

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**



КУЗЬМЕНКО ДМИТРО ІВАНОВИЧ

УДК 622.24.051.4

**ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ
ДОЛІТ-РОЗШИРЮВАЧІВ ПЕРФОРАТОРНОГО БУРІННЯ
КОМПЕНСАЦІЙНИХ СВЕРДЛОВИН**

Спеціальність 05.15.10 – Буріння свердловин

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дніпро – 2018

Дисертація є рукопис.

Робота виконана на кафедрі гірничих машин та обладнання Державного ВНЗ «Криворізький національний університет» (м. Кривий Ріг) Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Громадський Анатолій Степанович,
завідувач кафедри гірничих машин та обладнання
Державного ВНЗ «Криворізький національний
університет», (м. Кривий Ріг) Міністерства освіти
і науки України

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Кожевников Анатолій Олександрович,
професор кафедри техніки розвідки родовищ ко-
рисних копалин Національного технічного універ-
ситету «Дніпровська політехніка» (м. Дніпро) Мі-
ністерства освіти і науки України

доктор технічних наук, професор
Васильєв Леонід Михайлович,
завідувач відділу проблем руйнування гірських
порід Інституту геотехнічної механіки
ім. М. С. Полякова (м. Дніпро) НАН України

Захист дисертації відбудеться "26" вересня 2018 р. о 13⁰⁰ год. на засіданні спеціалізованої вченої ради К 08.080.08 у Національному технічному університеті «Дніпровська політехніка» Міністерства освіти і науки України (49005, м. Дніпро, пр. Дмитра Яворницького, 19, т. (0562) 47-24-11)

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» за адресою: 49005, м. Дніпро, пр. Дмитра Яворницького, 19.

Автореферат розісланий "22" серпня 2018 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
кандидат технічних наук, доцент



К.А. Зіборов

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Частка України у світовому видобутку залізної руди становить близько 5 %. На її території розташовується 20 % світових запасів залізної руди, основна частина якої зосереджена в Криворізькому басейні.

Найбільш поширеним та ефективним способом руйнування гірських порід середньої та високої міцності є буропідривні роботи, до складу яких входить буріння технічних свердловин.

Технічні свердловини, пов'язані з видобутком корисних копалин, бувають гірничопрхідницькими, допоміжними, вибуховими. При цьому в обсягах буріння допоміжних свердловин переважають компенсаційні свердловини, застосування яких сприяє підвищенню використання потужності вибуху на кожній одиничній вибуховій свердловині, що дозволяє знизити загальну кількість пробурених вибухових свердловин в прохідницькому вибої та зменшити кількість вибухової речовини, капсул-детонаторів, мідних дротів при заряджанні вибою.

Буріння свердловин, в переважній більшості, здійснюється за допомогою перфораторного буріння, в якому збережено всі основні риси ручного молоткового буріння, а саме передачі хвиль деформацій від поршня-ударника до бурового інструменту для руйнування гірської породи.

Характерним недоліком доліт-розширювачів серійного виготовлення для буріння компенсаційних свердловин є наявність ступінчатої зміни поперечного перерізу корпусу долота-розширювача, та в його сполученні зі штангою. Відповідно до класичної теорії удару та роботам Александрова Є. В., Блохіна В. С. та Іванова К. І. якщо хвиля деформації, що формується поршнем-ударником поширюючись крізь штангу, зустрічає на своєму шляху потовщення (бурти, ступінчата зміна поперечного перерізу) або звуження (нарізка), то перед буртом (сходинкою) виникає пікове напруження, яке викликає відбиття хвиль деформацій. Як наслідок, буровий інструмент (долото-розширювач) має нетривалий термін служби та низьку механічну швидкість буріння свердловини, що призводить до значних витрат часу на формування свердловин в вибої.

Одним з перспективних шляхів збільшення механічної швидкості буріння та продуктивності праці, є підвищення ступеня передачі хвиль деформацій до руйнуючих елементів бурового долота-розширювача за рахунок зміни геометрії його корпусу та вибором раціональних конструктивних параметрів.

Тому, необхідність обґрунтування раціональних параметрів доліт-розширювачів перфораторного буріння компенсаційних свердловин та встановлення їх впливу на ефективність передачі хвиль деформацій до руйнуючих елементів долота-розширювача для забезпечення підвищення механічної швидкості буріння є **актуальною науковою задачею**.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота пов'язана з науковим напрямом кафедри гірничих машин і обладнання Державного ВНЗ «КНУ» і є складовою досліджень, викона-

них за госпдоговірною науково-дослідною роботою на тему: «Розробка і дослідження технології та інструменту для буріння компенсаційних свердловин при прохідці горизонтальних виробок в умовах шахти ім. Леніна ПАТ «Кривбасзалізрудком» (№ ДР 0115U003964), та відповідає напрямкам і завданням «Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 р.», затвердженої законом України № 3268-VI від 21 квітня 2011 р.

Мета роботи полягає у встановленні закономірностей процесу передачі хвиль деформацій крізь буровий інструмент для підвищення ефективності перфораторного буріння компенсаційних свердловин, та обґрунтуванні на цій основі конструктивних параметрів долота-розширювача.

Поставлена мета досягається вирішенням наступних основних задач:

- аналіз існуючої технології та інструменту для буріння компенсаційних свердловин;
- розроблення методики досліджень передачі хвиль деформацій крізь буровий інструмент;
- проведення аналітичних досліджень впливу на процес передачі хвиль деформацій конструктивних параметрів долота-розширювача;
- проведення стендових досліджень впливу на коефіцієнт передачі енергії конструктивних параметрів долота-розширювача, перевірка результатів аналітичних досліджень;
- проведення дослідно-промислових випробувань розроблених конструкцій доліт-розширювачів перфораторного буріння компенсаційних свердловин та розроблення експериментальних паспортів буропідливних робіт (БПР).

Ідея роботи полягає у встановленні та використанні характеристик процесу передачі хвиль деформацій крізь буровий інструмент для обґрунтування раціональних параметрів долота-розширювача та розробці на їх основі технології проведення буропідливних робіт.

Об'єкт дослідження – процес передачі хвиль деформацій крізь долото-розширювач з урахуванням зміни геометрії його корпусу та конструктивних параметрів системи видалення бурового шламу.

Предметом досліджень є взаємозв'язок між ефективністю передачі хвиль деформацій до руйнуючих елементів долота-розширювача перфораторного буріння компенсаційних свердловин та його конструктивними параметрами.

Методи досліджень. У роботі використовувалися експериментальні та теоретичні методи дослідження: аналіз і узагальнення науково-технічних досягнень використання інструменту для буріння компенсаційних свердловин в гірничодобувній промисловості; програмування на ЕОМ, враховуючи аналітичну геометрію, теорію подібності; методи математичної статистики для аналізу результатів експерименту. Адекватність комп'ютерних моделей встановлена методом порівняння результатів натурних експериментів та комп'ютерного моделювання.

Наукова новизна отриманих результатів

Наукові положення, які виносяться на захист :

1. Виконання корпусу долота-розширювача з гладкою бічною поверхнею, що розташована під кутом до поздовжньої вісі інструменту (конус, додатна кривизна, від'ємна кривизна) лінійно збільшує коефіцієнт передачі енергії удару порівняно зі ступінчастою поверхнею, що розташована паралельно вісі інструменту (циліндр), при цьому додатна кривизна та конус забезпечує збільшення енергії удару, а від'ємна зменшення.

2. Конструктивні параметри долота-розширювача такі як: радіус закруглення бічної поверхні корпусу та його довжина, радіус поверхні пазів для видалення шламу та їх кількість, кут нахилу каналів та їх діаметр, кількість промивальних каналів та їх довжина, забезпечують збільшення коефіцієнта передачі енергії в 1,68 рази порівняно з долотом серійного виготовлення КРР-65 діаметром 65 мм та в 1,23 рази порівняно з долотом серійного виготовлення МР-45 діаметром 90 мм, що призводить до збільшення механічної швидкості буріння в 1,32 – 1,33 рази для діаметра 65 мм та 1,10 – 1,11 для діаметра 90 мм.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в тому, що:

1. Уперше експериментально встановлено залежність зміни значення енергії хвиль деформацій на руйнуючих елементах долота-розширювача від співвідношення радіуса кривизни та довжини корпусу, що дало змогу встановити раціональні геометричні параметри корпусу долота-розширювача.

2. Уперше аналітично відтворено процес поширення хвиль деформацій крізь бурове долото-розширювач та отримано чисельні показники зміни напружень у сполученні конусів штанга – долото-розширювач та на його руйнуючих елементах.

3. Уперше експериментально встановлено залежність радіуса циліндроутворюючої поверхні бічного паза від діаметра продувального каналу та його кута нахилу до осі бурового долота-розширювача.

4. Уперше аналітично та експериментально встановлено, що збільшення ефективності передачі енергії хвиль деформацій до 65 – 70 % крізь долото-розширювач досягається значенням радіуса закруглення бічної поверхні корпусу від 170 мм до 300 мм та довжини від 75 мм до 95 мм, кількості пазів для видалення шламу від 3 до 5 з радіусом від 42 мм до 57 мм, кутом нахилу промивальних каналів від 39° до 41°, в кількості від 3 до 5, діаметром від 4,5 мм до 5,5 мм та довжиною від 34 мм до 38 мм.

Обґрунтованість і достовірність результатів роботи забезпечені: використанням фундаментальних методів фізики та механіки гірських порід, механіки суцільного середовища; математичною статистикою в поєднанні із застосуванням науково-обґрунтованих методів постановки експериментальних досліджень. Достовірність отриманих результатів підтверджується задовільною збіжністю експериментальних та аналітичних даних. Розбіжність між результатами аналітичних та експериментальних досліджень не перевищує 12 % при дові-

рчій ймовірності 0,89. Відтворюваність результатів досліджень забезпечувалась використанням стандартних вимірювальних приладів; адекватність математичних моделей – методами оцінки відповідно до теорії математичної статистики.

Наукове значення роботи полягає у встановленні залежності параметрів хвиль деформацій на руйнуючих елементах долота-розширювача від впливу значення його радіуса закруглення бічної поверхні корпусу та довжини, кількості пазів для видалення шламу та їх радіуса, кута нахилу промивальних каналів їх кількості, діаметра та довжини.

Практичне значення отриманих результатів полягає в:

- розробленні інженерної методики проектування доліт-розширювачів для буріння компенсаційних свердловин при прохідці гірничих виробок;
- установленні технологічних параметрів врубу із застосуванням долота-розширювача при бурінні компенсаційних свердловин;
- розробленні конструкцій доліт-розширювачів КРШ-4-65 та КРШ-12-90 для буріння компенсаційних свердловин, які захищені патентами, механічна швидкість буріння яких збільшена в 1,11 – 1,32 рази, а сумарна прохідка – в 1,5 – 1,73 рази в порівнянні з долотами-розширювачами КРР-65 та МР-45 серійного виготовлення.

Реалізація результатів роботи. Розроблені методики, технології та технічні засоби знайшли практичне застосування при дослідно-промисловому впровадженні технології прохідки гірничих виробок з використанням компенсаційних свердловин на підприємствах ПАТ «Кривбасзалізрудком» (№ 1050 від 15.05.2014, № 666 від 09.04.2015, № 1922 від 12.07.2016) та ПАТ «ЄВРАЗСУ-ХАБАЛКА» (№ 50 від 30.01.2014).

Результати досліджень використані в навчальному процесі: при вивченні дисциплін «Буровий інструмент», «Гірничі машини підземних робіт» студентами спеціальності «Гірничі машини та комплекси» Державного ВНЗ «Криворізький національний університет».

Особистий внесок автора полягає у визначенні проблематики, ідеї та мети роботи, формулюванні завдань досліджень, наукових положень та їх новизни, визначенні методів досліджень та розробці експериментальних стендів, проведенні стендових досліджень, узагальненні та аналізі отриманих результатів.

Апробація результатів дисертації. Дисертаційна робота та її окремі розділи доповідались та були схвалені на засіданнях кафедри гірничих машин і обладнання Державного ВНЗ «Криворізький національний університет»; на 6-му міжнародному симпозіумі «Якість мінеральної сировини-2011» (Партеніт, 4-10 лип. 2011 р.), на Міжнародній конференції молодих вчених (Санкт-Петербург, 24-26 квіт. 2012, 23-25 квіт. 2014 рр.), на X Міжнародній конференції молодих вчених «Проблеми енергозбереження та механізації в гірничо-металургійному комплексі» (Кривий Ріг, 23-25 квіт. 2013 р.), на Вузівській науково-практичній конференції молодих вчених та студентів «Актуальні питання проблеми створення та експлуатації технічних систем», (Кривий Ріг, 18 квіт. 2014 р.), на між-

народній науково-технічній конференції «Сталий розвиток гірничо-металургійної промисловості», (Кривий Ріг, 24-26 квіт. 2011, 22-24 трав. 2013, 24-27 бер. 2015 р.), на Всеукраїнській науково-технічній конференції студентів, аспірантів і молодих учених «Молодь: наука та інновації» (Дніпро, 28-29 лист. 2017 р.).

Публікації. Основні наукові положення та результати дисертаційної роботи опубліковані в 20 друкованих роботах, з них: 7 – у фахових виданнях, з них 2 у закордонних, 3 патенти (1 РФ – на винахід, 2 Україна – на корисну модель), 6 – матеріали конференцій, 4 – в інших виданнях.

Структура й обсяг роботи. Дисертаційна робота складається з анотацій, вступу, п'яти розділів, висновків, 7 додатків. Загальний обсяг дисертації – 224 сторінки, з яких: основний текст 168 сторінок, рисунків – 69, таблиць – 77.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовані мета та завдання дослідження, наукова новизна і практичне значення роботи, її зв'язок з науковими програмами, планами, темами, приведена апробація результатів дисертації, показаний особистий внесок автора.

Перший розділ присвячений огляду та аналізу існуючих конструкцій доліт-розширювачів для буріння компенсаційних свердловин.

Розглянутий сучасний стан питання вивчення процесу передачі хвиль деформацій крізь буровий інструмент, а також шляхи зміни конструкції доліт, які дозволяють збільшити ефективність передачі хвиль деформацій.

Вагомий внесок в дослідження процесів формування та поширення хвиль деформацій внесли Алабужев П. М., Александров Є. В., Алімов О. Д., Андреев В. Д., Барон Л. І., Безсонов Ю. Д., Блохін В. С., Васильєв Л. М., Горбанів В.Ф., Дворніков Л.Т., Єрем'янц В.Е., Іванов К.І., Кожевников А. О., Коняшин Ю. Д., Крижанівський Є. І., Манжосов В. К., М'ясників А. А., Ніконова І. П., Покровський Г. Н., Саруєв Л. А., Серпенінов Б. Н., Сірс А., Соколінський В. Б., Стахановський Б. Н., Тагаєв Б. Т., Фішер Г., Чудик І. І., Шапошников І. Д., Вессу R., Fairhurst C., Hustrulid W., Lundberg B.

Питання підвищення ефективності бурового інструменту за рахунок зміни конструктивних параметрів корпусу долота, вивчали Блохін В. С. та Іванов К.І. Автори рекомендують корпусам бурових доліт надавати форму з мінімальними змінами перерізу, що забезпечить підвищення передачі хвиль деформацій від поршня-ударника бурової машини до руйнуючих елементів бурового долота.

Проте конкретних значень параметрів корпусу долота, що забезпечують підвищення передачі хвиль деформацій, автори так і не вказали.

Тому, необхідність обґрунтування раціональних параметрів доліт-розширювачів перфраторного буріння компенсаційних свердловин та встано-

влення їх впливу на ефективність передачі хвиль деформацій до руйнуючих елементів долота-розширювача для забезпечення підвищення механічної швидкості буріння є **актуальною науковою задачею**.

Другий розділ присвячено вибору методів та розробці методик дослідження передачі хвиль деформацій крізь буровий інструмент. На основі аналізу існуючих конструкцій доліт-розширювачів створено класифікацію елементів корпусу, що впливають на процес передачі хвиль деформацій крізь долото-розширювач.

Вплив конструктивних параметрів долота-розширювача на процес поширення хвиль деформацій крізь нього визначено у ході аналітичних досліджень, що базуються на методі комп'ютерного скінченно-елементного моделювання в середовищі універсального пакету COSMOSWorks, інтегрованого в CAD-систему SolidWorks, тому що встановити ці параметри для ударно-поворотного буріння свердловин перфраторами в промислових умовах неможливо. Ефективність передачі хвиль деформацій оцінювалась за критерієм зміни напружень в руйнуючих елементах, які є функцією енергії ударної взаємодії бурового інструменту.

Для підтвердження аналітичних досліджень проводились стендові дослідження передачі хвиль деформацій крізь бурове долото-розширювач. Як оцінка ефективності передачі хвиль деформацій, використовувався коефіцієнт передачі енергії який був запропонований Александровим С. В.

$$\eta = \frac{E_1}{E_0}, \quad (1)$$

де E_1 – енергія, що була передана породі, Дж; E_0 – енергія, яку мав ударник до удару, Дж.

Енергія, яку мав ударник до удару визначалася його масою m та початковою висотою H , з якої він вільно падав

$$E_0 = mgH \quad (2)$$

де m – маса ударника, кг; g – прискорення вільного падіння, м/с²; H – висота, з якої падав ударник, м.

При плануванні аналітичних та стендових досліджень використано методи математичного планування експериментів, а обробка отриманих результатів досліджень здійснювалася методами математичної статистики, які забезпечують можливість отримати математичні моделі досліджуваних процесів.

За даними аналітичних та експериментальних досліджень було виготовлено експериментальні зразки доліт-розширювачів та проводилися дослідно-промислові випробування. У ході випробувань перевірялось ефективність та адекватність ухвалених конструктивних рішень. За даними механічної швидкості буріння доліт-розширювачів, що визначалася за формулою (3) та стійкістю інструменту (кількість пробурених метрів до повного фізичного зносу інструменту) здійснювалася оцінка ухвалених конструктивних рішень

$$v_{\text{мех}} = \frac{l_{\text{св}}}{f(t)}, \quad (3)$$

де $l_{\text{св}}$ – глибина буріння свердловини, м; $f(t)$ – функція часу буріння свердловини, яка залежить від конструктивних параметрів бурового інструменту, фізико-механічних властивостей гірської породи, потужності бурового обладнання.

Прохідка вибою визначалася таким чином

$$П_в = l_{\text{св}} - l_{\text{ст}} \quad (4)$$

де $l_{\text{св}}$ – глибина буріння свердловини, м;

$l_{\text{ст}}$ – глибина свердловини, що залишилися після вибуху, м.

Граничні умови аналітичних досліджень: долото-розширювач знаходилося в сполученні з буровою штангою, по штанзі здійснювався удар ударником. Задана ділянка при рішенні задачі розбивалася сіткою. Адекватність прийнятих сіток і, відповідно, точність рішення оцінювалася за допомогою правила Рунге. Обраний рівень точності сіток усіх схем, згідно правилу Рунге достатній. Похибка складала не більше 12 %.

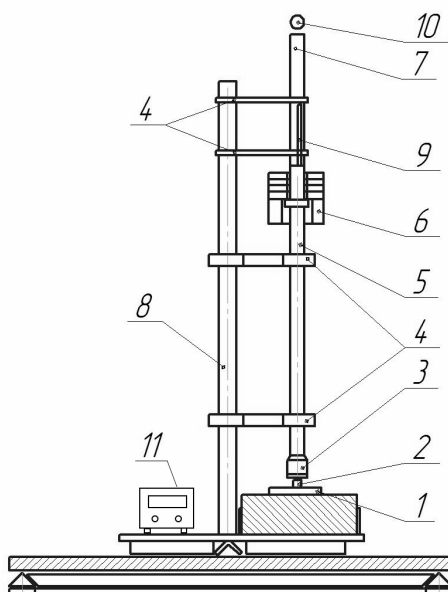


Рисунок 1 – Стендова установка

Для вивчення впливу конструктивних параметрів долота-розширювача на процес передачі хвиль деформації до його руйнуючих елементів було розроблено та виготовлено спеціальну стендову установку (рис. 1), яка складається з металевої пластини 1, п'єзоелектричного датчика 2 (ДН-4-М1), бурового долота-розширювача 3, затисків 4, бурової штанги 5, вантажу 6, труби направляючої 7, рами 8, мірної лінійки 9, металевої кульки 10, контрольно-вимірювальної апаратури 11. На розробленому стенді згідно з матрицею планування встановлювалося необхідне долото-розширювач. Кулька 10, імітуючи поршень-

ударник, вільно падала по направляючій трубі 7 з фіксованої висоти та здійснювала удар по штанзі 5, формуючи в останній ударний імпульс, який проходив крізь бурову штангу 5, бурове долото 3 та металеву пластину 1 на якій було встановлено п'єзоелектричний датчик 2, який фіксував віброприскорення, що було передане крізь буровий інструмент.

Оскільки п'єзоелектричні датчики фіксували передачу вібраційного прискорення, то для розрахунку енергії було використано дані класичної теорії удару та встановлено кореляційний зв'язок енергії удару E та віброприскорення a (рис. 2).

На основі аналітичних та експериментальних досліджень було виготовлено дослідно-промислові зразки експериментальних доліт-розширювачів для бу-

ріння компенсаційних свердловин та проведено випробування в промислових умовах.

Метою випробувань в промислових умовах експериментальних доліт-розширювачів та доліт-розширювачів серійного виготовлення є порівняння їх експлуатаційних параметрів та перевірка ефективності ухвалених рішень. У період порівняльних випробувань визначалася механічна швидкість буріння кожним долотом-розширювачем в однакових гірничо-геологічних умовах, стійкість інструменту (прохідка на долото-розширювач), техніко-економічні показники.

Порівняльні випробування відбувалися на підприємствах ПАТ «Кривбасзалізрудком» на шахті ім. Леніна та ПАТ «ЄВРАЗСУХАБАЛКА» на шахті ім. Фрунзе м. Кривий Ріг. Міцність гірської породи становила від 10 до 18 за шкалою проф. М. М. Протод'яконова. Буріння здійснювалося переносним перфоратором на пневмопідтримці УТ – 28, буровою кареткою УБШ – 207 з перфоратором Б106 (ПК – 60), самохідною прохідницькою буровою установкою Boomer S1 D – DH з гідравлічним перфоратором Atlas Copco COP 1638 з промиванням водою.



Рисунок 2 – зв'язок енергії удару E та віброприскорення a : 1 – маса ударника $m = 100$ г; 2 – маса ударника $m = 200$ г; 3 – маса ударника $m = 300$ г

Висновки:

- розроблено методику проведення аналітичних досліджень, що базується на методі комп'ютерного скінченно-елементного моделювання поширення хвиль деформацій крізь буровий інструмент для аналізу та визначення впливу на процес передачі хвиль деформацій конструктивних параметрів корпусу долота-розширювача;

- розроблено стенд та методику проведення стендових досліджень для визначення впливу конструктивних параметрів корпусу долота-розширювача на коефіцієнт передачі енергії крізь долото-розширювач;

- при плануванні досліджень використано методи математичного планування експериментів для скорочення об'ємів та термінів досліджень, а способи обробки їх результатів забезпечують можливість отримати математичні моделі досліджуваних процесів;

- методики досліджень та аналізу отриманих даних забезпечують можливість оцінити міру та характер впливу кожного з досліджуваних факторів та визначити раціональні значення конструктивних параметрів корпусу долота-розширювача;

- розроблено методику проведення дослідно-промислових випробувань для підтвердження отриманих результатів досліджень та перевірки ефективнос-

ті прийнятих конструктивних рішень.

Третій розділ присвячено аналітичним дослідженням визначення впливу конструктивних параметрів корпусу долота-розширювача на процес передачі хвиль деформацій до його руйнуючих елементів. На основі літературного аналізу було встановлено 8 конструктивних параметрів корпусу які впливають на процес передачі хвиль деформацій до його руйнуючих елементів. Для скорочення обсягу досліджень всі параметри було розділено на пари за конструктивними ознаками. В результаті обробки результатів дослідження пари радіуса закруглення бічної поверхні корпусу R долота-розширювача та його довжини L отримано регресійно-статистичну математичну модель (5) з якої видно, що найбільший вплив в парі на процес передачі хвиль деформацій до руйнуючих елементів долота-розширювача чинить радіус закруглення бічної поверхні корпусу долота-розширювача R (максимальний коефіцієнт регресії при X_1):

$$Y = -40,7 + 0,18 \cdot x_1 + 0,08 \cdot x_2 - 2,4 \cdot 10^{-4} \cdot x_1^2 - 1,005 \cdot 10^{-4} \cdot x_2^2 - 1,96 \cdot 10^{-5} \cdot x_1 \cdot x_2 \quad (5)$$

Дослідженням встановлено, що при зміні значення радіуса закруглення бічної поверхні корпусу долота-розширювача відносно повздовжньої осі та його довжини напруження на руйнуючих елементах змінюється за параболічною залежністю (рис. 3). Наслідком цього є зменшення зони концентрації напружень в сполученні штанга – долото-розширювач, які викликають відбиття хвиль деформацій; збільшення механічної швидкості буріння свердловин та підвищення надійності бурового інструменту. На процес поширення хвиль деформацій крізь буровий інструмент впливають конструктивні параметри системи видалення бурового шламу до якої входять бічні пазы та промивальні канали.

Обробка результатів дослідження пари кількості пазів n для видалення шламу та їх радіуса r дозволила отримати регресійно-статистичну математичну модель (6) з якої видно, що найбільший вплив в парі на процес передачі хвиль деформацій до руйнуючих елементів долота-розширювача чинить кількість пазів для видалення шламу n (максимальний коефіцієнт регресії при X_1):

$$Y = -67,5 + 22,59 \cdot x_1 + 2,8 \cdot x_2 - 6,21 \cdot x_1^2 - 0,04 \cdot x_2^2 - 0,16 \cdot x_1 \cdot x_2 \quad (6)$$

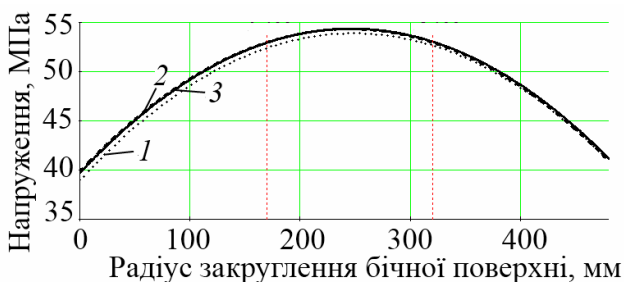


Рисунок 3 – Залежність зміни напружень хвиль деформацій на руйнуючих елементах від радіуса закруглення бічної поверхні корпусу та його довжини: 1 – $L = 75$ мм; 2 – $L = 85$ мм; 3 – $L = 95$ мм

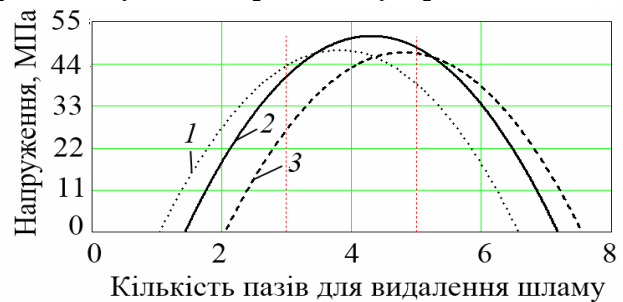


Рисунок 4 – Залежність зміни напружень хвиль деформацій на руйнуючих елементах від кількості пазів для видалення шламу та їх радіуса: 1 – $r = 40$ мм; 2 – $r = 50$ мм; 3 – $r = 60$ мм

Дослідженнями (рис. 4 графік 2) встановлено, що існує точка екстремуму кількості пазів $n = 4$ з радіусом поверхні пазу $r = 50$ мм, при відхиленні від якої напруження на руйнуючих елементах долота-розширювача змінюється за параболічною залежністю.

В результаті обробки результатів дослідження пари кута нахилу β_K промивальних каналів та їх діаметра d_K отримано регресійно-статистичну математичну модель (7) з якої видно, що найбільший вплив в парі на процес передачі хвиль деформацій до руйнуючих елементів долота-розширювача чинить кут нахилу каналів β_K (максимальний коефіцієнт регресії при X_1):

$$Y = -1,5 \cdot 10^{-3} + 71,14 \cdot x_1 + 56 \cdot x_2 - 0,904 \cdot x_1^2 - 6,82 \cdot x_2^2 + 0,26 \cdot x_1 \cdot x_2 \quad (7)$$

В результаті обробки результатів дослідження пари кількості промивальних каналів n_K та їх довжини l_K отримано регресійно-статистичну математичну модель (8) з якої видно, що найбільший вплив в парі на процес передачі хвиль деформацій до руйнуючих елементів долота-розширювача чинить довжина промивальних каналів l_K (максимальний коефіцієнт регресії при X_2):

$$Y = -157,4 - 5,75 \cdot x_1 + 12,3 \cdot x_2 - 1,5 \cdot x_1^2 - 0,203 \cdot x_2^2 - 0,5 \cdot x_1 \cdot x_2 \quad (8)$$

Дослідженнями (рис. 5) встановлено, що зміна діаметра промивальних каналів призводить до падіння параметра передачі хвиль деформацій незалежно від кута нахилу, їх кількості та довжини.

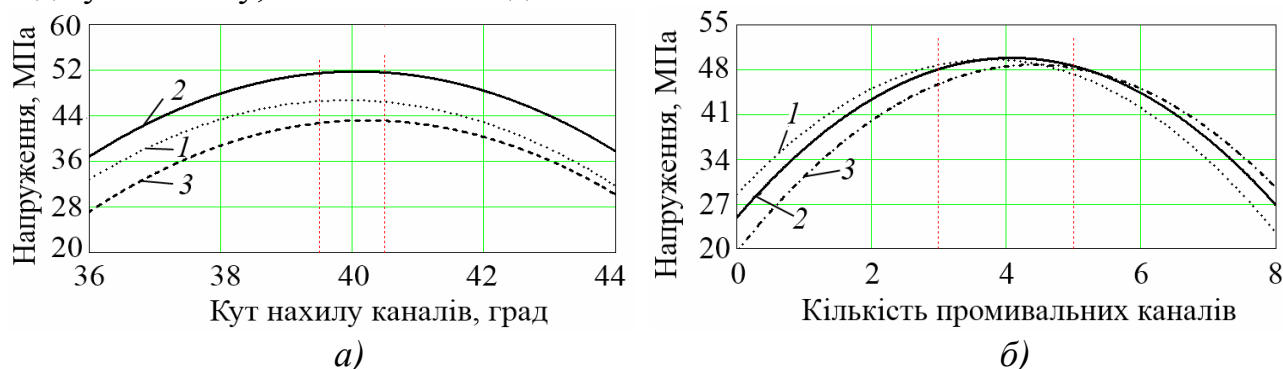


Рисунок 5 – Залежності зміни напружень хвиль деформацій на руйнуючих елементах від: а) – кута нахилу каналів та їх діаметра (1 – $d_K = 4$ мм; 2 – $d_K = 5$ мм; 3 – $d_K = 6$ мм); б) – кількості промивальних каналів та їх довжини (1 – $l_K = 34$ мм; 2 – $l_K = 36$ мм; 3 – $l_K = 38$ мм)

На підставі проведених аналітичних досліджень впливу конструктивних параметрів корпусу долота-розширювача на процес передачі хвиль деформацій до його руйнуючих елементів були зроблені наступні висновки:

– отримано регресійно-статистичні математичні моделі на основі яких визначено ступінь впливу кожного досліджуваного параметра в парі;

– визначено діапазон раціональних значень радіуса закруглення бічної поверхні корпусу долота-розширювача відносно повздовжньої осі та його довжини та встановлено що, при зміні їх значення напруження на руйнуючих елементах змінюється за параболічною залежністю;

– визначено діапазон раціональних параметрів бічних пазів для видалення шламу та встановлено, що корпус з кількістю пазів для видалення шламу від 3 до 5 та радіусом від 43 мм до 53 мм забезпечує максимальну ефективність передачі хвиль деформацій до руйнуючих елементів;

– визначено діапазон раціональних параметрів промивальних каналів та встановлено, що корпус з кутом нахилу промивальних каналів від 39° до 41° , в кількості від 3 до 5, діаметром від 4,6 мм до 5,1 мм та довжиною від 34 мм до 36 мм забезпечує максимальну передачу хвиль деформацій до його руйнуючих елементів.

Четвертий розділ містить результати стендових досліджень впливу конструктивних параметрів долота-розширювача на коефіцієнт передачі енергії хвиль деформацій.

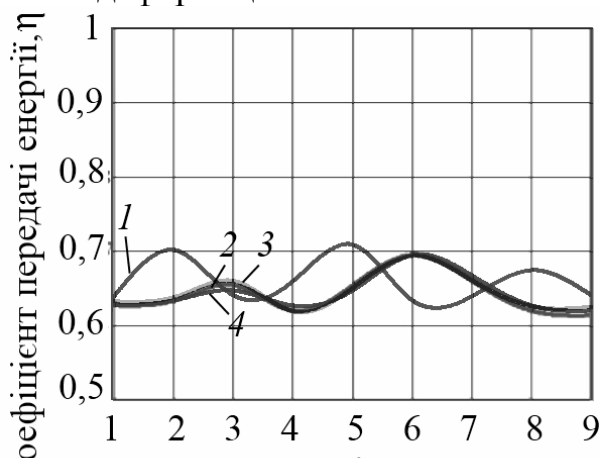


Рисунок 6 – Розрахунковий КПЕ дослідження впливу: 1 – радіуса закруглення бічної поверхні та довжини корпусу; 2 – радіуса пазів та їх кількості; 3 – кута нахилу каналів та їх діаметра; 4 – кількості та довжини промивальних каналів

На рис. 6 представлено результати розрахунку коефіцієнта передачі енергії крізь буровий інструмент. Встановлено, що максимальний коефіцієнт передачі енергії $\eta = 0,7$ спостерігається при нульових факторах варіювання: радіуса закруглення бічної поверхні 200 мм довжиною 85 мм в 2-му та 5-му досліді (рис. 6 графік 1), чотирьох пазів радіусом 50 мм в 6-му досліді (рис. 6 графік 2), кута нахилу каналів 40° діаметром 5 мм в 6-му досліді (рис. 6 графік 3), чотирьох промивальних каналів довжиною 36 мм в 6-му досліді (рис. 6 графік 4), при інших значеннях факторів варіювання коефіцієнт передачі енергії становить $\eta = 0,61 - 0,67$.

Результати аналітичних досліджень підтверджуються стендовими – область екстремуму функції відклику, що отримано в результаті аналітичних досліджень співпадає з областю екстремуму функції відклику, яку отримано в результаті проведення стендових дослідів. Розбіжність між результатами моделювання та експерименту становить не більше 12%. Таким чином, забезпечується достатня збіжність результатів моделювання з даними, які отримані експериментальним шляхом.

На основі результатів аналітичних та стендових досліджень було отримано раціональні параметри та на їх основі розроблено долота-розширювачі (рис. 7 а, б). Результати дослідження коефіцієнта передачі енергії хвиль деформацій крізь розроблені долота-розширювачі (рис. 7 а, б) та долота-розширювачі серійного виготовлення (рис. 7 в, г) представлено в табл. 1.



а) б) в) г)

Рисунок 7 – Долота-розширювачі представлені на випробуваннях буріння компенсаційних свердловин: а) – розроблене долото-розширювач КРШ-4-65 \varnothing 65; б) – розроблене долото-розширювач КРШ-12-90 \varnothing 90; в) – долото-розширювач типу КРР-65 \varnothing 65 серійного виготовлення; г) – долото-розширювач типу МР-45 \varnothing 90 серійного виготовлення

При поширенні хвиль деформацій крізь буровий інструмент який має ступінчасту зміну поперечного перерізу корпусу долота, в ньому виникають пікові напруження, які спричинюють відбиття хвиль деформацій. Розроблені долота-розширювачі, на відміну від доліт-розширювачів серійного виготовлення, не мають ступінчастої зміни поперечного перерізу корпусу долота та в сполученні зі штангою, тому коефіцієнт передачі енергії у них більший в 1,23 – 1,68 рази в порівнянні з долотами-розширювачами серійного виготовлення (табл. 1).

Таблиця 1 – Результати стендових досліджень залежності коефіцієнта передачі енергії від типу долота-розширювача

№ з/п	Тип	E_0 , Дж	E_1 , Дж	$\Delta\eta$
1	Розроблене КРШ-4-65	1,47	1,02	0,69
2	Розроблене КРШ-12-90	1,47	1,02	0,69
3	Серійне КРР-65	1,47	0,6	0,41
4	Серійне МР-45	1,47	0,82	0,56

Висновки:

– діапазон раціональних параметрів корпусу долота-розширювача, що отримано в результаті аналітичних досліджень співпадає з діапазоном отриманим при проведенні стендових досліджень;

– розроблено долота-розширювачі типу КРШ-4-65, КРШ-12-90 у яких збільшено коефіцієнт передачі енергії в 1,23 – 1,68 рази в порівнянні з долотами-розширювачами серійного виготовлення.

П'ятий розділ присвячено дослідно-промисловим випробуванням доліт-розширювачів перфораторного буріння компенсаційних свердловин та обґрунтуванні технології проведення буропідривних робіт.

Дослідно-промислові випробування доліт-розширювачів підтверджено актами та встановлено:

– механічна швидкість буріння в породах міцністю $f = 10 - 12$ за шкалою проф. М. М. Протод'яконова розробленим долотом-розширювачем КРШ-4-65 збільшена в 1,32 рази, а в породах міцністю $f = 15 - 18$ – в 1,33 рази; сумарна

прохідка на долото-розширювач в породах міцністю $f = 10 - 12$ за шкалою проф. М. М. Протод'яконова збільшена в 1,5 рази, а в породах міцністю $f = 15 - 18$ – в 1,55 рази в порівнянні з долотом-розширювачем КРР-65 серійного виготовлення;

– механічна швидкість буріння в породах міцністю $f = 10 - 12$ за шкалою проф. М. М. Протод'яконова розробленим долотом-розширювачем КРШ-12-90 збільшена в 1,1 рази, а в породах міцністю $f = 15 - 18$ – в 1,11 рази; сумарна прохідка на долото-розширювач в породах міцністю $f = 10 - 12$ за шкалою проф. М. М. Протод'яконова збільшена в 1,7 рази, а в породах міцністю $f = 15 - 18$ – в 1,73 рази в порівнянні з долотом-розширювачем МР-45 серійного виготовлення.

В результаті дослідження раціонального паспорта буропідривних робіт встановлено:

– при прохідці горизонтальних виробок перерізом 11 м^2 буровою кареткою порід міцністю $f = 15 - 18$ за шкалою проф. М. М. Протод'яконова, доцільно застосовувати одну компенсаційну свердловину $\varnothing 90$ мм на відстані 250 мм від вибухових шпурів бурінням в дві стадії, при цьому забезпечується збільшення коефіцієнта використання шпuru з 0,92 до 1,0;

– при прохідці горизонтальних виробок перерізом 6 м^2 ручними перфораторами порід міцністю $f = 10 - 12$ за шкалою проф. М. М. Протод'яконова, доцільно застосовувати одну компенсаційну свердловину $\varnothing 65$ мм на відстані 250 мм від вибухових шпурів бурінням в одну стадію, при цьому забезпечується збільшення коефіцієнта використання шпuru з 0,9 до 1,0;

– при прохідці горизонтальних виробок перерізом 16 м^2 самохідною прохідницькою буровою установкою *Boomer S1 D-DH* порід міцністю $f = 15 - 18$ за шкалою проф. М. М. Протод'яконова, доцільно застосовувати одну компенсаційну свердловину $\varnothing 90$ мм на відстані 250 мм від вибухових шпурів бурінням в дві стадії, при цьому забезпечується збільшення коефіцієнта використання шпuru з 0,92 до 0,95.

Сумарний економічний ефект від впровадження результатів досліджень дисертаційної роботи на 6-ти ділянках становить 772000 грн./рік.

Таким чином, результати дослідно-промислових випробувань підтверджують висновки аналітичних та стендових досліджень, що покладенні в основу інженерної методики проектування доліт-розширювачів перфораторного буріння компенсаційних свердловин.

ВИСНОВКИ

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, в якій на основі аналітичних та стендових досліджень вирішена **актуальна наукова задача**, що полягає в обґрунтуванні раціональних параметрів доліт-розширювачів перфораторного буріння компенсаційних свердловин, та встановленні їх впливу на

ефективність передачі хвиль деформацій до руйнуючих елементів долота-розширювача для забезпечення підвищення механічної швидкості буріння; розробленні інженерної методики проектування доліт-розширювачів для буріння компенсаційних свердловин при прохідці гірничих виробок; установленні технологічних параметрів врубу із застосуванням долота-розширювача при бурінні компенсаційних свердловин.

Основні науково-практичні результати роботи.

1. За результатами огляду літературних джерел встановлено, що саме ступінчата форма бурового інструменту є основним фактором зниження механічної швидкості буріння та стійкості інструменту, а на підставі аналітичних, стендових та дослідно-промислових випробувань показано, що основою ефективності технології прохідки з використанням компенсаційних свердловин є якість передачі хвиль деформацій до руйнуючих елементів бурового долота-розширювача.

2. Аналітично визначено, що параметрами, які впливають на процес передачі хвиль деформацій до руйнуючих елементів долота-розширювача є радіус закруглення бічної поверхні корпусу долота-розширювача відносно повздовжньої осі та його довжина, радіус поверхні пазів для видалення шламу та їх кількість, кут нахилу каналів та їх діаметр, кількість промивальних каналів та їх довжина, при зміні значення яких напруження на руйнуючих елементах змінюється за параболічною залежністю.

3. Аналітично та експериментально обґрунтована, розроблена та підтверджена працездатність долота-розширювача для буріння компенсаційних свердловин в стендових та виробничих умовах, конструкція якого захищена патентом на винахід.

4. Встановлено аналітично, що всі корпуси доліт-розширювачів з радіусом $R < 0$ мають зони значних напружень у сполученні конусів бурова штанга – долота-розширювач, що призводить до зниження стійкості інструменту та відбиття хвиль деформацій до 40 %; експериментально встановлено залежності: енергії хвиль деформацій на руйнуючих елементах E від радіуса закруглення бічної поверхні R корпусу та його довжини L , радіуса поверхні пазів r для видалення шламу та їх кількості n , кута нахилу каналів β_K та їх діаметра d_K , кількості промивальних каналів n_K та їх довжини l_K на основі яких розроблено долота-розширювачі, коефіцієнт передачі енергії яких збільшено в 1,23 – 1,68 рази в порівнянні з долотами-розширювачами серійного виготовлення.

5. Експериментально доведено, що величина значення хвиль деформацій на руйнуючих елементах долота-розширювача описується параболічною залежністю, при цьому збільшення ефективності передачі енергії хвиль деформацій до 65 - 70% досягається значенням радіуса закруглення бічної поверхні корпусу від 170 мм до 300 мм та довжини від 75 мм до 95 мм, кількості пазів для видалення шламу від 3 до 5 з радіусом від 42 мм до 57 мм, кутом нахилу промиваль-

них каналів від 39° до 41°, в кількості від 3 до 5, діаметром від 4,5 мм до 5,5 мм та довжиною від 34 мм до 38 мм.

6. Результати виконаного комплексу досліджень знайшли практичне застосування при проведенні дослідно-промислових випробувань бурових доліт-розширювачів, в результаті яких встановлено:

– механічна швидкість буріння в породах міцністю $f = 10 - 12$ за шкалою проф. М. М. Протод'яконова розробленим долотом-розширювачем КРШ-4-65 збільшена в 1,32 рази, а в породах міцністю $f = 15 - 18$ – в 1,33 рази; сумарна прохідка на долото-розширювач в породах міцністю $f = 10 - 12$ за шкалою проф. М. М. Протод'яконова збільшена в 1,5 рази, а в породах міцністю $f = 15 - 18$ – в 1,55 рази в порівнянні з долотом-розширювачем КРР-65 серійного виготовлення;

– механічна швидкість буріння в породах міцністю $f = 10 - 12$ за шкалою проф. М. М. Протод'яконова розробленим долотом-розширювачем КРШ-12-90 збільшена в 1,1 рази, а в породах міцністю $f = 15 - 18$ – в 1,11 рази; сумарна прохідка на долото-розширювач в породах міцністю $f = 10 - 12$ за шкалою проф. М. М. Протод'яконова збільшена в 1,7 рази, а в породах міцністю $f = 15 - 18$ – в 1,73 рази в порівнянні з долотом-розширювачем МР – 45 серійного виготовлення;

– застосування розробленого паспорта БПР із використанням доліт-розширювачів для буріння компенсаційних свердловин дозволило підвищити коефіцієнт використання шпуру з 0,9 до 1,0; витрати вибухової речовини для порід середньої міцності $f = 10 - 12$ зменшені в 1,07 рази, а для міцних порід $f = 15 - 18$ – в 1,1 рази; загальні витрати на 1 цикл прохідки вибою знижені на 7,45 % для порід середньої міцності $f = 10 - 12$, а для міцних $f = 15 - 18$ – на 7,84 %; сумарний економічний ефект від впровадження результатів досліджень дисертаційної роботи становить 772000 грн./рік.

Наукові результати і положення дисертації опубліковані в 20 друкованих роботах, основні з яких:

1. Громадский А. С. Исследование и прогнозирование износа штыревых коронок-расширителей для бурения компенсационных шпуров и скважин в крепких породах / А. С. Громадский, А. А. Хруцкий, В. Г. Бобырь, Д. И. Кузьменко // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: Горная книга. – 2016. – №7. – С. 24 – 31.

2. Караманиц Ф. И. Создание и исследование новых коронок для бурения компенсационных шпуров и скважин в скальных породах / Ф. И. Караманиц, А. С. Громадский, Д. И. Кузьменко // Горное оборудование и электромеханика. – М.: Новые технологии. – 2016. – №3. – С. 7 – 13.

3. Громадский А. С., Обоснование конструктивных параметров штыревых коронок для бурения ручными перфораторами шпуров увеличенного диаметра / А. С. Громадский, Д. И. Кузьменко // Вісник Криворізького національного університету: зб. наук. праць. – Кривий Ріг. – 2012. Вип. 31 – С. 177 – 180.

4. Афанасьев В. Д. Исследование прохождения ударного импульса через буровой инструмент / В. Д. Афанасьев, А. С. Громадский, Д. И. Кузьменко // Гірничий вісник Криворізького національного університету: зб. наук. праць. – Кривий Ріг. – 2013. Вип. 96 – С. 267 – 270.

5. Афанасьев В. Д. Закономерности распределения напряжений в буровом инструменте / В. Д. Афанасьев, А. С. Громадский, Д. И. Кузьменко // Гірничий вісник Криворізького національного університету: зб. наук. праць. – Кривий Ріг. – 2014. Вип. 97 – С. 94 – 96.

6. Кузьменко Д. И. Динамические процессы в буровом долоте-расширителе для бурения компенсационных скважин / Д. И. Кузьменко // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Динаміка і міцність машин – Харків. – 2017. Вип. 39 – С. 27 – 31.

7. Пат. 2620186 Российская Федерация. Способ бурения компенсационных скважин / А. С. Громадский, Ф. И. Караманиц, Д. И. Кузьменко; заявитель и патентообладатель А.С. Громадский. – № 201451306; заявл. 17.12.2014; опубл. 23.05.2017, Бюл. № 15.

8. Пат. на корисну модель № 95502, Україна, МПК (2014.01) E21B 7/00. Спосіб буріння компенсаційних свердловин / А.С. Громадський, Д.І. Кузьменко, Ф.І. Караманиць; заявл. 10.07.2014; опубл. 25.12.2014, Бюл. № 24. – 8 с.

9. Громадский А. С. Буровой инструмент для формирования шпуровых зарядов повышенной емкости / А. С. Громадский, Д. И. Кузьменко // Проблемы недропользования: международный форум-конкурс студентов и молодых ученых, 24-26 апр. 2012 г., Санкт-Петербург, национальный минерально-сырьевой университет «Горный»: сб. наук. трудов. – 2012. – С. 171 – 174.

10. Громадский А. С. Новая технология проведения подэтажных горизонтальных выработок / А. С. Громадский, Б. И. Римарчук, Д. И. Кузьменко // Гірничий вісник Криворізького національного університету: зб. наук. праць. – 2015. Вип. 99 – С. 99 – 104.

11. Громадский А. С. Разработка штыревых коронок для бурения компенсационных скважин / А. С. Громадский, Д. И. Кузьменко // Гірничий вісник Криворізького національного університету: зб. наук. праць. – 2017. Вип. 102 – С. 176 – 180.

12. Громадський А. С. Математичне моделювання проходження ударного імпульсу через бурове долото / А. С. Громадський, Д. І. Кузьменко // П'ята всеукраїнська науково-технічна конференція студентів, аспірантів і молодих вчених «молодь: наука та інновації» – 2017: матеріали конференції, м. Дніпро, 28 – 29 лист. 2017. – Дніпро, 2017. – С. 11 – 12.

Особистий внесок здобувача в роботи, опубліковані в співавторстві:
[1] – розроблення методики дослідження зносу бурового інструменту; [2, 10 – 12] – планування та проведення промислових випробувань; [3] – обґрунтовано раціональні конструктивні параметри інструменту для буріння компенсаційних

свердловин; [4 – 6, 9] – моделювання поширення ударного імпульсу крізь буровий інструмент; [7, 8] – розробка суттєвих ознак винаходу.

АНОТАЦІЯ

Кузьменко Д. І. Обґрунтування раціональних параметрів доліт-розширювачів перфораторного буріння компенсаційних свердловин. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.10 – Буріння свердловин. – Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, 2018.

На підставі аналізу та узагальнення аналітичних і стендових досліджень доведено, що наявність ступінчатої зміни поперечного перерізу корпусу долота-розширювача та в його сполученні зі штангою є головним чинником зниження механічної швидкості буріння компенсаційних свердловин і нетривалого терміну служби бурового інструменту. Визначено шляхи підвищення механічної швидкості буріння та продуктивності праці, серед яких найбільш ефективним є підвищення ступеня передачі хвиль деформацій до руйнуючих елементів бурового долота-розширювача за рахунок зміни геометрії його корпусу та вибором раціональних конструктивних параметрів.

На підставі отриманих досліджень розроблено та обґрунтовано нову конструкцію бурового долота-розширювача на рівні винаходу. Проведені дослідно-промислові випробування підтвердили достовірність результатів, встановлених при моделюванні та стендових дослідженнях; обґрунтовано технологію проведення буропідривних робіт.

Ключові слова: долото-розширювач, механічна швидкість буріння, хвилі деформацій, компенсаційна свердловина, ступінчата зміна поперечного перерізу корпусу.

АННОТАЦИЯ

Кузьменко Д. И. Обоснование рациональных параметров долот-расширителей перфораторного бурения компенсационных скважин. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.15.10 – Бурение скважин. – Национальный технический университет «Днепро́вская политехника», г. Днепр, 2018.

Диссертация посвящена решению актуальной научной задачи, которая заключается в обосновании рациональных параметров долот-расширителей перфораторного бурения компенсационных скважин и установлению их влияния на эффективность передачи волн деформации к разрушающим элементам долота-расширителя для обеспечения повышения механической скорости бурения; разработке инженерной методики проектирования долот-расширителей для бурения компенсационных скважин при проходке горных выработок; установле-

нии технологических параметров врубов с использованием долота-расширителя при бурении компенсационных скважин.

На основании анализа и обобщения аналитических и стендовых исследований доказано, что наличие ступенчатого изменения поперечного сечения корпуса долота-расширителя, и в его соединении с штангой, является главным фактором снижения механической скорости бурения компенсационных скважин и непродолжительного срока службы бурового инструмента. Определены пути повышения механической скорости бурения и производительности труда, среди которых наиболее эффективным является повышение степени передачи волн деформаций к разрушающим элементам бурового долота-расширителя за счет изменения геометрии его корпуса и выбором рациональных конструктивных параметров.

Аналитическими исследованиями, изучено передачу волн деформаций через буровой инструмент. Рассмотрено влияние геометрии долота-расширителя на передачу волн деформации, определены сочетания исследуемых конструктивных элементов, обеспечивающих отсутствие зон повышенного напряжения, препятствующие распространению волн деформаций.

Определено, что параметрами, которые влияют на процесс передачи волн деформаций к разрушающим элементам долота-расширителя являются радиус закругления боковой поверхности корпуса долота-расширителя относительно продольной оси и его длина, радиус поверхности пазов для удаления шлама и их количество, угол наклона каналов и их диаметр, количество промывочных каналов и их длина, при изменении значения которых напряжение на разрушающих элементах изменяется по параболической зависимости.

Установлено аналитически, что все корпуса долот-расширителей с радиусом $R < 0$ имеют зоны значительных напряжений в соединении конусов буровая штанга – долото-расширитель, это приводит к снижению стойкости инструмента и отражению волн деформаций до 40%; экспериментально установлено зависимости: энергии волн деформаций на разрушающих элементах E от радиуса закругления боковой поверхности R корпуса и его длины L , радиуса поверхности пазов r для удаления шлама и их количества n , угла наклона каналов β_k и их диаметра d_k , количества промывочных каналов n_k и их длины l_k , на основе которых разработаны долота-расширители, коэффициент передачи энергии которых увеличен в 1,23 – 1,68 раза по сравнению с долотами-расширителями серийного изготовления.

Экспериментально доказано, что величина значения волн деформаций на разрушающих элементах долота-расширителя описывается параболической зависимостью, при этом увеличение эффективности передачи энергии волн деформаций до 65 – 70% достигается значением радиуса закругления боковой поверхности корпуса от 170 мм до 300 мм и длиной от 75 мм до 95 мм, количества пазов для удаления шлама от 3 до 5 с радиусом от 42 мм до 57 мм, угла наклона

промывочных каналов от 39° до 41°, в количестве от 3 до 5, диаметром от 4,5 мм до 5,5 мм и длиной от 34 мм до 38 мм.

На основании полученных исследований разработана и обоснована новая конструкция бурового долота-расширителя перфораторного бурения компенсационных скважин на уровне изобретения. Использование разработанных экспериментальных долот-расширителей и разработанного рационального паспорта буровзрывных работ позволило получить улучшенные технико-экономические показатели проходки по сравнению со стандартным способом.

Коэффициент использования шпура (КИШ) увеличен с 0,9 до 1,0, а проходка забоя после взрыва с 1,85 м до 2,0 м; суммарный экономический эффект от внедрения результатов исследований по диссертационной работе составляет 772000 грн./год.

Ключевые слова: долото-расширитель, механическая скорость бурения, волны деформаций, компенсационная скважина, ступенчатое изменение поперечного сечения корпуса.

ABSTRACT

Kuzmenko D.I. Substantiation of efficient rimming bit parameters for perforating drilling compensation blastholes. – Manuscript.

Thesis for a Candidate Degree in Technical Science, speciality 05.15.10 – Drilling of holes. – National Technical University «Dnipro Polytechnic», Dnipro, 2018.

Based on the analysis and generalization of analytical and bench studies, it has been proved that the presence of a stepped change in the cross-section of the shell of the rimming bit, and in its combination with the rod, is a major factor in reducing the mechanical speed of the drilling of the compensating wells and the short life of the drilling tool. The ways of increasing the mechanical speed of drilling and productivity are determined, among which the most effective is to increase the degree of transmission of waves of deformation to the destructive elements of the rimming bit due to changes in the geometry of its body and the choice of rational structural parameters.

On the basis of the received researches, a new structure of the rimming bit extender at the inventive level has been developed and substantiated. The conducted experimental-industrial tests have confirmed the reliability of the results established during modeling and bench studies.

Keywords: rimming bit, mechanical drilling rate, compensation borehole, waves of deformations, step change in cross-section of the body.

КУЗЬМЕНКО Дмитро Іванович

**Обґрунтування раціональних параметрів доліт-розширювачів
перфораторного буріння компенсаційних свердловин**

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю 05.15.10 – Буріння свердловин.

Підписано до друку 21.06.2018 р.
Формат 60x84/16. Ум. др. арк. – 1,28. Авт. арк. – 0,9.
Тираж – 100 пр.

Друкарня С. Г. Щербенка «Літерія»
вул. Рокосовського, 5/3, м. Кривий Ріг, 50027
тел. 097-192-20-77

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4561 від 13.06.2013 р.