

**Міністерство освіти і науки України  
Національний гірничий університет**

**ЛАБІНСЬКИЙ Костянтин Миколайович**

УДК 622.268.1:622.236.4:622.235.3

**ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ШПУРОВИХ ЗАРЯДІВ, КОТРІ  
ЗАБЕЗПЕЧУЮТЬ ПІДВИЩЕННЯ ШВИДКОСТІ СПОРУДЖЕННЯ  
ГІРНИЧИХ ВИРОБОК**

Спеціальність 05.15.04 - “Шахтне і підземне будівництво”

**АВТОРЕФЕРАТ**  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

**Дніпропетровськ – 2004**

## Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі “Будівництво шахт і підземних споруд” Донецького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України

**Науковий керівник:** доктор технічних наук, професор

**ШЕВЦОВ Микола Романович**, завідувач кафедрою “Будівництво шахт і підземних споруд” Донецького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України

**Офіційні опоненти:**

доктор технічних наук, старший науковий співробітник **ПЕТРЕНКО Володимир Дмитрович**, завідувач кафедри “Тунелі, основи і фундаменти” Державного технічного університету залізничного транспорту Міністерства освіти і науки України (м. Дніпропетровськ)

кандидат технічних наук, доцент

**УСІК Ігор Іванович**, професор кафедри “Будівельні геотехнології та геомеханіка” Національного гірничого університету Міністерства освіти і науки України (м. Дніпропетровськ)

Провідна установа - **Донбаський державний технічний університет**, кафедра “Будівельні геотехнології і гірничі споруди” Міністерства освіти і науки України (м. Алчевськ).

Захист дисертації відбудеться 17 грудня 2004 р. о 12<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.080.04 при Національному гірничому університеті Міністерства освіти і науки України (49027, Україна, м. Дніпропетровськ - 27, просп. К.Маркса, 19).

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Національного гірничого університету Міністерства освіти і науки України (49027, Україна, м. Дніпропетровськ - 27, просп. К.Маркса, 19).

Автореферат розісланий “ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2004 р.

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради,  
кандидат технічних наук, доцент



О.В. Солодянкін

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** У загальному комплексі будівництва й реконструкції сучасних шахт значну частину всього обсягу робіт займає проведення горизонтальних і похилих гірничих виробок. Необхідне відновлення шахтних фондів в умовах нових ринкових відносин вимагає поряд з підвищенням темпів будівництва зниження його собівартості.

З підвищенням глибини ведення робіт також ускладнюються умови проведення виробок, зокрема підвищується міцність гірських порід і зростає кількість метану, що виділяється в рудничну атмосферу. Найпоширенішим способом руйнування порід залишається буропідривний, а наявність метану й вибухового вугільного пилу обумовлює використання запобіжних вибухових речовин. Але з підвищенням рівня запобіжності ВР знижується їх потенційна енергія вибуху, що приводить до зниження коефіцієнта використання шпурів, а отже, до зниження темпів проведення гірничих виробок.

Аналіз ведення підривних робіт показує, що перспективним напрямком підвищення ефективності буропідривної технології є використання донної набійки шпурів. Теоретичне узагальнення й розробка технологічних рішень щодо її впровадження є актуальною науково-технічною задачею.

**Зв'язок роботи з науковими програмами й темами.** Тема дисертації належить до тієї частини основних наукових напрямків кафедри БШ і ПС ДонНТУ що стосується розробки ефективних і безпечних рішень буропідривної технології проведення горизонтальних і похилих виробок і відбита в техзвітах держбюджетних тем Г-10-2000 і Н-6-2000, де автор дисертації був відповідальним виконавцем.

**Ціль роботи** полягає в підвищенні швидкості проведення гірничих виробок шляхом розробки ефективної конструкції шпурових зарядів.

**Ідея роботи** полягає у використанні донної набійки, що приводить до перерозподілу енергії вибуху в донній частині шпуру перпендикулярно його осі для підвищення ефективності буропідривних робіт.

**Об'єкт дослідження** – процес руйнування гірських порід при проведенні виробок за буропідривною технологією.

**Предмет дослідження** – конструкція шпурового заряду з використанням донної набійки.

### **Основні задачі досліджень:**

- провести теоретичні й експериментальні дослідження взаємодії продуктів детонації й донної набійки й установити механізм руйнуючої дії донної набійки;
- установити методику розрахунку ефективних параметрів донної набійки, при яких забезпечується максимальна ефективність її використання;
- розробити технологічні регламенти для проведення гірничих виробок за бу-

ропідривною технологією із застосуванням донної набійки;

- провести промислові випробування використання донної набійки при буропідривній технології проведення гірничих виробок, визначити рівень ефективності й перспективи її застосування.

**Методи досліджень:** для досягнення поставленої в роботі мети за методичну основу прийнятий комплексний підхід, що включає науково-технічне узагальнення результатів взаємодії продуктів детонації із набійкою шпурів, лабораторні й шахтні дослідження взаємодії продуктів детонації й набійки, розробку механізму її дії, промислову апробацію параметрів донної набійки, техніко-економічний аналіз її застосування.

**Основні наукові положення й результати, які виносяться на захист:**

1. Механізм двостадійної дії донної набійки полягає в перерозподілі енергії вибуху з осьового напрямку в радіальний при зіткненні набійки з продуктами детонації, що викликає її розклинення в зоні імпульсу контактної сили й у зоні гідроудару, причому між цими зонами розташовується неробоча зона, що дозволяє сформулювати принцип розрахунку ефективної довжини донної набійки за рахунок виключення неробочої зони набійки.

2. Відношення довжин зон розклинення й гідроудару визначається параметром пропорційності, що нелінійно залежить від щільностей продуктів вибуху у фронті детонаційної хвилі й матеріалу донної набійки, при рівності яких він приймає своє максимальне значення, рівне одиниці, що дозволяє одержати максимальну ефективність підривних робіт за рахунок використання донної набійки.

**Наукова новизна отриманих результатів:**

1. Уперше розкритий механізм двостадійної дії донної набійки, згідно якого продукти детонації заряду вибухової речовини на стадії конденсованого стану спричиняють її розклинення й виникнення радіальних напружень, що руйнують породу перпендикулярно осі шпуру, а ударна хвиля, що йде по набійці до вибою шпуру, відбивається від перешкоди й здійснює ефект гідроудару з подвоєнням тиску на границі середовищ «набійка - масив».

2. Уперше встановлено, що довжина зони розклинення нелінійно залежить від радіуса точки сполучення, щільності продуктів детонації і матеріалу донної набійки.

3. Уперше встановлено, що довжина зони гідроудару визначається параметром пропорційності між нею й довжиною зони розклинення, що нелінійно залежить від щільності продуктів детонації ВР і щільності матеріалу заповнювача донної набійки, і приймає своє максимальне значення  $k=1$  при рівності цих щільностей.

**Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій роботи** підтверджена: коректністю застосування фундаментальних положень фізики вибуху й гідравліки до досліджуваних процесів; лабораторними

дослідженнями механізму взаємодії продуктів детонації із набійкою з використанням стандартного устаткування (стандартний балістичний маятник для визначення бризантності); задовільною збіжністю експериментальних і розрахункових даних і позитивними результатами дослідно-промислової перевірки параметрів донної набійки при проведенні виробок за буропідливною технологією.

**Наукове значення роботи** полягає у встановленні закономірностей взаємодії донної набійки із продуктами детонації й в обґрунтуванні ефективних її параметрів для підвищення коефіцієнту використання шпурів (КВШ) при проведенні виробок за буропідливною технологією.

**Практичне значення роботи:** встановлений механізм руйнуючої дії донної набійки, розроблена методика розрахунку параметрів донної набійки; розроблені й впроваджені технологічні регламенти проведення виробок за буропідливною технологією з використанням донної набійки; забезпечене застосуванням розробленої технології підвищення КВШ до 0,95..1,00, що перевищує нормативні показники на 5..20%.

**Реалізація висновків і рекомендацій роботи.** Рекомендації й методика розрахунку параметрів донної набійки використані при проходці виробок за буропідливною технологією в шахтоуправлінні ім. О.О. Скочинського. Завдяки впровадженій технології швидкісні темпи проходження вентиляційного ходка на ш/у ім. О.О. Скочинського зросли на 7%, а отриманий економічний ефект склав 39 грн/м.

Наукові й практичні результати роботи використовуються в навчальному процесі при підготовці фахівців гірничого профілю.

**Особистий внесок автора** полягає в постановці задач дослідження, математично-статистичній обробці результатів експериментальних і лабораторних досліджень, у розробці нового підходу щодо розрахунку параметрів донної набійки, у постановці й проведенні дослідно-промислової перевірки технології в умовах шахти «Червоноармійська-Західна» й впровадженні результатів дисертації в практику прохідницьких робіт ш/у ім. О.О. Скочинського.

**Апробація роботи.** Основні положення роботи і результати її окремих етапів обговорювалися й були схвалені на IX міжнародній науково-технічній конференції „Машиностроение и техносфера XXI века” (Севастополь, 2002 р.), міжнародній студентській науково-технічній конференції „Совершенствование технологии строительства шахт и подземных сооружений” (ДонНТУ, 2004 р.), міжнародній науково-технічній конференції „Шахтное и подземное строительство” (ДонНТУ, 2004 р.) і на розширеному засіданні кафедри БШ і ПС ДонНТУ (2004 р.).

**Публікації.** Основні положення дисертаційної роботи опубліковані в 6 друкованих роботах, з яких 5 - у провідних фахових виданнях й 1 - у збірниках матеріалів науково-практичних конференцій.

**Структура й обсяг дисертації.** Дисертація містить вступ, 4 розділи й ви-

води, 44 рисунка, 3 таблиці, список літературних джерел з 115 найменувань, 7 додатків. Робота викладена на 114 сторінках машинописного тексту, загальний обсяг - 170 сторінок.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

**Розділ 1.** З огляду на актуальність завдання забезпечення України власним вугіллям різної якості, намічено довести загальний видобуток вугілля в Україні в 2030 році до 120 млн. т, що підтверджує важливість будівництва нових і реконструкції діючих шахт. Одним з основних компонентів у цих завданнях є спорудження горизонтальних і похилих гірничих виробок для своєчасної підготовки нових обріїв. Практика показує, що проведення горизонтальних і похилих гірничих виробок є найбільш об'ємною ланкою в їхньому будівництві. Основною технологією проведення гірничих виробок як і раніше залишається буропідризна.

В умовах наявності виділення метану у виробках, які проводяться, єдиним засобом забезпечення безпеки ведення підризних робіт є використання запобіжних вибухових речовин IV-VI класу. Але працездатність цих вибухових речовин в умовах високої міцності порід, по яких проводяться виробки на шахтах Донбасу, не забезпечує належної ефективності ведення підризних робіт (коефіцієнт використання шпурів у більшості випадків лежить у діапазоні 0,8..0,9). Тому на даний час актуальною є задача підвищення ефективності ведення підризних робіт без зниження безпеки.

Великий внесок у дослідження механізму руйнування порід вибухом і розробку методів керування енергією вибуху внесли академіки АН СРСР М.А. Лаврентьєв, М.В. Мельников, М.А. Садовський, Е.І. Шемякін, член-кореспондент АН УРСР Е.Г. Єфремов, професори Є.Г. Баранов, Л.І. Барон, Ф.А. Белаєнко, О.Е. Уласов, А.А. Вовк, М.М. Докучаєв, Г.П. Демидюк, М.Ф. Друкований, В.Ф. Клаптиков, В.І. Комащенко, В.М. Комир, Б.М. Кутузов, Ф.І. Кучерявий, Е.О. Мінделі, Г.І. Покровський, В.М. Родіонов, П.Й. Федоренко, А.М. Ханукаєв, В.Д. Петренко, І.І. Усік та інші.

Сучасний стан буропідризних робіт характеризується значним прогресом, що досягнутий у результаті застосування комплексних заходів, які включають надійні й ефективні засоби керування дією вибуху й наукові основи розрахунку їхніх основних параметрів, значний внесок у розвиток яких внесли провідні вітчизняні й закордонні фахівці гірничої справи в таких наукових центрах як: Національний гірничий університет, Інститут гідромеханіки НАН України (м. Київ), Криворізький технічний університет, Кременчуцький Державний політехнічний університет, МакНДІ, ДонНТУ, ДонВугІ, Донбаський державний технічний університет, ІГТМ НАН України, Московський Державний гірничий університет, ІГТ ім. О.О. Скочинського й ін.

Але розроблені рекомендації не можуть повною мірою забезпечити ефективність і безпеку засобів ведення підривних робіт на глибоких горизонтах шахт Донбасу через велике розходження гірничо-геологічних (міцність, зводненість, викидонебезпечність порід і т.і.) і гірничо-технічних умов проведення гірничих виробок (перетин виробки, тип і довжина набійки й шпурів, конструкція шпурових зарядів, тип ВР і т.д.).

Одним з передових засобів підвищення ефективності ведення підривних робіт є гідровисадження. Розробкою теоретичних основ гідровисадження займалися ряд учених, серед яких Ф.А. Баум, К.П. Станюкович, Б.И. Шехтер, Р Коул, Ю.С. Яковлев, С.О. Калякін та інші. Гідровисадження має ряд переваг у порівнянні зі звичайним висадженням на вугільних шахтах, які розробляють шари, небезпечні по викидам вугілля й газу, тому що при його здійсненні різко зростає ефективність вибуху (збільшується коефіцієнт використання шпурів і знижується питома витрата ВР) і безпека підривних робіт (різко знижується пилоутворення й виділення в шахтну атмосферу отрутних газів вибуху й газів, які утворюються при руйнуванні гірничого масиву, а значить знижується ймовірність вибуху метану й вугільного пилу, а також раптового викиду вугілля й газу).

Але, не зважаючи на високу ефективність і безпеку гідровисадження, ця технологія руйнування гірського масиву широкого використання не одержала. Основними причинами, які перешкоджають її впровадженню, є відсутність промислових вибухових речовин, які здатні перебувати у воді під її надлишковим тиском, а також відсутність яких-небудь закономірностей, які описують механізм гідровисадження, і залежностей, що впливають із нього, які дозволяють оцінити ефективність дії вибуху заряду ВР у гірській породі, а також, розрахувати паспорт буропідривних робіт - розробити конструкцію заряду, визначити кількість шпурів на вибій і розрахувати схему їхнього розташування. Тому на даному етапі для підвищення ефективності буропідривних робіт застосовують донно-патроновану набійку - окремий випадок гідровисадження - висадження, при якому водонасичена система (у граничному варіанті - вода) примикає до торця заряду ВР. Разом з тим, механізм дії донної набійки в шпурі при вибуху дотепер недостатньо зрозумілий, як і сам механізм гідровисадження.

З урахуванням вище зазначеного необхідне встановлення механізму дії донної набійки, розробка методики розрахунку її параметрів і розробка технологічних регламентів проведення гірничих виробок за буропідривною технологією з її використанням, які дозволять підвищити ефективність проведення виробок у складних умовах шахт Донбасу без зниження безпеки.

**Розділ 2.** Для встановлення механізму дії донної набійки необхідно провести ряд лабораторних досліджень, що дозволяють установити процеси, що протікають у набійці при взаємодії із продуктами детонації, і фактори, що впливають на протікання цих процесів.

На першому етапі досліджень планувалось встановити характер взаємодії продуктів детонації з донною набійкою. На другому етапі планувалось визначити вплив довжини донної набійки і наявності зазору між нею й стінками шпуру на процеси, що протікають у донній набійці. На третьому етапі планувалось встановити вплив фізичних властивостей заповнювача донної набійки при незмінній її щільності. І наприкінці лабораторних досліджень, на четвертому етапі, планувалось визначити вплив щільності матеріалу набійки на процеси, що протікають у шпурі при її взаємодії із продуктами детонації. Виконання цих етапів дозволяє отримати загальну уяву про процеси, що протікають в донній набійці при її взаємодії зі шпуровим зарядом.

На першому етапі для одержання якісної картини взаємодії продуктів детонації з донною набійкою було проведено три серії лабораторних експериментів у буропідривної лабораторії ДонНТУ, де вивчався характер взаємодії продуктів детонації з вільно розташованою набійкою. Для цього в центрі камери підвішували патрон ВР і прикріплювали до його торця ампули набійки різної довжини. Для виготовлення набійки використовувалися стандартні поліетиленові ампули зі зворотнім клапаном діаметром 37 мм і довжиною 350 мм, які використовуються у вугільних шахтах Донбасу. Для одержання різних довжин ампул набійки їх перев'язували на необхідній відстані бавовняною ниткою. Заряд вибирався таким, щоб, з одного боку, він був подовженим (довжина не менш чим у три рази більше діаметра патрона), а з іншого боку, його маса не перевищувала б припустиму для одночасного висадження в камері лабораторії величину. Таким чином, був обраний заряд амоніта Т-19 масою 80 грамів, довжиною - 150 мм, діаметром - 23 мм). У першій серії експериментів довжина ампули складала 120мм, у другій серії - 190 мм, і в третій- 280 мм. Результати вибуху реєструвалися на нерухому плівку.

Результати лабораторних випробувань показали, що при зіткненні продуктів детонації й набійки відбувається зміна напрямку розльоту продуктів детонації з осьового на радіальний, а також відбувається розклинення набійки, що підтверджується характерними рисами руйнування частини набійки, що перебувала поруч із патроном ВР. При цьому довжина розклинення рівнялася: 26...28 мм при довжині ампули 120 мм; 28...30 мм при довжині ампули 190 мм; 31...33 мм при довжині ампули 280 мм.

Також вивчався вплив твердої перешкоди (моделювання дна шпуру) впригол із набійкою на характер розльоту продуктів детонації. Використовувалися такі ж заряди, як і на першому етапі досліджень, і ампули набійки довжиною 120 й 190 мм. Ампули опиралися на тверду опору з бетонного блоку. З результатів випробувань видно, що крім зміни напрямку розльоту продуктів детонації з осьового на радіальний на стику із ВР, зростає розліт продуктів детонації у зворотному напрямку при зменшенні довжини набійки. Це можна пояснити явищем відбиття ударної хвилі, що йде по набійці, від твердої перешкоди на границі „набійка – жо-



рстка перешкода”: при цьому ударна хвиля відбивається від перешкоди й продовжує рух у радіальному й зворотньому напрямках. Чим довше набійка, тим сильніше ударна хвиля загасає й тим менша її енергія після відбиття. Крім того, при наявності твердої перешкоди незалежно від довжини набійки довжина розклинення залишалася незмінною й становила 32...35 мм.

На другому етапі досліджень для вивчення впливу довжини донної набійки й зазору між донною набійкою й стінками шпуру на процеси, які протікають у набійці, було проведено чотири серії лабораторних досліджень із використанням стандартного балістичного маятника для визначення бризантності ВР. Донна частина шпуру моделювалася за допомогою металевої труби із внутрішнім діаметром 40 мм, що є максимально наближеним до реальних умов значенням при проведенні виробок по буропідривній технології в частині стандартних діаметрів шпурв. Вона має властивість змінювати розміри при дії навантажень, що дозволяє стежити за процесами, що виникають у донній набійці при взаємодії із продуктами детонації. Маса заряду підбиралася експериментально, виходячи з наступних позицій: по-перше, заряд повинен бути подовженим (довжина становить не менш трьох діаметрів заряду); по-друге, його величина не повинна приводити до руйнування сталеві труби; по-третє, маса заряду повинна забезпечувати достатню для контролю зміну діаметра при виникненні радіальних навантажень. Виходячи із цього маса заряду була прийнята рівною 40 грамів, довжина - 75 мм, діаметр – 23 мм. Для імітації знаходження набійки в шпурі одну сторону труби перекривали мембраною з поліетилену, потім заповнювали трубу водою й герметизували трубу з іншої сторони такою ж мембраною з поліетилену. Товщина мембрани становила 80..120 мкм. У трубу не доливали воду на обсяг, що рівняється обсягу повітряної

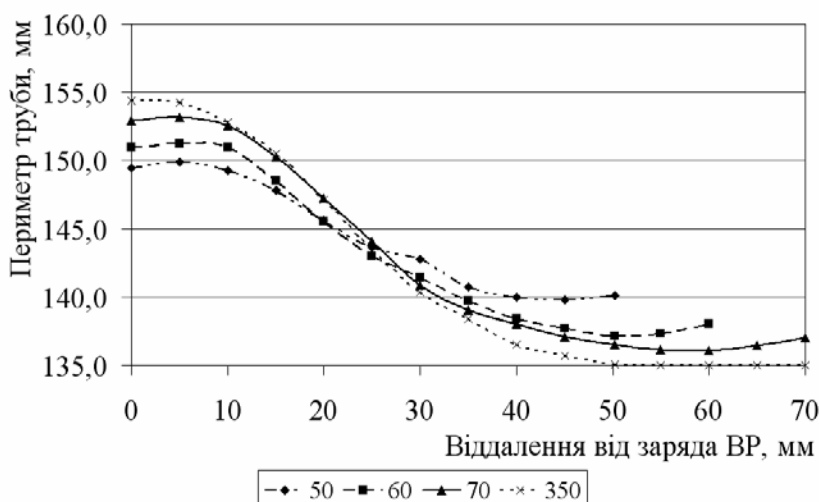


Рис. 1. Середні значення зміни периметра труб довжиною 50,60,70 й 350 мм, заповнених водою, на відстані від 0 до 70 мм під дією вибуху заряду ВР

порожнини, утвореної через розходження в діаметрах шпуру й набійки в 3..5 мм. За допомогою цього імітувався зазор між стінками шпуру й набійки.

Кожна серія експериментів проводилася для різних довжин труб: 50 мм, 60 мм, 70 мм й 350 мм. Результати середніх змін периметрів труб по їхній довжині зображені на рис. 1 і рис. 2.

Як видно з результатів експериментів,

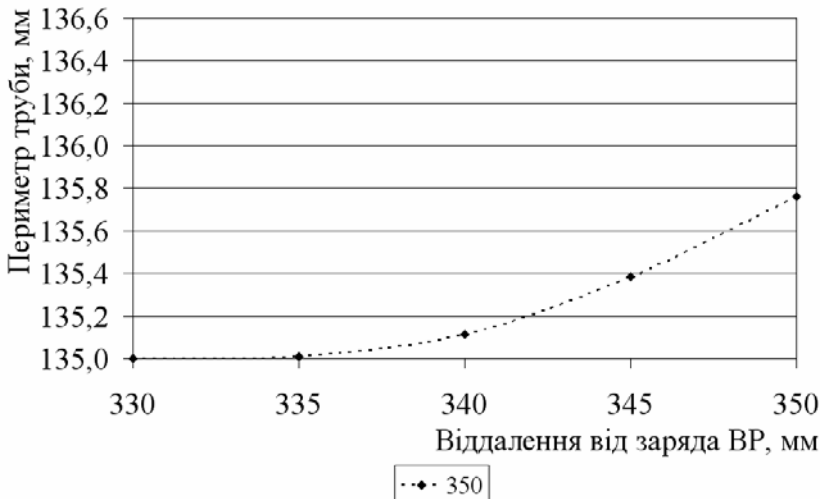


Рис. 2. Середні значення зміни периметра труб довжиною 350 мм, заповнених водою, на відстані від 330 до 350 мм, під дією вибуху заряду ВР

биття ударної хвилі проявляється в зоні 20 мм від дна шпуру). Таким чином, при великій довжині набійки є її частина, що „не працює” в радіальному напрямку.

На третьому етапі досліджень для перевірки впливу окремих фізичних властивостей матеріалу заповнювача донної набійки на процеси, що протікають у ній, було проведено дві серії лабораторних досліджень.

Перша серія експериментів була присвячена вивченню впливу поверхневого натягу, а друга серія - для вивчення впливу в'язкості заповнювача донної набійки на характер перерозподілу енергії вибуху в радіальному напрямку при взаємодії продуктів детонації із набійкою. Для одержання рідини з низьким значенням коефіцієнта поверхневого натягу до води додавалося 5% по масі поверхнево активної речовини (порошок „Лотос”), а для створення в'язкої системи до води додавався клей Na-КМЦ (5% по масі). Результати зміни периметрів труб залежно від відстані від ВР зображені на рис. 3, 4 й 5.

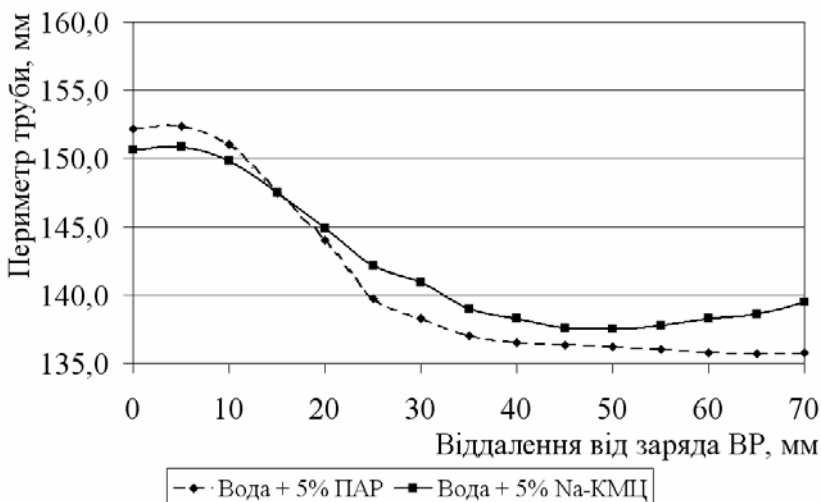


Рис. 3. Середні значення зміни периметра труб довжиною 70 мм із різними фізичними характеристиками заповнювача під дією вибуху заряду ВР

явно виражена зона розклинення проявляється на довжині від 0 до 25...30 мм. Також лабораторні експерименти показали, що з віддаленням від границі „ВВ - набійка” розширення труб на границі „набійка - жорстка перешкода” зменшується. Крім того, у трубі довжиною 350 мм розширення не відбувалося в зоні між 70 мм й 330 мм (вплив розклинення проявляється на перших 70 мм, а дія відбиття ударної хвилі від твердої перешкоди. При взаємодії продуктів детонації із в'язкою системою зміна периметра в зоні розклинення менше ніж у

Як видно з результатів експериментів, розклинення систем з поверхневим натягом близьким нулю більш інтенсивне, але зона його дії менше, а також менше розширення в донній частині труб при відбитті ударної хвилі від твердої перешкоди. При взаємодії продуктів детонації із в'язкою системою зміна периметра в зоні розклинення менше ніж у

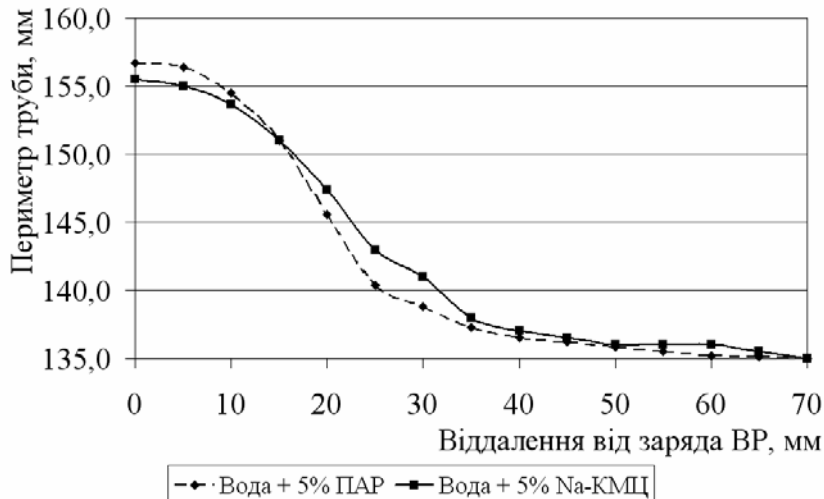


Рис. 4. Середні значення зміни периметра труб довжиною 350 мм на відрізку від 0 до 70 мм із різними фізичними характеристиками заповнювача під дією вибуху заряду ВР

продуктів детонації з найпоширенішими водомісткими набієчними матеріалами із щільністю, близькою щільності продуктів детонації в детонаційному фронті: піщано-глинистою набійкою й пластичною набійкою ПЗМ-3. При проведенні досліджень вивчався вплив щільності заповнювача набієчних матеріалів на ефективність дії набійки. Тому дослідження проводилися із чотирма типами сумішей: піщано-глиниста набійка зі вмістом води 12% (стандартна суміш); піщано-глиниста набійка зі вмістом води 20%; піщано-глиниста набійка зі вмістом води 30%; ПЗМ-3. Щільність сумішей рівнялася 1510, 1560, 1600 й 1700 кг/м<sup>3</sup> відповідно.

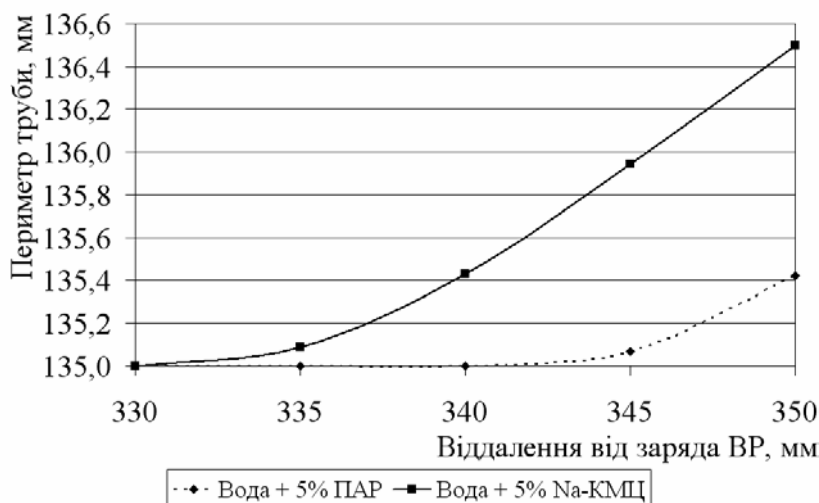


Рис. 5. Середні значення зміни периметра труб довжиною 350 мм на відрізку від 330 до 350 мм із різними фізичними характеристиками заповнювача під дією вибуху заряду ВР

води, але зона дії трохи більше. Також більше розширення периметра в донній частині труби. Також видно, що довжина зони зміни периметра в донній частині більше при використанні в'язких систем порівняно з іншим заповнювачем.

При довжині труби 350 мм знову спостерігається „непрацююча зона” на відрізку від 70 до 330 мм.

На четвертому етапі вивчалася взаємодія продуктів детонації з найпоширенішими водомісткими набієчними матеріалами із щільністю, близькою щільності продуктів детонації в детонаційному фронті: піщано-глинистою набійкою й пластичною набійкою ПЗМ-3. При проведенні досліджень вивчався вплив щільності заповнювача набієчних матеріалів на ефективність дії набійки. Тому дослідження проводилися із чотирма типами сумішей: піщано-глиниста набійка зі вмістом води 12% (стандартна суміш); піщано-глиниста набійка зі вмістом води 20%; піщано-глиниста набійка зі вмістом води 30%; ПЗМ-3. Щільність сумішей рівнялася 1510, 1560, 1600 й 1700 кг/м<sup>3</sup> відповідно. Результати зміни периметра труб довжиною 70 мм зображені на рис. 6.

Як видно з результатів досліджень, при наближенні щільності матеріалу заповнювача до щільності продуктів детонації в детонаційному фронті, розширення труб на границі „набійка - жорстка перешкода” наближається до довжини зони розклинення набійки продуктами детонації.

Аналізуючи результати зміни периметра

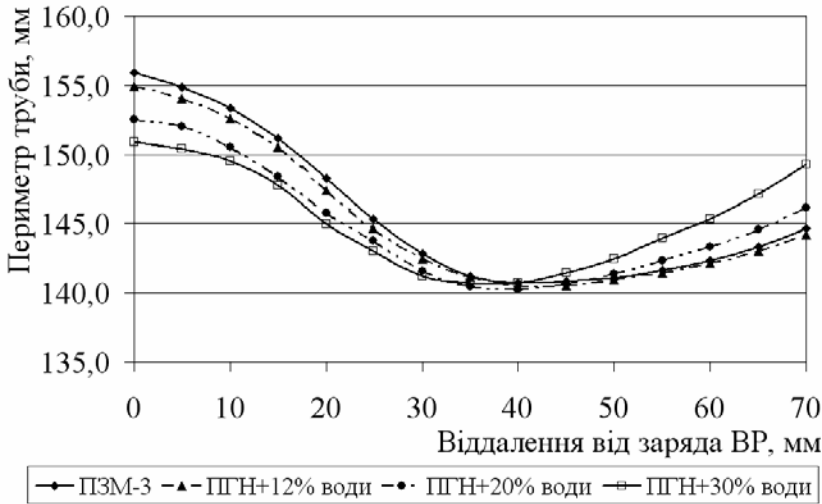


Рис. 6. Середнє значення зміни периметра труб довжиною 70 мм із заповнювачами різної щільності під дією вибуху заряду ВР

труб залежно від матеріалу донної набійки, а також з огляду на значення відхилень маятника, можна зробити висновок про те, що в донній набійці, що має властивості рідини в умовах вибуху шпурового заряду, при взаємодії із продуктами детонації відбувається два процеси: розклинення при зіткненні двох струменів (струменя продуктів детонації й струменя набійки), і гідроудар на границі „набійка – жорстка перешкода”.

При чому довжина зони розклинення при наявності твердої перешкоди не залежить від довжини самої набійки.

Механізм дії донної набійки можна представити у вигляді наступної схеми (рис. 7), з якої випливає, що ефективна довжина донної набійки дорівнює сумі довжин зони розклинення й зони прояву гідроудару (довжина зони  $L_H$  приймається рівною нулю):

$$L_{д.з.} = L_1 + L_2, \quad (1)$$

де  $L_1$  – довжина зони розклинення набійки продуктами детонації;

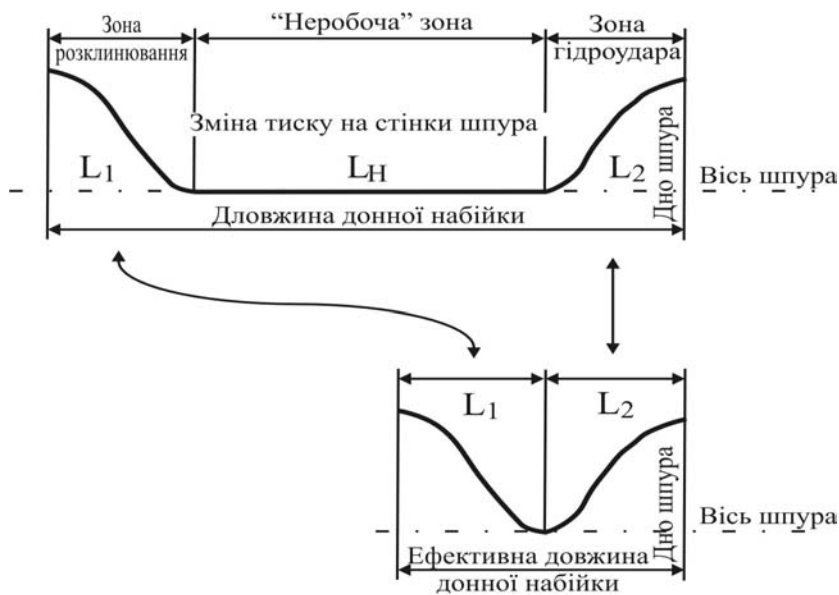


Рис. 7. Принципова розрахункова схема до визначення ефективної довжини донної набійки

$L_2$  – довжина зони прояву гідроудару.

**Розділ 3.** На підставі результатів, отриманих при проведенні лабораторних досліджень, була запропонована методика визначення ефективної довжини набійки на основі рішення задачі гідравліки про зіткнення двох потоків рідини, і рішення задачі різкої зміни тиску при гідроударі за допомогою основних рівнянь несталої руху рідини в набійці.

Ґрунтуючись на працях Ф.А. Баума, К.П. Станюковича й Б.І. Шехтера, встановлено, що довжину струменя продуктів детонації можна визначати як радіус точки сполучення при вибуху заряду ВР (максимальний радіус хмари продуктів детонації, що розширюється, при якому вони ще мають властивості рідини). З огляду на вищесказане й аналізуючи роботи С.П. Левчіка й Б.З. Табадзе, запропонована наступна залежність для визначення зони розклинення донної набійки продуктами детонації:

$$L_1 = r_x \sqrt{\frac{\rho_n}{\rho_{\text{д.з.}}}}, \quad (2)$$

де  $\rho_n$  – щільність продуктів детонації в детонаційному фронті,  $\text{кг/м}^3$ ;

$\rho_{\text{д.з.}}$  – щільність донної набійки,  $\text{кг/м}^3$ ;

$r_x$  – радіус крапки сполучення заряду ВР, м.

Схему передачі імпульсу вздовж донної набійки можна представити в наступному виді (рис. 8). Під час вибуху ВР від продуктів детонації передається імпульс  $P$ . При зіткненні з донною набійкою відбувається розклинення останньої й спрацьовування струменя продуктів детонації на відстані  $L$ . Після цього імпульс переламується й передається в напрямку, перпендикулярному площині, що утворюється кутом нахилу завіси. Припускаючи, що радіус струменя продуктів детонації й донної набійки однакові, можна одержати залежність передачі імпульсу вздовж донної набійки:

$$P' = P \sqrt{1 - \frac{|\rho_n - \rho_{\text{д.з.}}|}{\rho_n + \rho_{\text{д.з.}}}}, \quad (4)$$

де  $P$  – імпульс вибуху.

Швидкість поширення в набійці хвилі зміни тиску визначається швидкістю ударної хвилі, що утворюється в результаті передачі імпульсу від струменя продуктів детонації ВР набієчному матеріалу, а величина імпульсу лінійно залежить від маси заряду. З огляду на це, залежність між довжиною зони розклинення й довжиною зони впливу гідроудару лінійна. Таким чином, довжину зони впливу гідроудару можна визначити наступним рівнянням:

$$L_2 = kL_1, \quad (5)$$

де  $k$  – параметр пропорційності між довжиною зони розклинення й зони гідродудару.

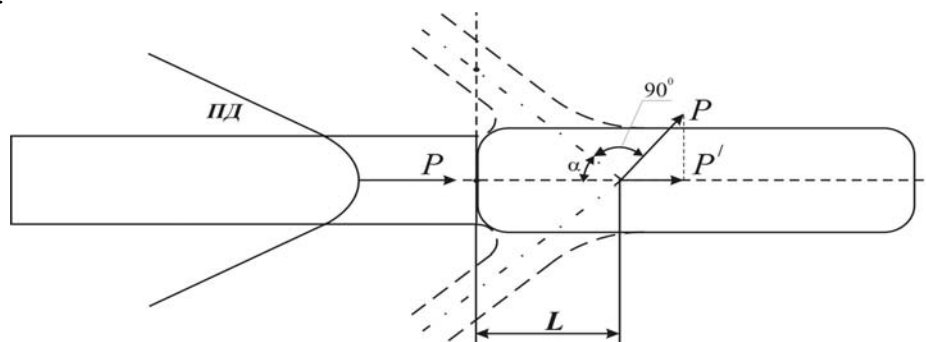


Рис. 8. Схема до визначення імпульсу, що передається через донну набійку

Враховуючи, що максимальна довжина струменя продуктів детонації визначається як радіус точки сполучення для ВР даної маси, залежність між масою заряду й радіусом крапки сполучення кубічна, а залежність між імпульсом вибуху й масою заряду лінійна, то параметр  $k$  можна визначити наступною залежністю:

$$k = \left( 1 - \frac{|\rho_H - \rho_{д.з.}|}{\rho_H + \rho_{д.з.}} \right)^{\frac{3}{2}}. \quad (6)$$

Значення параметра  $k$ , отримані розрахунковим шляхом й у результаті лабораторних досліджень, зображені на рис. 9.

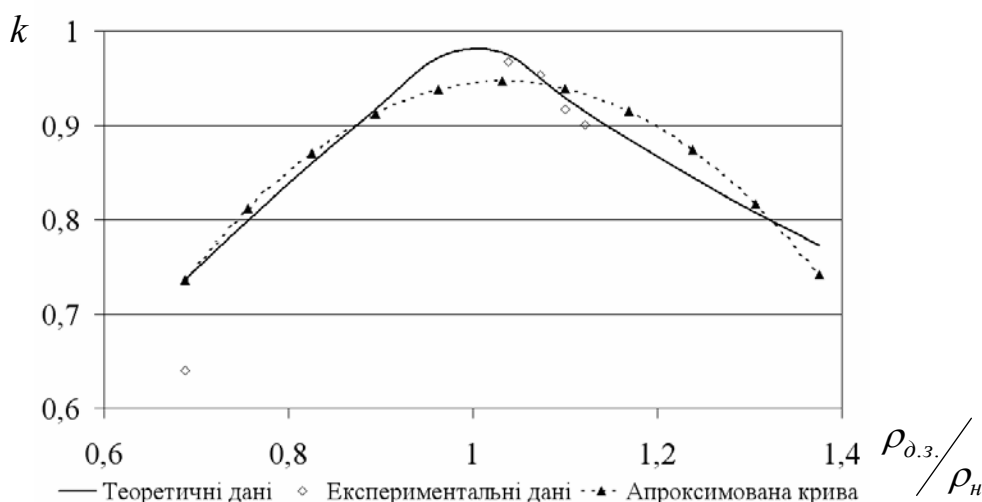


Рис. 9. Залежність параметра  $k$  від співвідношення щільностей продуктів детонації і донної набійки

Оскільки розрахунок параметра  $k$  у виробничих умовах складний, була про-

ведена апроксимація на ділянці відношення щільності матеріалу донної набійки до щільності продуктів детонації в детонаційному фронті від 0,7 до 1,4. Отримана формула другого ступеня з погрішністю  $R^2=0,9204$  має такий вигляд:

$$k = -1,76x^2 + 3,63x - 0,93, \quad (7)$$

де  $x$  – відношення щільності матеріалу донної набійки до щільності продуктів детонації в детонаційному фронті.

Розрахунок довжин зон розклинення й гідродару підтверджує результати, отримані при проведенні лабораторних досліджень.

На підставі теоретичних досліджень була розроблена методика розрахунку параметрів донної набійки. Порядок розрахунку наступний. Для використовуваного ВР розраховується щільність продуктів детонації в детонаційному фронті з урахуванням напрямку ініціювання. На підставі цього вибирається матеріал донної набійки й відповідно його щільності й щільності продуктів детонації в детонаційному фронті розраховується параметр  $k$ . Виконується розрахунок довжини струменя продуктів детонації й визначається ефективна довжина донної набійки.

Дослідно-промислова перевірка ефективності донною набійки здійснювалася при проведенні транспортного ходка на сполученні повітряподаючого стовбура №2 з гор. 805 м на ш. «Червоноармійська-Західна». Враховуючи щільність продуктів детонації в детонаційному фронті ВР, яке застосовувалось, було прийнято рішення про використання набієчного матеріалу ПЗМ-3. Згідно маси шпурового заряду кожного шпуру була розрахована ефективна довжина донної набійки.

Конструкції шпурових зарядів із запропонованою донною набійкою дозволили одержати КВШ рівний 0,97.

На підставі отриманих результатів були розроблені технологічні регламенти проведення виробок за буропідривною технологією з використанням донної набійки.

Впровадження розробленої технології здійснювалося на ш/у ім. О.О. Скочинського при проведенні вентиляційного ходка першої західної лави шару «Смоляниновський». Використання донної набійки дозволило одержати КВШ 0,97 при висадженні зарядів угленіта 10П (VI клас по запобіжності) масою 1,0 кг і зарядів зменшеної маси 0,8 кг угленіта 13П (V клас по запобіжності) у порівнянні з КВШ=0,90, отриманого при висадженні зарядів амоніта Т-19 (IV клас по запобіжності) масою 1,0 кг. Таким чином, при значному зниженні енергії вибуху, використання донної набійки дозволило підвищити КВШ на 7%. Очікуване скорочення тривалості спорудження виробки склало 3 дні.

Техніко-економічна оцінка ефективності застосування розробленої технології при проведенні вентиляційного ходка по забійних витратах дозволила встановити, що використання донної набійки дозволило одержати економію в

39,66 грн/м при використанні угленіта 13П, і 16,04 грн/м при використанні угленіта 10П.

## ВИСНОВОК

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, у якій дане нове рішення задачі підвищення ефективності підричних робіт за рахунок використання донної набійки, засноване на розкритті процесів взаємодії продуктів детонації ВР і матеріалу набійки, що дозволяє обґрунтувати раціональні параметри шпурових зарядів, що забезпечують підвищення темпів спорудження виробок.

### ***Основні наукові й практичні результати роботи:***

1. На підставі проведених лабораторних досліджень встановлено два процеси, які протікають у донній набійці при взаємодії із продуктами детонації при вищадженні шпурового заряду: розклинення донної набійки продуктами детонації на границі „заряд ВР - набійка” і гідроудар на границі „набійка - дно шпуру”.

2. Розроблена математична модель взаємодії продуктів детонації в детонаційному фронті з донною набійкою, котра дозволила розрахувати довжину зони розклинення донної набійки продуктами детонації й довжину зони гідроудару.

3. Обґрунтовані й підтверджені лабораторними й шахтними дослідженнями ефективні параметри донної набійки. Встановлено аналітичну залежність для розрахунку її ефективної довжини.

4. Розроблена блок-схема розрахунку довжини донної набійки залежно від енергетичних і фізичних параметрів використовуваного ВР, способу його ініціювання в шпурах (пряме або зворотнє), а також щільності набієчного матеріалу.

5. Розроблені технологічні регламенти проведення виробок за буропідривною технологією з використанням донної набійки.

6. Відповідно до встановлених залежностей визначені параметри донної набійки, виготовленої із пластичного заповнювача ПЗМ-3, для ведення буропідричних робіт при проведенні вентиляційного ходка з вентиляційного штреку першої західної лави пласта  $h'_6$  «Смоляниновський» ш/у ім. О.О. Сочинського. При проведенні виробки згідно розробленого паспорта буропідричних робіт удалося підвищити КВШ із 0,90 (при застосуванні ВР IV класу - амоніта Т-19 без донної набійки) до 0,97 (при застосуванні ВР V й VI класу - угленіта 13П и угленіта 10П відповідно з донною набійкою).

7. Впровадження розробленої технології забезпечило підвищення темпів проведення вентиляційного штреку першої західної лави УП.ЦП. по пласту  $h'_6$  «Смоляниновському» на ш/у ім. О.О. Скочинського н 7%, і дозволило одержати економічний ефект за забійними витратами залежно від ВР, що використовується, 39,66 й 16,04 грн/м.



## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ РОБІТ З ТЕМИ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Калякин С.А., Шевцов Н.Р., Лабинский К.Н., Купенко И.В. Влияние забойки на процесс поджигания и выгорания шпурового заряда ВВ // Наукові праці ДонДТУ. Випуск 36. Серія гірничо-геологічна. Донецьк, ДонНТУ, 2001. – С. 18-26
2. Шевцов Н.Р., Калякин С.А., Лабинский К.Н. Основы теории гидровзрывания при разрушении пород // Проблемы гірського тиску. Випуск 7. Донецьк, ДонНТУ, 2002. – С. 59-84.
3. Шевцов Н.Р., Лабинский К.Н., Калякин С.А. Обоснование эффективной длины донно-устьевой гидрозабойки // Наукові праці ДонДТУ. Випуск 54. Серія гірничо-геологічна. Донецьк, ДонНТУ, 2003. – С. 115-122.
4. Шевцов Н.Р., Лабинский К.Н., Калякин С.А. Лабораторные исследования взаимодействия продуктов детонации с гидрозабойкой // Наукові праці ДонНТУ: Серія гірничо-геологічна. Випуск 63. – Донецьк, ДонНТУ, 2003. – С. 61-67.
5. Шевцов Н.Р., Лабинский К.Н., Калякин С.А. Донная гидрозабойка – одно из простых средств повышения эффективности взрывных работ // Наукові праці ДонНТУ: Серія гірничо-геологічна. Випуск 72. – Донецьк, ДонНТУ, 2004. – С. 3-6.
6. Лабинский К.Н. Обоснование эффективной длины донной гидрозабойки // Материалы международной студенческой научно-технической конференции “Совершенствование технологии строительства шахт и подземных сооружений”. – Донецк: ООО “Норд Компьютер”, 2003. – С. 29-32.

***Особистий внесок дисертанта в публікації, написані в співавторстві:*** [1]

– визначення ролі набійки в процесах, які відбуваються при вибуху шпурових зарядів; [2,3] – теоретичні дослідження взаємодії продуктів детонації й набійки; [4] – лабораторне моделювання взаємодії набійки із продуктами детонації, установлення зони проникнення продуктів детонації в набійку; [5] – обґрунтування процесів, які протікають у набійці при вибуху, обґрунтування конструкцій зарядів, які рекомендуються, установлення методики розрахунку ефективних параметрів донної набійки.

## АННОТАЦІЯ

Лабінський К.М. Обґрунтування параметрів шпурових зарядів, котрі забезпечують підвищення швидкості спорудження гірничих виробок. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.04 „Шахтне і підземне будівництво”. – Національний гірничий університет Міністерства освіти і науки України. – Дніпропетровськ: - 2004.

Дисертація присвячена питанням підвищення ефективності проведення гірничих виробок за буропідривною технологією за допомогою використання донної набійки.

У дисертації розкритий механізм взаємодій продуктів детонації в детонаційному фронті та донної набійки при вибуху шпурового заряду ВР. Розроблена математична модель взаємодії продуктів детонації з донною набійкою. Одержана аналітична залежність для визначення довжини зони розклинювання донної набійки продуктами детонації, та залежність між зоною розклинювання донної набійки продуктами детонації та зоною впливу гідроудару на границі „набійка – дно шпура”. Розроблена методика розрахунку ефективних параметрів донної набійки, яка була підтверджена лабораторними та шахтними дослідженнями. Розроблено технологічні регламенти проведення виробок за буропідривною технологією з використанням донної набійки.

Основні результати роботи знайшли промислове застосування при проведенні вентиляційного ходка на ш/у ім. О.О. Скочинського.

**Ключові слова:** буропідривна технологія, набійка, заряд ВР, продукти детонації, розклинювання, гідроудар, методика розрахунку, ефективність.

## АННОТАЦИЯ

Лабинский К.Н. Обоснование параметров шпуровых зарядов, обеспечивающих повышение скорости сооружения горных выработок – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.15.04 „Шахтное и подземное строительство”. – Национальный горный университет Министерства образования и науки Украины. – Днепрпетровск: - 2004.

Диссертация посвящена вопросам повышения эффективности проведения горных выработок по буровзрывной технологии за счет использования донной забойки.

В работе предложен новый подход к установлению механизма взаимодействия продуктов детонации в детонационном фронте с донной забойкой при взрыве шпурового заряда.

Показано, что при взаимодействии продуктов детонации с забойкой происходит расклинивание последней, причем длина зоны расклинивания не зависит от длины забойки при наличии жеткой преграды (дно шпура).

Показано, что при взрыве шпурового заряда в донной забойке при взаимодействии с продуктами детонации протекает два процесса: расклинивание забойки продуктами взрыва в детонационном фронте и гидроудар на границе „донная забойка – дно шпура”. Установлено влияние зазора между стенками шпура и дон-

ной забойкой на процессы, протекающие в последней при взаимодействии с продуктами детонации в детонационном фронте. Показано, что при наличии воздушного зазора между стенками шпура и донной забойкой при взрыве шпурового заряда происходит сжатие воздуха и заполнение освободившегося пространства заполнителем забойки с ее смещением ко дну шпура.

Разработана математическая модель взаимодействия продуктов детонации в детонационном фронте и донной забойки. Доказано, что при равных плотностях заполнителя донной забойки разные значения коэффициента поверхностного натяжения и вязкости практически не влияют на длины зоны расклинивания и зоны проявления гидроудара.

Экспериментальными взрываниями показано, что длина зоны действия гидроудара не зависит от длины донной забойки. Установлен параметр пропорциональности между длиной зоны расклинивания и длиной зоны действия гидроудара, зависящий от плотности продуктов детонации в детонационном фронте и от плотности заполнителя донной забойки. Теоретически установлено и экспериментально подтверждено, что при приближении плотности заполнителя донной забойки к плотности продуктов детонации в детонационном фронте коэффициент пропорциональности приближается к единице, и длина зоны влияния гидроудара приближается к длине зоны расклинивания.

Впервые разработана методика расчета параметров донной забойки в зависимости от параметров заряда ВВ и направления инициирования.

Проведена опытно-промышленная проверка эффективности использования донной забойки расчетной длины. Разработаны технологические регламенты проведения горных выработок по буровзрывной технологии с использованием донной забойки.

Проведено внедрение разработанной технологии на шахте им. А.А. Скочинского при проведении вентиляционного ходка первой западной лавы пласта  $h_6$  «Смоляниновский». Проведена технико-экономическая оценка эффективности разработанной технологии, позволившая установить, что применительно к вентиляционному ходку ш. им. А.А. Скочинского экономия по забойным затратам достигает 39,66 грн/м, а скорость проведения выработки предположительно возрастет на 7%.

**Ключевые слова:** буровзрывная технология, забойка, заряд ВВ, продукты детонации, расклинивание, гидроудар, методика расчета, эффективность.

## ANNOTATION

Labinskiy K.N. The ground of the parameters of blust-hole charges, that guarantee rising of building rates of mining excavations. – Manuscript.

The thesis for scientific degree of the candidate of technical science on spatiality

05.15.04 „Mine and underground construction”. – National mining university of Ukraine, Dnepropetrovsk: - 2004.

The dissertation shows questions of rising the building effectiveness of mining excavation by using explosive technology with the help of tamping.

The mechanism of interaction of detonation products in detonation front and bottom tamping by detonation in the blast-hole was described in this thesis. Mathematic model of interaction of detonation products with bottom tamping was developed here. Analytic dependence for definition of bowing length of bottom tamping with detonation products and dependence between bowing length of bottom tamping with detonation products and length of influence hydroblow in zone „tamping – bottom of blast-hole” was received here. Methodics of calculation of effective parameters of bottom tamping, which was confirmed laboratory and mining researches was developed in this thesis.

Basic results of this work are used in building of mining excavation on mine Skochinskogo.

**Key words:** explosive technology, tamping, explosive, products of detonation, bowing, hydroblow, methodic of calculating, effectiveness.



**ЛАБІНСЬКИЙ Костянтин Миколайович**

**ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ШПУРОВИХ ЗАРЯДІВ, КОТРІ ЗА-  
БЕЗПЕЧУЮТЬ ПІДВИЩЕННЯ ШВИДКОСТІ СПОРУДЖЕННЯ ГІРНИ-  
ЧИХ ВИРОБОК**

(Автореферат)

Підписано до друку 12.11.2004 р. Формат 30x42/4  
Папір офсетний. Умов.печ. лист. Облік-видат. листів 0,96.  
Тираж 120 прим. Заступник. №\_\_\_\_\_. Безкоштовно.