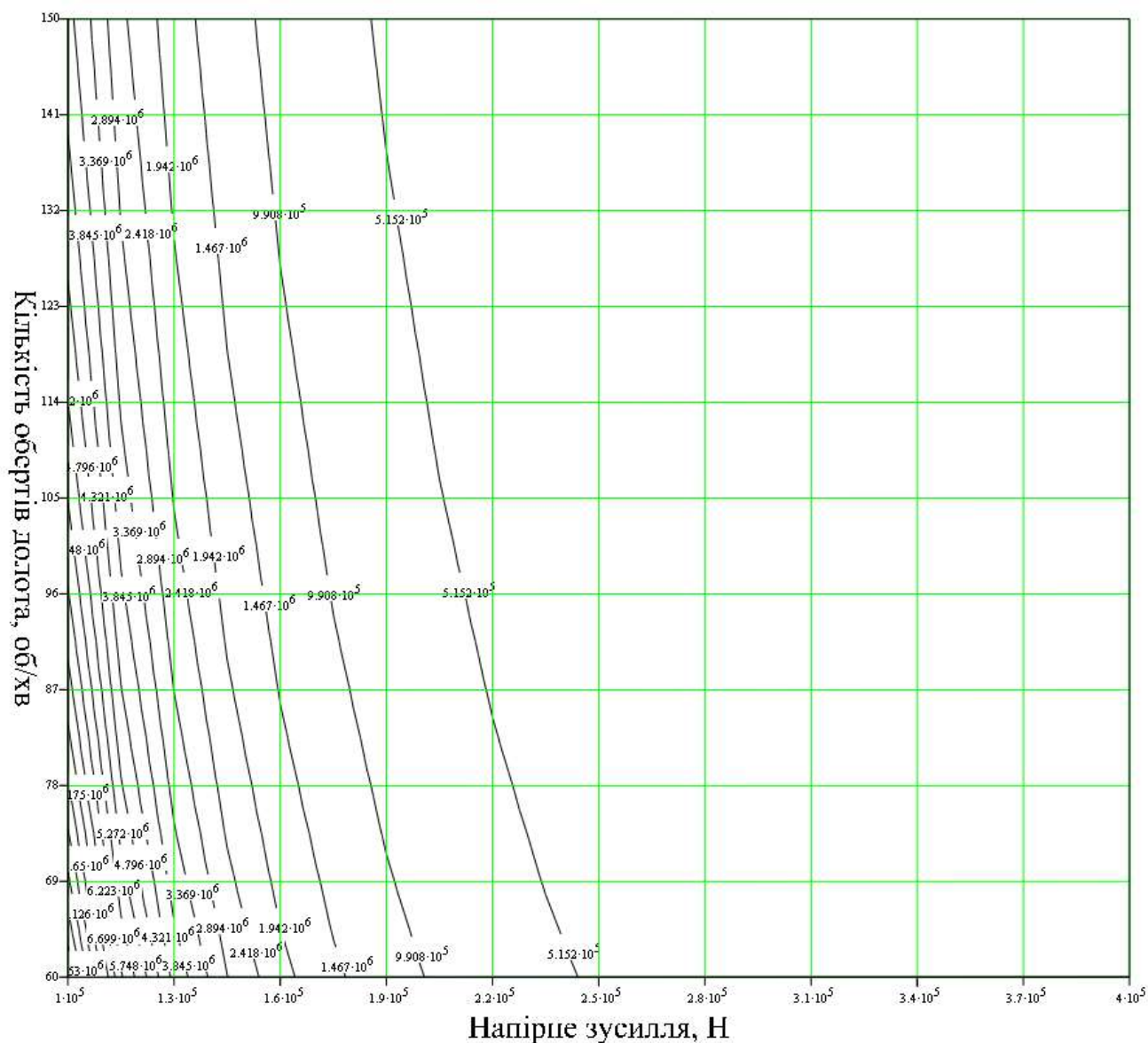


Рис 2.9 – Залежність строку служби підшипників шарошок від напірного зусилля і частоти обертання долота

Як видно з графіку, збільшення частоти обертання у 2 разі і зниження напірного зусилля у 16 разів збільшує строк служби роликів підшипників у 5160

разів. Адже строк служби докорінним образом залежить від навантаження на підшипник, і у значно меншій мірі від частоти обертання шарошки.

Таким чином, встановлено, що зміна режиму роботи бурового верстату може відбутися завдяки підвищенню швидкості обертання долота і відповідному зниженню напірного зусилля у пропорції $a: \frac{1}{a^4}$. При цьому напрацювання на відмову підшипника збільшиться у $a^{13,3}$ разів.

Висновки до розділу 2

1. Розроблено загальну методику подальшого дослідження, що дозволяє досягти поставленої мети роботи;
2. Проведено аналіз літературно-патентних джерел з метою визначення перспективних конструкцій розбірних шарошкових доліт. Встановлено, що найкращим варіантом є кріплення змінних лап таким чином, щоб основне навантаження приходилося на металеві контакти поєднаних деталей, а на кріпильні вироби осьове навантаження не впливало;
3. Розроблено математичну модель руйнування породи забою штирями шарошок підчас буріння.
4. Встановлено, що базовим параметром процесу руйнування гірської породи на забої долотом є сила впровадження продоруйнуючого елемента (штиря), від якої у кінцевому результаті залежить і глибина занурення штиря, і об'єм зруйнованої породи, і, відповідно, швидкість буріння.
5. Встановлено, що на силу впровадженні штиря у породі впливають два параметри, які визначають режим буріння: напірне зусилля і швидкість обертання долота, які задаються верстатом.
6. Встановлено, що при збільшенні частоти обертання у 2 рази, напірне зусилля можна знизити у 16 разів при сталому значенні сили впровадження. Це пояснюється зміною режиму руйнування породи долотом, що швидше рухається. При відносно повільному обертанні

долота штирі в основному вдавлюються у породу, при швидкому обертання режим змінюється на уданий, який вже не потребує такого великого напірного зусилля, тобто буріння переході у режим турбінного буріння. З іншого боку при значному підвищенні швидкості обертання долота відповідно збільшується тертя долота о породу і відповідне абразивне зношення.

7. Встановлено, що збільшення частоти обертання у 2 разі і зниження напірного зусилля у 16 разів збільшує строк служби роликів підшипників у 5160 разів, оскільки строк служби докорінним образом залежить від навантаження на підшипник, і у значно меншій мірі від частоти обертання шарошки.
8. Встановлено, що зміна режиму роботи бурового верстату може відбутися завдяки підвищенню швидкості обертання долота і відповідному зниженню напірного зусилля у пропорції $a: \frac{1}{a^4}$, а напрацювання на відмову підшипника збільшиться у $a^{13,3}$ разів.

3. РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ РОЗБІРНОГО ШАРОШКОВОГО ДОЛОТА

3.1. Опис модернізованої конструкції модульного долота шарошкового

Модернізована конструкція долота відрізняється від базової розбірним корпусом та знімними шарошками. Конструкція шарошок та шарошкових опор залишається не змінною.

Модернізоване долото трьохшарошкове (рис 3.1) складається з корпусу, який має приєднувальне різьблення 1, трьох знімних лап 2. На кінцях лап розташовані осі 3, виготовлені заодно з лапами. На осі встановлено шарошки 4. Шарошки вільно обертаються на осях завдяки підшипникам ковзання: радіальному 6 і упорному 8. Шарошка фіксується на осі лапи від пересування у осьовому напрямку за допомогою замкового кульового насипного підшипника 7. Для запобігання випадання кульок з підшипника використовується заглушка 9. Заглушка виконана знімною, для того, щоб можна було демонтувати шарошки.

Для запобігання потрапляння у підшипникову опору шарошки бруду встановлено подвійні ущільнення 5.

Для фіксації кожної лапи на корпусі шарошки, використовується по два штифти 13 та гвинт 12, який за сумісництвом є заглушкою камери зберігання мастила.

Система змащення підшипників ковзання відбувається наступним чином: консистентне мастило закладається у камеру зберігання мастила, яка закривається гвинтом 12. Під час роботи при підвищенні температури долота, мастило стає більш рідким і стікає каналом у низ до підшипникового вузла. Заглушка 14 є технологічною і не знімною.

Переваги модернізації:

- Основним напрямом модернізації шарошки є зниження питомих витрат на буріння
- Полегшення умов ремонтних робіт.
- Економія грошових коштів при проведенні ремонтних робіт.

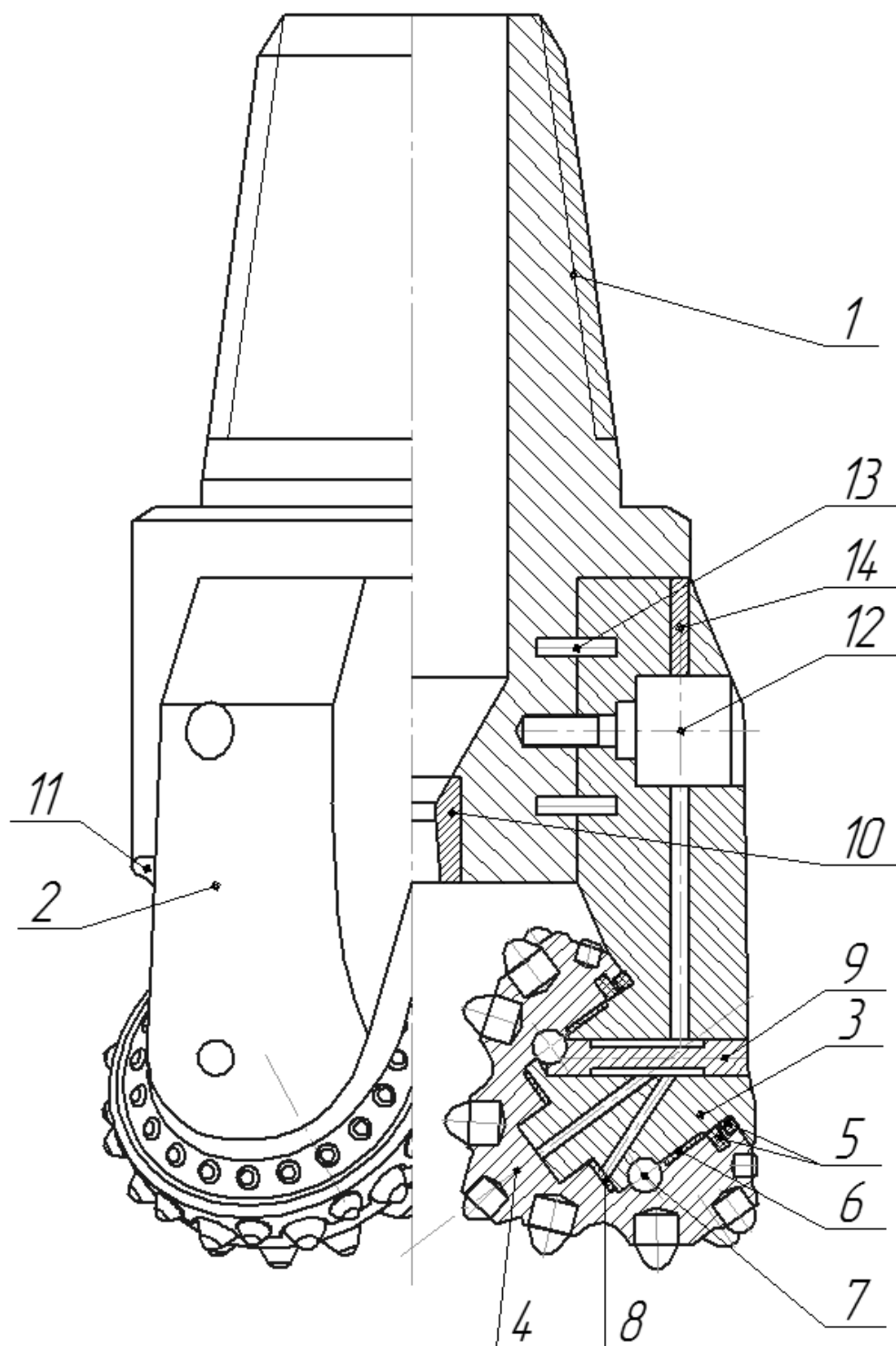


Рис 3.1 – Долото шарошкове модернізоване

Розглянемо технологічний процес заміни лапи і шарошки.

1. Заміна лапи (рис 3.2)

1.1. Долото для заміни лап поступає у ремонтну майстерню. Очищується від бруду. Особливо ретельно очищується область гвинт 12 та стики лап і корпуса;

1.2. Спеціальним ключем відгвинчується гвинт 12;

- 1.3. За допомогою спеціального знімача лапа демонтується з корпусу;
- 1.4. При необхідності замінюються штифти у корпусі;
- 1.5. Посадкове місце лапи у корпусі ретельно очищується і перевіряється ступінь зношення. Приймається рішення про заміну або ремонт демонтованих деталей;
- 1.6. Нова лапа встановлюється на корпус на штифти;
- 1.7. У лапу завантажуються консистентна змазка так щоб вона була і у каналі і у камері;
- 1.8. Загвинчується гвинт 12.
2. Заміна шарошки на лапі (рис 3.3)
 - 2.1. На демонтованій лапі виймається заглушка 9;
 - 2.2. Виймаються кулі замкового підшипника;
 - 2.3. За допомогою спеціального знімача з лапи демонтується шарошка (рис 3.4);
 - 2.4. З осі шарошки знімається підшипники ковзання;
 - 2.5. Визначається ступінь зношення усіх демонтованих деталей. Приймається рішення про ремонт або заміну демонтованих деталей. На шарощі обов'язково перевіряються ущільнення;
 - 2.6. У змащувальні канали набивається консистентне змащення;
 - 2.7. На вісь шарошки монтуються підшипники ковзання;
 - 2.8. На вісь лапи монтуються шарошка.
 - 2.9. Завантажуються кулі замкового підшипника;
 - 2.10. Завантажується консистентне змащення;
 - 2.11. Встановлюється заглушка 9.

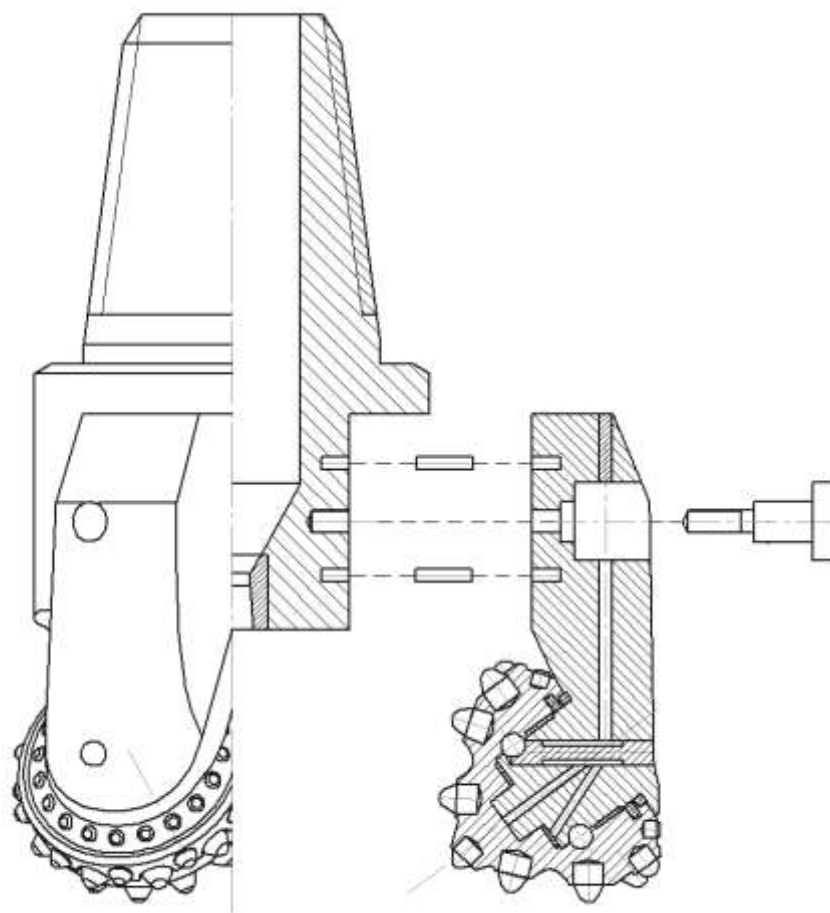


Рис 3.2 – Технологічна послідовність заміна лапи

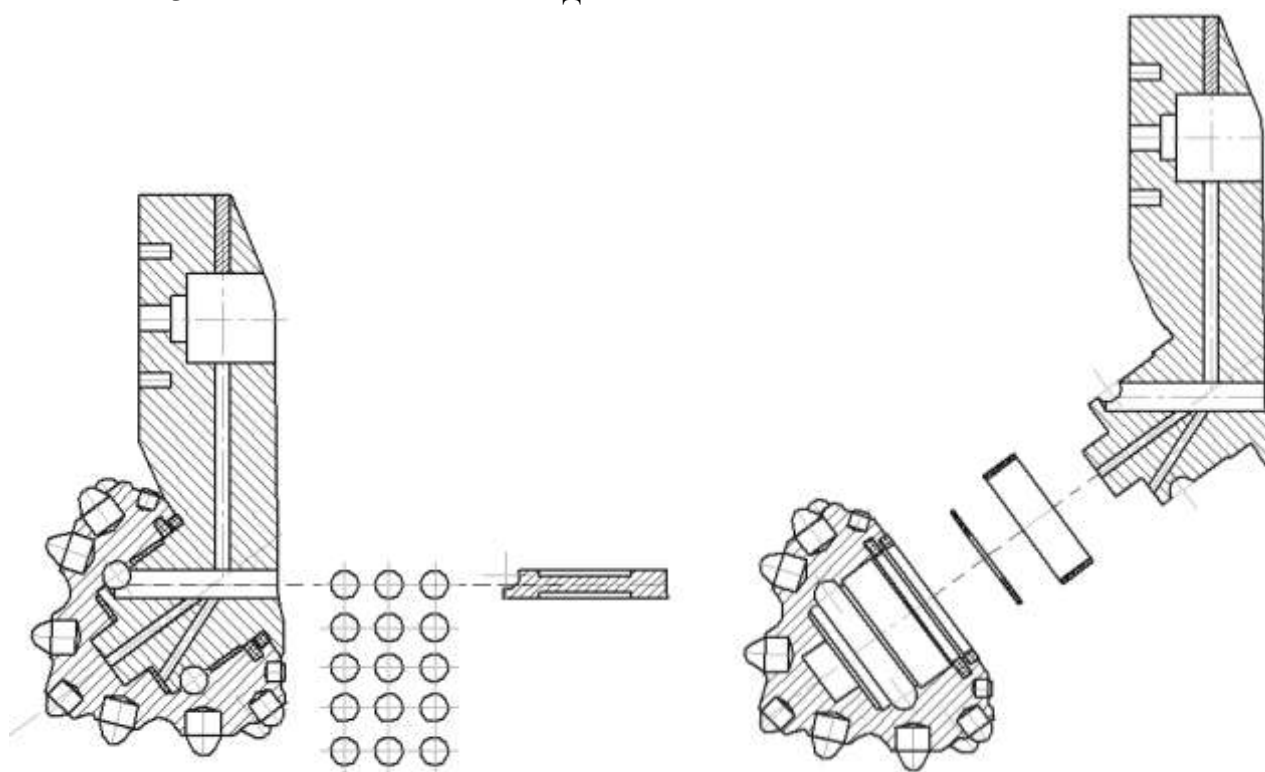


Рис 3.3 – Технологічна послідовність заміни шарошки

3.2. Дослідження міцності модернізованого шарошкового долота

Оскільки осьове навантаження на долото складає від 300 кН, а обертальний момент 4200 Нм, то основним розрахунком модернізованого шарошкового долота є розрахунок на міцність його деталей та визначення можливості та достатньої міцності болтового кріплення лап до корпусу.

Розрахунок проводимо за допомогою SolidWorks Simulation.

Для спрощення розрахунку, розраховуємо 1/3 моделі (див. рис 3.2). Причому використовуємо - у розрахунку приймають участь тільки корпус, лапа та кріпильні вироби. Усі інші деталі, що є не суттєвими для загальної міцності кріплення лапи до корпусу участі у розрахунку не приймають.

Граничні умови наступні (див рис. 3.2): закріплення за посадкові місця підшипників на осі шарошки рис. Осьове навантаження 300 кН та обертальний момент 4200 Нм прикладаємо до приєднувального різьблення корпусу.

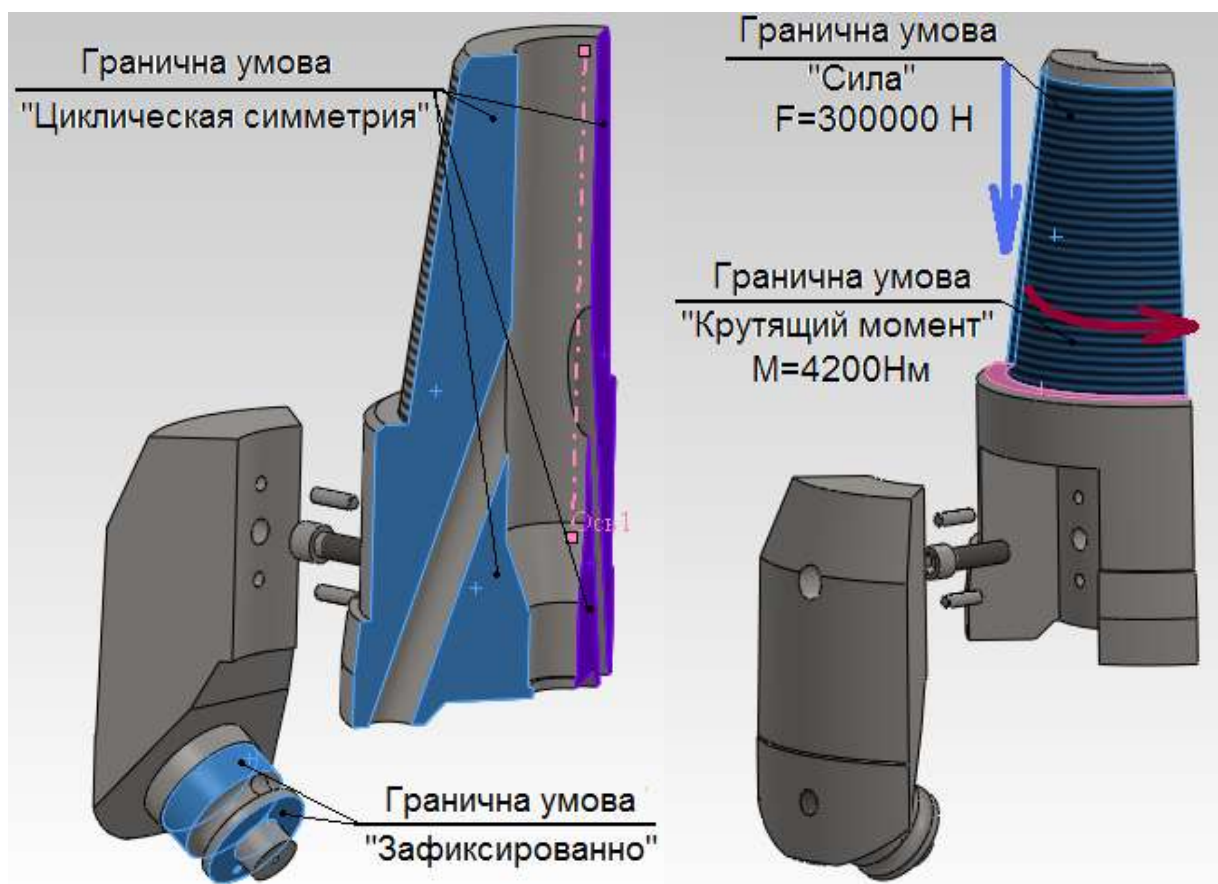


Рис 3.2 – Граничні умови для розрахунку моделі

Між поверхнями лапи, корпуса і кріпильних виробів встановлено контакт «Нет проникновения».

Після проведення розрахунку отримано результати, наведені на рис 3.3-3.10.

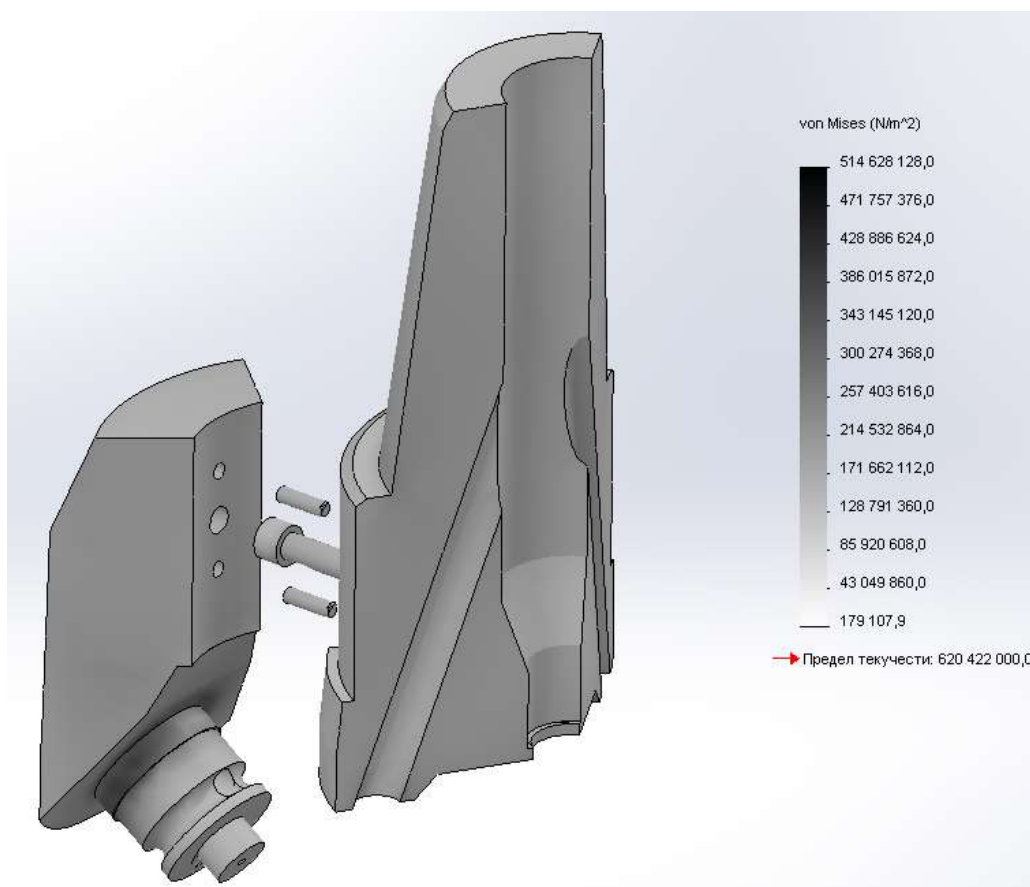


Рис 3.3 – Загальний вид напружень у розрахунковій моделі

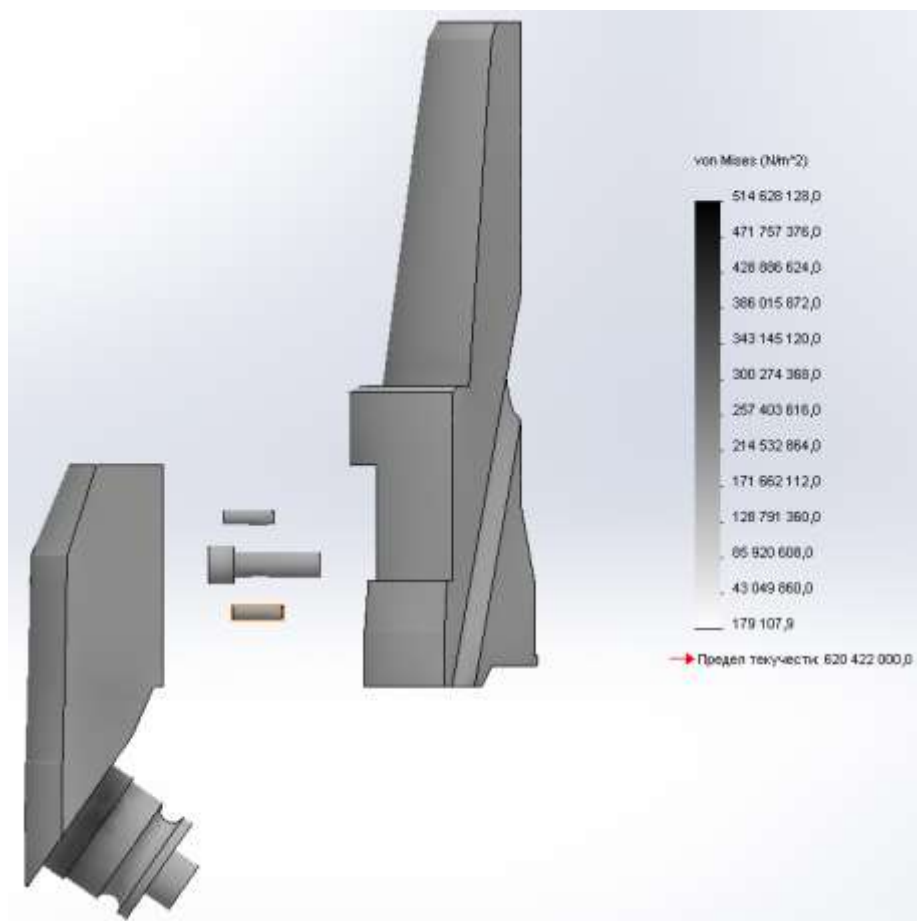


Рис 3.4 – Напруження у матеріалі моделі. Вид збоку.

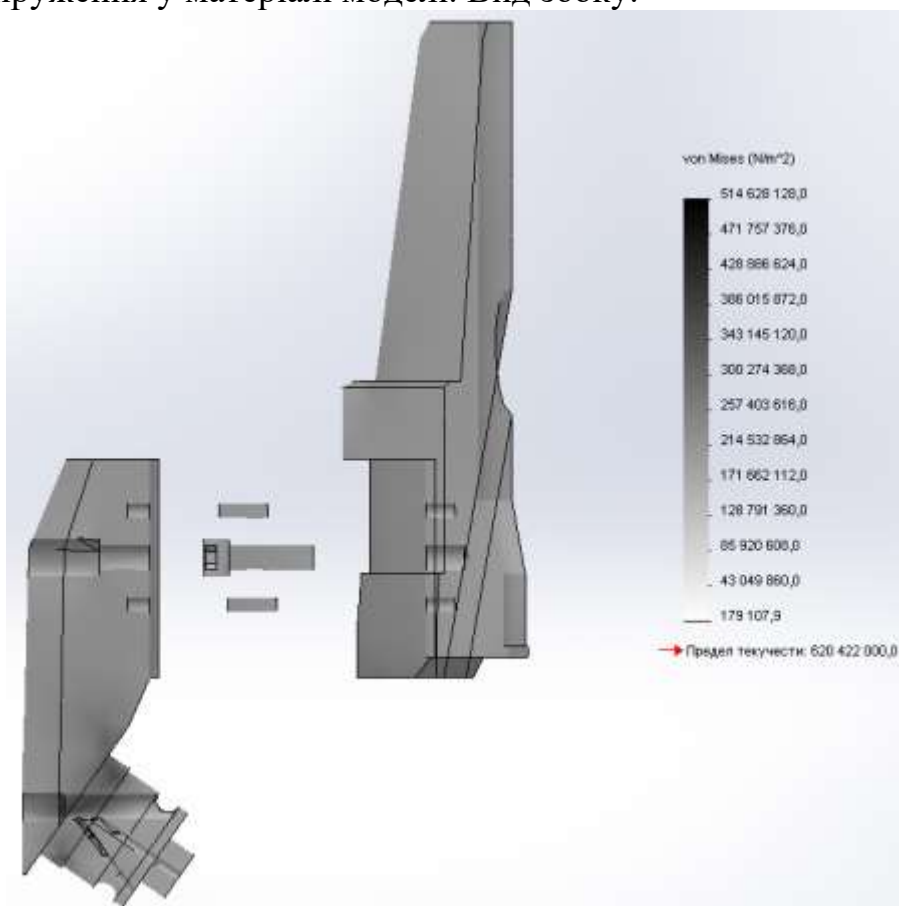


Рис 3.5 - Напруження у матеріалі моделі. Вертикальний переріз.

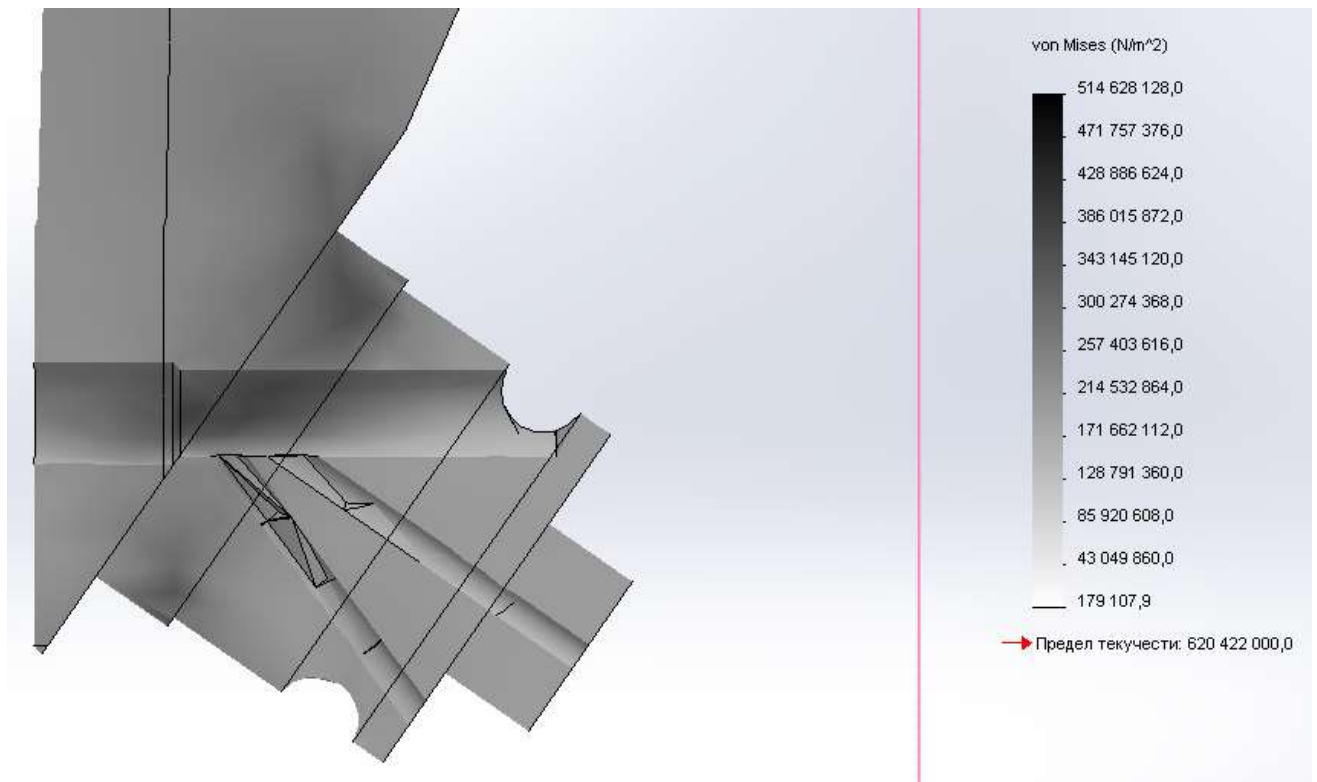


Рис 3.6 – Область максимальных напряжений у матеріалі моделі.

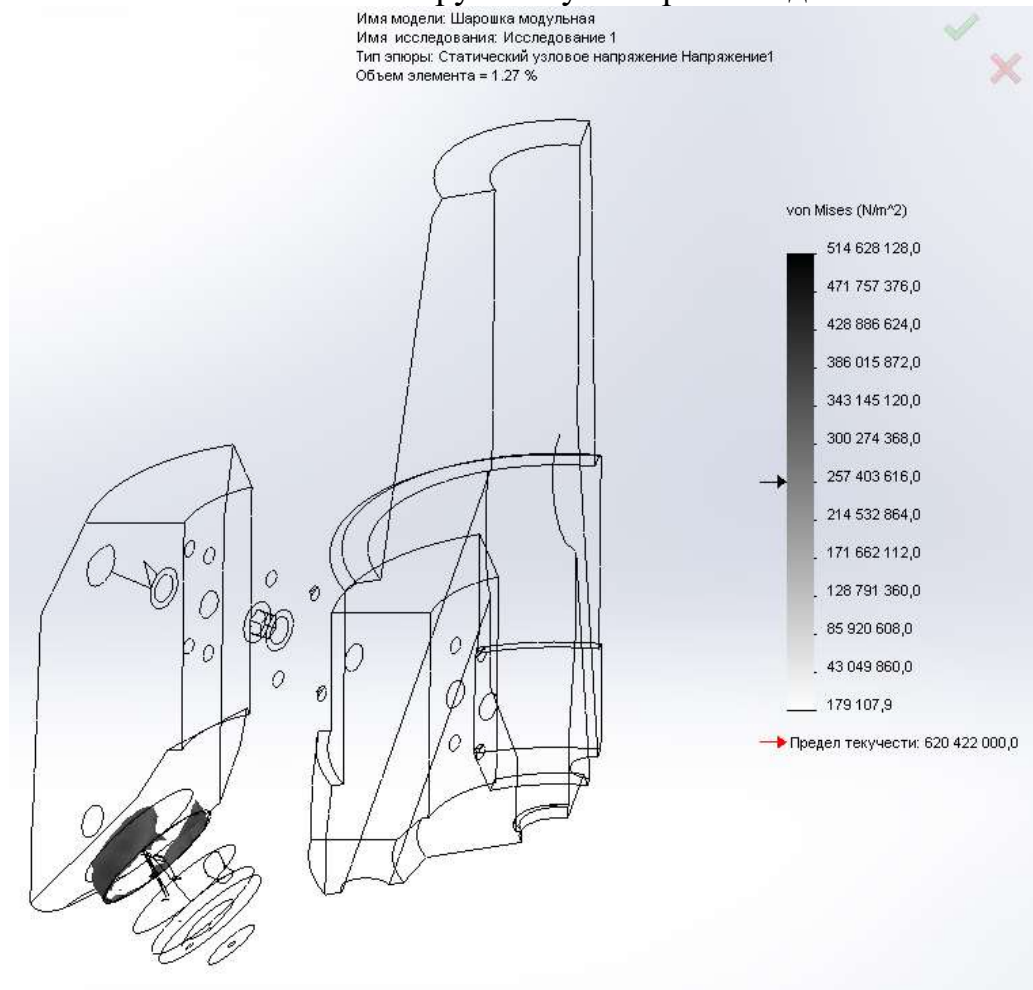


Рис 3.7 – Визначення зони максимальних напружень у матеріалі моделі.

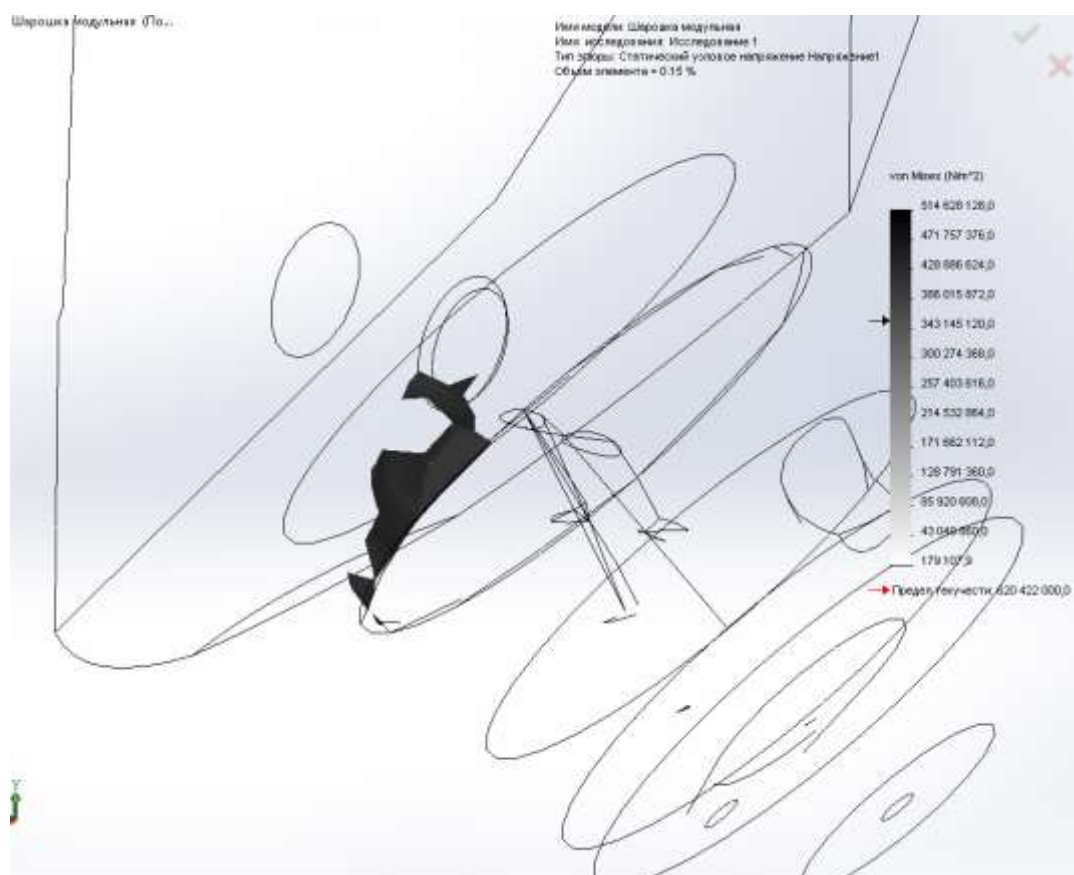


Рис 3.8 – Область максимальных напряжений.

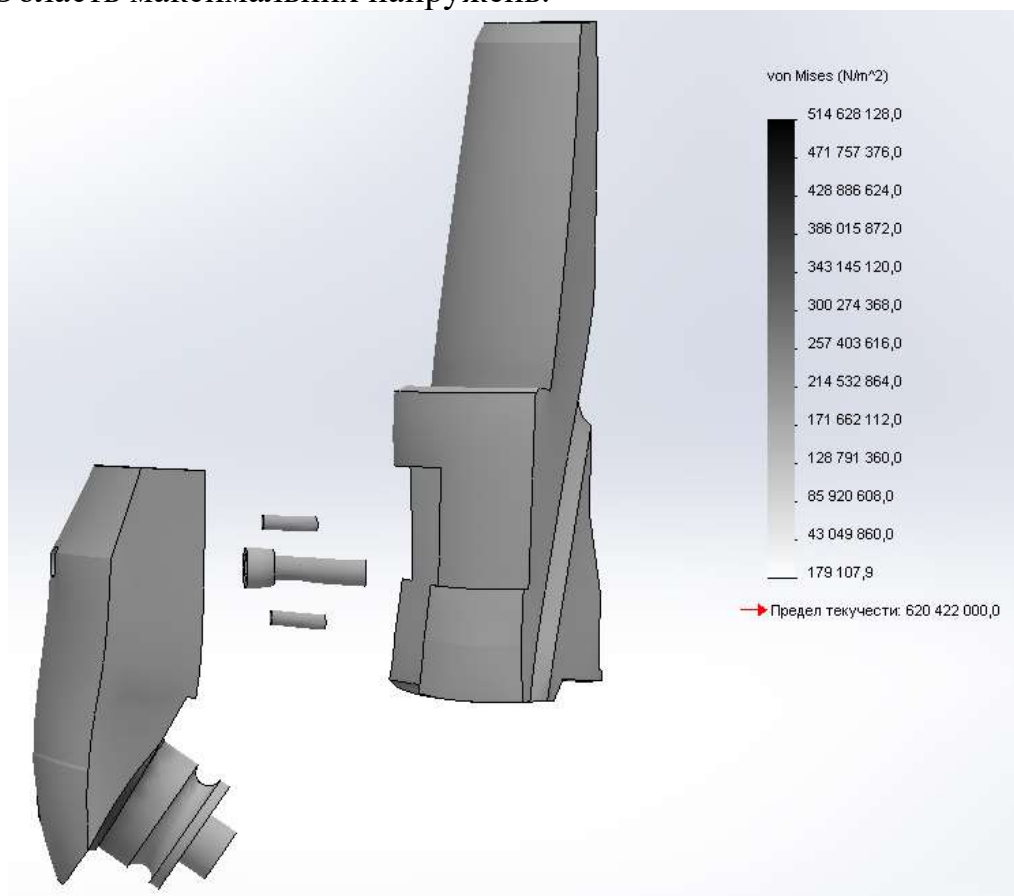


Рис 3.9 – Деформація деталей долота.

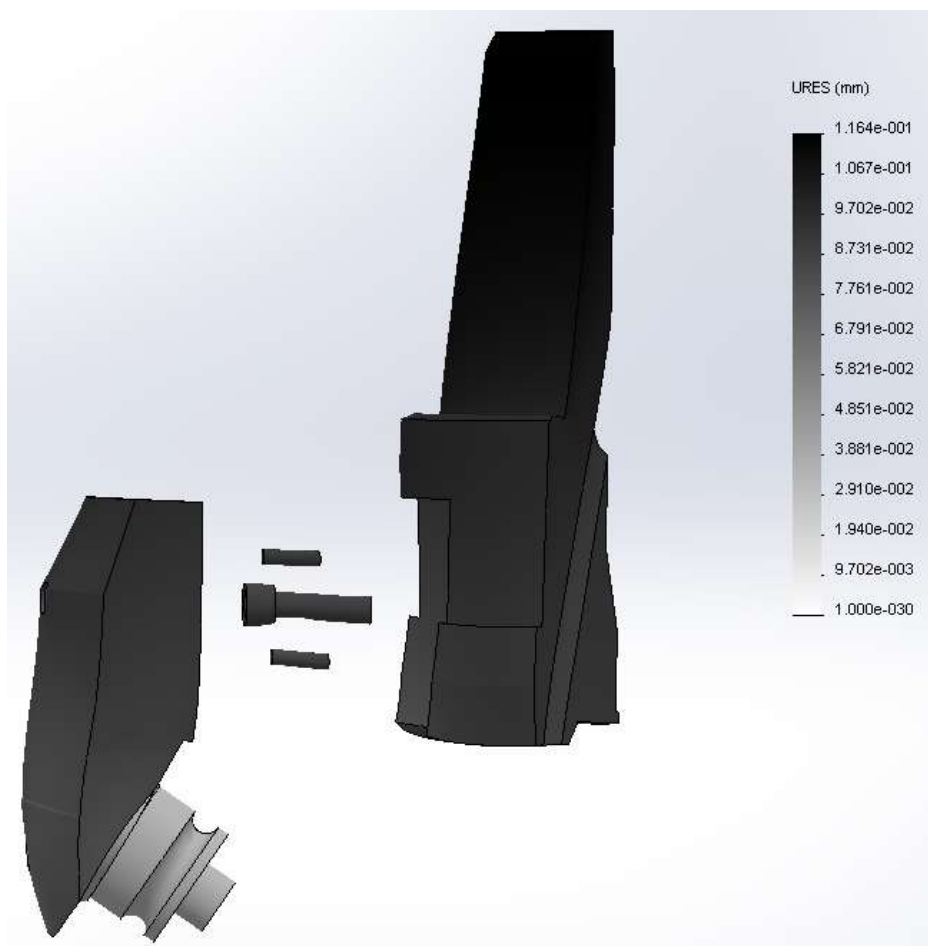


Рис 3.10 – Переміщення матеріалу деталей долота.

На рис 3.3 і 3.4 зображено загальний вид напружень у розрахунковій моделі. Загалом напруження, що виникають у матеріалі долота не перевищують граничних. Запас міцності матеріалу складає 2,3. Максимальне напруження становить 514,6 МПа.

Слід зазначити, що найбільші напруження виникають у лапі біля осі шарошки. У

На рис 3.5, 3.6 зображено вертикальні перерізи розрахункової моделі. Видно, що в області кріпильних виробів напруження не перевищують граничних і становлять близько 128 МПа. Це означає, що обрана конструкція кріплення лап до корпусу шарошки є досить міцною. Найбільші напруження виникають у місці розташування осі шарошки, що збігається із досвідом експлуатації.

На рис 3.7 і 3.8 показано зони максимальних напружень у основи осі шарошки. Причому найбільші напруження концентруються на бокових поверхнях

осі. Таким чином можна у наступному рекомендувати посилити цю область для забезпечення довговічної роботи осі.

На рис 3.9, 3.10 зображено деформації і переміщення матеріалу долота.

Максимальне переміщення матеріалу становить 0,161 мм. Кріпильні вироби піддаються незначній деформації.

Після проведеного розрахунку на міцність можна зробити наступний висновок:

- Запропонована конструкція модульного долота є досить міцною. Коефіцієнт запасу міцності становить 2,3;
- Запропонована система кріплення лап до корпусу є досить надійною и простою. Як показало дослідження вона витримує усі навантаження, яким піддається долото під час роботи;
- Для підвищення вірогідності безвідмовної роботи рекомендувати кожну лапу кріпити не одним, а декількома гвинтами;
- Рекомендувати розробити заходи щодо зниження напружень у основі осі шарошок.

Висновки до розділу 3

1. Розроблено модернізовану конструкція шарошкового долота, що відрізняється від базової конструкції розбірним корпусом та знімними шарошками. Конструкція самих шарошок та шарошкових опор залишається не змінною.
2. Пропонована конструкція має наступні переваги: зниження питомих витрат на буріння; полегшення умов ремонтних робіт; економія коштів при проведенні ремонтних робіт.
3. Розроблено технологічні процеси заміни лапи і шарошки.

4. Проведено дослідження міцності деталей пропонованого долота.
Встановлено, що пропонована конструкція модульного долота є досить міцною. Коефіцієнт запасу міцності становить 2,3;
5. Встановлено, що пропонована система кріплення лап до корпусу є досить надійною и простою. Як показало дослідження вона витримує усі навантаження, яким піддається долото під час роботи;
6. Для підвищення вірогідності безвідмовної роботи рекомендувати кожну лапу кріпити не одним, а декількома гвинтами;
7. Рекомендувати використовувати заходи щодо зниження напірного зусилля , збільшивши частоту обертання шарошки, що окрім збільшення строку служби підшипників шарошок, сприятиме зниженню напружень у основі осі шарошок.

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі розв'язано актуальне науково-технічне завдання, що полягає в покращенні режиму роботи верстатів СБШ завдяки визначенню раціональних параметрів процесу буріння

1. Проведено аналіз літературно-патентних джерел з метою визначення перспективних конструкцій розбірних шарошкових доліт. Встановлено, що найкращим варіантом є кріплення змінних лап таким чином, щоб основне навантаження приходилося на металеві контакти поєднаних деталей, а на кріпильні вироби осьове навантаження не впливало;
2. Розроблено математичну модель руйнування породи забою штирями шарошок підчас буріння.
3. Встановлено, що базовим параметром процесу руйнування гірської породи на забої долотом є сила впровадження продоруйнуючого елементу (штиря), від якої у кінцевому результаті залежить і глибина занурення штиря, і об'єм зруйнованої породи, і, відповідно, швидкість буріння.
4. Встановлено, що на силу впровадженні штиря у породі впливають два параметри, які визначають режим буріння: напірне зусилля і швидкість обертання долота, які задаються верстатом.
5. Встановлено, що при збільшенні частоти обертання у 2 рази, напірне зусилля можна знизити у 16 разів при сталому значенні сили впровадження. Це пояснюється зміною режиму руйнування породи долотом, що швидше рухається. При відносно повільному обертанні долота штирі в основному вдавлюються у породу, при швидкому обертання режим змінюється на уданий, який вже не потребує такого великого напірного зусилля, тобто буріння переходить у режим турбінного буріння. З іншого боку при значному підвищенні швидкості обертання долота відповідно збільшується тертя долота о породу і відповідне абразивне зношення.

6. Встановлено, що збільшення частоти обертання у 2 разі і зниження напірного зусилля у 16 разів збільшує строк служби роликів підшипників у 5160 разів, оскільки строк служби докорінним образом залежить від навантаження на підшипник, і у значно меншій мірі від частоти обертання шарошки.
7. Встановлено, що зміна режиму роботи бурового верстату може відбутися завдяки підвищенню швидкості обертання долота і відповідному зниженню напірного зусилля у пропорції $a: \frac{1}{a^4}$, а напрацювання на відмову підшипника збільшиться у $a^{13,3}$ разів.
8. Розроблено модернізовану конструкція шарошкового долота, що відрізняється від базової конструкції розбірним корпусом та знімними шарошками. Конструкція самих шарошок та шарошкових опор залишається не змінною.
9. Пропонована конструкція має наступні переваги: зниження питомих витрат на буріння; полегшення умов ремонтних робіт; економія коштів при проведенні ремонтних робіт.
10. Розроблено технологічні процеси заміни лапи і шарошки.
11. Проведено дослідження міцності деталей пропонованого долота.
Встановлено, що пропонована конструкція модульного долота є досить міцною. Коефіцієнт запасу міцності становить 2,3;
12. Встановлено, що пропонована система кріплення лап до корпусу є досить надійною и простою. Як показало дослідження вона витримує усі навантаження, яким піддається долото під час роботи;
13. Для підвищення вірогідності безвідмовної роботи рекомендувати кожную лапу кріпити не одним, а декількома гвинтами;
14. Рекомендувати використовувати заходи щодо зниження напірного зусилля, збільшивши частоту обертання шарошки, що окрім збільшення строку служби підшипників шарошок, сприятиме зниженню напружень у основі осі шарошок.