

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Кавун Сергій Сергійович

УДК 622.235

**«ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД
ВИБУХОМ СВЕРДЛОВИНИХ РУКАВНИХ ЗАРЯДІВ»**

Спеціальність – 184 «Гірництво»

Спеціалізація – «Розробка родовищ та видобування
корисних копалин»

АВТОРЕФЕРАТ

магістерської дисертації на здобуття ступеня магістра

Київ 2018

Дисертація є рукопис:

Робота виконана на кафедрі геоінженерії Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Науковий керівник: проф., д.т.н., доц. Фролов О. О., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Рецензенти: д.т.н., проф. Бойко В.В., Інститут гідромеханіки НАН України. завідувач лабораторії з проблем сейсмічної безпеки технологічних вибухів, м. Київ

к.т.н., доц. Крючков А.І., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»;

Захист відбудеться «23» травня 2018 р. о 14⁰⁰ на кафедрі геоінженерії Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» за адресою: м. Київ, вул. Борщагівська 115, ауд. 511.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. В останні роки на відкритих гірничих роботах України успішно застосовується технологія вибухових робіт з використанням свердловинних зарядів при заряджанні вибухових речовин (ВР) в поліетиленові рукави і з кільцевим зазором між зарядом і стінкою свердловини. Використання таких зарядів ВР в сухих і обводнених свердловинах забезпечує ресурсозбереження за рахунок повної або часткової заміни дорогих водостійких ВР найпростішими неводостійкими місцевого виготовлення, зниження витрати ВР на 17...30% у порівнянні з зарядами суцільної конструкції, рівномірне дроблення гірських порід за рахунок оптимальних або близьких до них параметрів імпульсу вибуху.

Незважаючи на досягнуті позитивні результати застосування технології вибухових робіт з використанням свердловинних зарядів в поліетиленових рукавах виникли науково-технічні завдання, вирішення яких дозволить забезпечити її подальше удосконалення та розвиток, у тому числі і підвищення коефіцієнта корисного використання енергії вибуху. До таких завдань відносяться врахування неоднорідності порід і їх обводненість, що вимагає розробки способів і засобів регулювання об'ємної концентрації енергії як по довжині заряду ВР, так і на окремих ділянках блоку. Це визначає актуальність досліджень, результати яких викладені в даній роботі.

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

Магістерську дисертацію виконано на кафедрі геоінженерії Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» відповідно до плану наукових досліджень кафедри геоінженерії і є складовою частиною НІР «Наукові основи ресурсозберігаючих технологій гірництва та геотехнічного будівництва» (№ДР 0115U005398), в якій автор брав участь.

Метою дисертації підвищення ефективності руйнування гірських порід вибухами свердловинних рукавних зарядів ВР.

Основними задачами досліджень є:

- 1) дослідити фізико-хімічні та вибухові властивості компоненту рідкого ущільнюючого (КРУ) та промислових ВР з КРУ;
- 2) дослідити ефективність руйнування гірських порід вибухами свердловинних рукавних зарядів ВР з КРУ;
- 3) розробити технологічні і технічні рішення по формуванню свердловинних рукавних зарядів ВР з КРУ.

Об'єкт дослідження – процеси формування свердловинних рукавних зарядів сумішевих вибухових речовин місцевого приготування.

Предмет дослідження – властивості сумішевих вибухових речовин місцевого приготування з КРУ.

Методи досліджень: комплексний аналіз – для узагальнення та аналізу досягнень теорії і практики з проблеми руйнування скельних гірських порід вибухами свердловинних рукавних зарядів промислових ВР; аналітичний метод

– для дослідження ефективності руйнування гірських порід вибухами зарядів ВР з КРУ та процесів формування свердловинних рукавних зарядів ВР з КРУ; експериментальні дослідження в лабораторних і полігонних умовах – для вивчення фізико-хімічних і вибухових властивостей КРУ та ВР з КРУ.

Наукова новизна отриманих результатів полягає:

– при дослідженні КРУ встановлено, що він не є окисленою горючою речовиною, невідчутний до удару і тертя, детонаційно не спроможний, не відноситься до небезпечних речовин при зберіганні і транспортуванні;

– встановлені залежності щільності ряду сумішевих ВР від змісту КРУ та кількості КРУ, що забезпечує водостійкість ВР; показано, що введення до складу КРУ загущувачу в кількості 0,35% і більше сприяє набуттю розчином в'язких властивостей, що забезпечують відсутність розшарування заряду по висоті;

– встановлено, що введення до складу сумішевого ВР до 35% КРУ (понад 100%) збільшує об'ємну енергію вибуху на 20...25%.

Практичне значення отриманих результатів полягає в наступному:

– запропоновані рекомендації щодо використання результатів досліджень, що виразилося в створенні та систематизації стосовно певного обводнення свердловин, щільності ВР з КРУ та в'язкості КРУ науково обґрунтованих і необхідних для практичного застосування способів формування свердловинних рукавних зарядів ВР з КРУ.

– для конкретних схем розташування зарядів і рівня обводнення свердловин запропоновані для практичних розрахунків відповідні розрахункові залежності за параметрами зарядів і знайдені конкретні значення утримуючої сили пристрою подачі рукава (ППР).

Апробація результатів магістерської дисертації.

Основні положення та окремі результати роботи доповідалися та обговорювалися на 2-й Міжнародних науково-технічної конференції «Інноваційний розвиток гірничодобувної галузі» (м. Кривий Ріг, грудень 2017 р.); V Всеукраїнській науково-практичній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Перспективи розвитку гірничої справи та раціонального використання природних ресурсів» (м. Житомир, квітень 2018 року).

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, 4 розділів, висновків і списку використаних джерел. Загальний обсяг дисертації становить 100 сторінок з 37 рисунками, 11 таблицями, списком літературних джерел з 49 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтована актуальність теми магістерської дисертації, сформульовані мета і задачі досліджень, визначена наукова новизна та практичне значення одержаних результатів.

У **першому розділі** виконано аналіз досягнень науки та практики з руйнування гірських порід вибухом свердловини рукавних зарядів, який свідчить про істотні наукові та практичні досягнення в області цілеспрямованого руйнування масивів гірських порід. З огляду на сучасні вимоги до розробки та застосування технологій вибухових робіт, ці технології потребують подальшого розвитку як з технологічної, так і з екологічної та економічної точок зору, що обумовлено створенням нових типів ВР, засобів механізації, нових підходів до проектування, організації та проведення підричних робіт. Відзначено, що перед дослідниками стоять завдання подальшого теоретичного і експериментального дослідження питань регулювання об'ємної концентрації енергії вибуху при використанні даних типів ВР для підвищення коефіцієнта корисного використання енергії вибуху.

У **другому розділі** проведені дослідження і обґрунтування вибухових речовин з рідким активним наповнювачем. Здійснено вибір наповнювача до аміачно-селітрових ВР. Перспективність ВР з наповнювачем може бути підвищена шляхом введення невибухових активних рідких водних розчинів, що складаються з окислювача, пального та технологічних добавок і не володіють властивостями розчинника. Вони надають енергетичний внесок у вибух і, крім того, підвищують ущільненість ВР. Одним з таких наповнювачей є компонент рідкий ущільнюючий (КРУ), що представляє насичений водний розчин солей азотної кислоти, рідкого палива, згущувача і стабілізатора складу. У практичних цілях розроблено і допущено до промислового використання три базових складу КРУ. При перемішуванні їх між собою можливе регулювання властивостей сумішевого КРУ у великому діапазоні.

В роботі представлені результати експериментальних досліджень впливу рідкого активного наповнювача на фізико-хімічні та вибухові властивості промислових ВР. Отримана залежність зміни щільності ВР від вмісту КРУ (рис. 1). Повному заповненню системи повинна відповідати точка, в якій відбувається дотик експериментальної залежності загальної щільності від вмісту рідкої фази (крива 1) з прямою, що виражає аналогічну розрахункову середньозважену залежність щільності суміші (пряма 2).

З рис. 1 видно, що найбільше заповнення суміші спостерігається при вмісті 35% по масі або 27% за об'ємом рідкої фази. Деяке відхилення в більшу сторону від величини щільності пояснюється частковим насиченням розчином пористої селітри, яке становить близько 1,6%.

При наповненні розчином поліміксу ГР 1/8 відбувалося збільшення його щільності як за рахунок «мастильної» дії наповнювача, так і за рахунок збільшення загальної маси заряду. Збільшення щільності даної ВР за рахунок цих факторів відображено кривою 1.

Таким чином, для суміші типу полімікс ГР 1/8 дослідженнями встановлено залежність її щільності від вмісту КРУ. При утриманні КРУ 35% по масі (понад 100%) відбувається повне заповнення пір. Експерименти показують, що при цьому забезпечується водостійкість ВР.

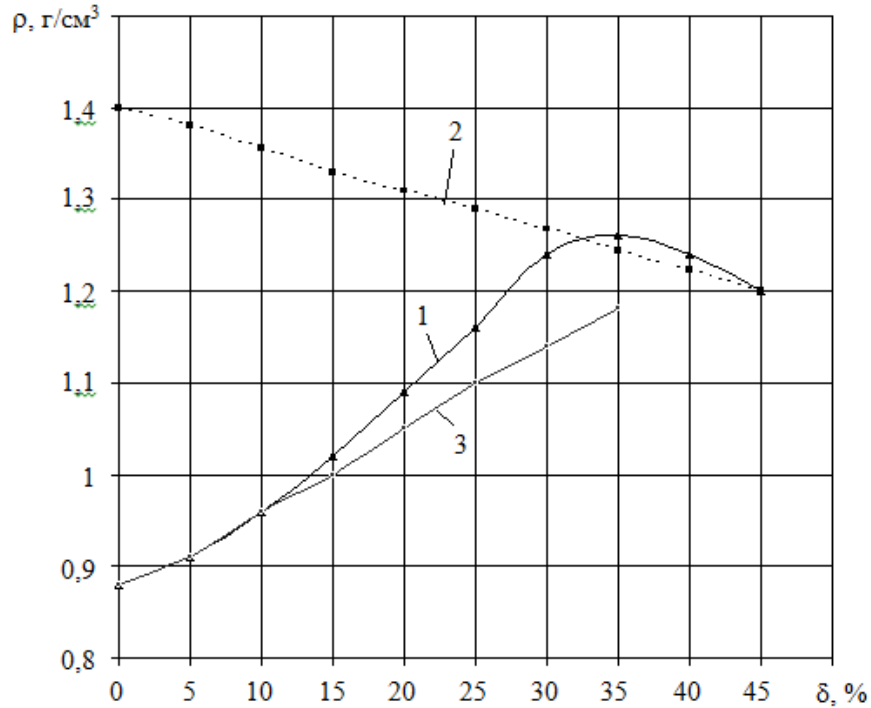


Рис. 1. Залежність щільності поліміксу ГР 1/8 від вмісту КРУ: 1 – загальна експериментальна; 2 – питома середньозважена твердої і рідкої фази; 3 – загальна розрахункова.

Аналогічні дослідження були проведені і для інших ВР. Результати цих досліджень наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Залежність щільності ВР від вмісту КРУ

Назва ВР	Щільність ВР, г/см ³ при вмісті КРУ, %								Мінімальна кількість КРУ, яка забезпечує водостійкість ВР, %
	0	5	10	15	20	25	30	35	
полімікс ГР1/10	0,9	0,95	1,02	1,09	1,16	1,22	1,27	-	32
полімікс ГР1/12	0,92	0,99	1,07	1,17	1,23	1,27	-	-	27
полімікс ГР4-Т10	0,95	1,0	1,12	1,16	1,2	1,25	-	-	25
комполайт ГС1	0,80	0,90	0,94	0,98	1,05	1,11	1,21	1,26	38
комполайт ГС6	0,91	0,96	1,02	1,1	1,13	1,17	1,19	1,21	36

Вибухові характеристики оцінювалися за повнотою детонації заряду ВР відповідно до вимог. Діаметр заряду становив 100 мм, маса - 5 кг. Вибухали як сухі заряди, так і заряди з підливкою КРУ. Ініціювання зарядів здійснювалося

від проміжного детонатора - тротилової шашки Т-400Г, яка встановлюється у верхній частині заряду. Заряди встановлювали на підривному майданчику в вертикальному положенні на сталеву підкладку-лист розміром 250x250 мм, товщиною 8 мм і виконували підривання. Про повноту детонації зарядів судили за наявністю і глибині прогину пластини на місці установки зарядів і по відсутності залишків ВР після вибуху.

Одночасно проводилися виміри швидкості детонації ВР (табл. 2).

Таблиця 2

Вибухові характеристики промислових ВР

Назва ВР	Масова доля КРУ, %, (понад 100 %)	Водостійкість заряду ВР	Щільність ВР, г/см ³	Прогин сталеві пластини, мм	Швидкість детонації, км/с
комполайт ГС 6	0	-	0,91	67	2,6
	3	-	0,95	73	2,9
	10	-	1,02	90	3,2
	36	водостійка	1,27	80	3,5
полімікс ГР1/8	0	-	0,88	44	2,88
	10	-	0,97	67	3,14
	17,5	-	1,04	78	3,8
	25	-	1,15	75	3,6
	35	водостійка	1,23	70	2,39

На рис. 2 приведена залежність, яка відображає результати випробувань детонаційної здатності заряду поліміксу ГР 1/8, розміщеного в асбестоцементну трубу з внутрішнім діаметром 100 мм при повному заповненні міжгранульного простору ВР, тобто при забезпеченні його водостійкості.

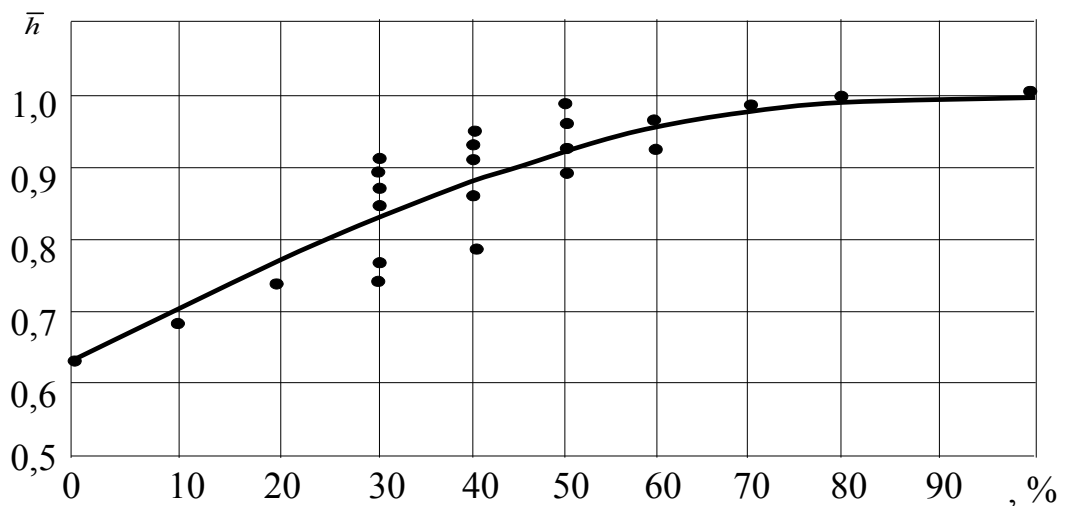


Рис. 2. Залежність відносного прогину пластини-індикатора від кількості КРУ марки К1 ущільнюючої рідини: $\bar{h} = h/h_0, h_0$ прогин пластини при $h = 100\%$

За результатами випробувань вибухових властивостей ВР можна зробити наступні висновки: застосування КРУ в складі ВР дає значний енергетичний вигравш в порівнянні з сипучими ВР без КРУ і при повному заповненні пір забезпечує їх водостійкість. Таким чином, проведеними дослідженнями встановлено, що застосування КРУ в складі промислових ВР дозволяє регулювати їх щільність, енергетичні характеристики, підвищити водостійкість, поліпшити технологічний процес заряджання.

Аналітичні дослідження термодинамічних і детонаційних властивостей промислових ВР з рідким активним наповнювачем показали, що характеристика реальних вибухів може відрізнятися від розрахункових, проте відносна зміна показників для сумішей різного складу несуттєво. Тому для прогнозування раціональності тих чи інших складів доцільно використовувати розрахунковий шлях.

До основних термодинамічних параметрів ВР відносяться: теплота вибуху $Q_{\text{взр}}$, питомий об'єм газів вибуху V_0 , температура вибуху T , питомі теплоємності C_p та C_v , показники адіабати та політропи n продуктів вибуху (ПВ), початковий тиск ПВ P_n .

Результати розрахунку показують, що масова теплота вибуху суміші зі збільшенням КРУ знижується. При цьому різниця між сухою сумішшю і сумішшю, що містить 35% КРУ (понад 100%), досягає 141 ккал/кг.

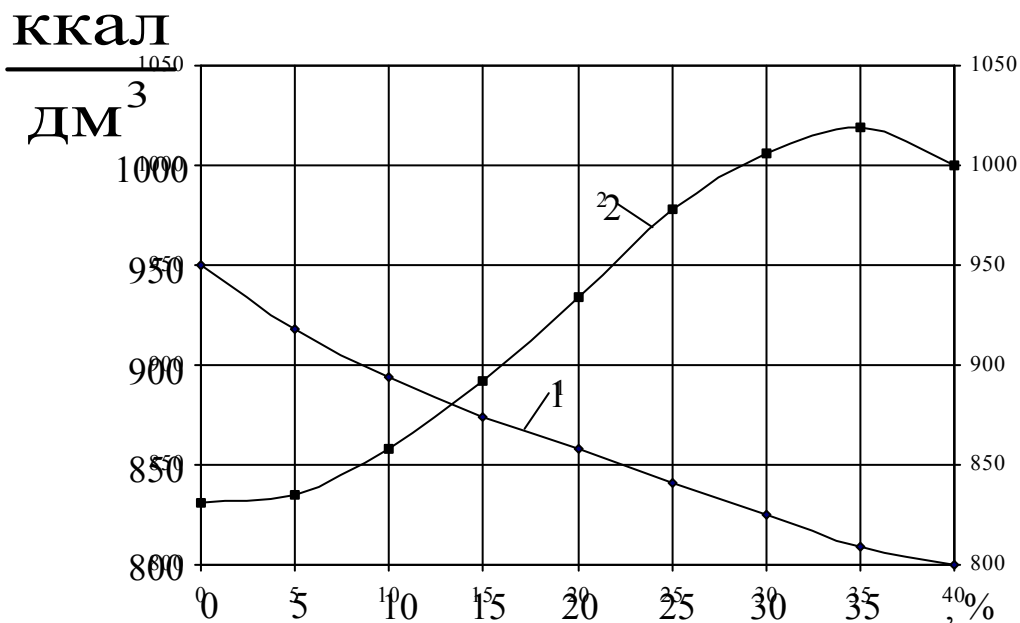


Рис. 3. Залежність масової Q_m (крива 1) та об'ємної Q_o (крива 2) теплоти вибуху поліміксу ГР 1/8 від кількості () КРУ К2

Максимальний вигравш від введення КРУ можна отримати при його вмісті 35% по масі. При утриманні КРУ понад 35%, об'ємна енергія зменшується. Слід

зазначити, що кількість КРУ, рівне 35%, в складі поліміксу ГР1/8 визначається не тільки вимогою максимальної концентрації енергії в одиниці об'єму ВР, але і його водостійкістю.

На рис. 4 наведені залежності температури вибуху (*a*) та питомого об'єму газів вибуху ГР 1/8 (*б*) від вмісту КРУ та при різному вмісті ДП. З аналізу кривих випливає, що температура вибуху досліджуваних складів зі збільшенням вмісту КРУ зменшується по слабкій гіперболічній залежності, маючи тим менші значення, чим більший вміст ДП. Питомий об'єм зі зміною КРУ зберігає приблизно постійне значення, і ця величина тим більше, чим більше зміст ДП.

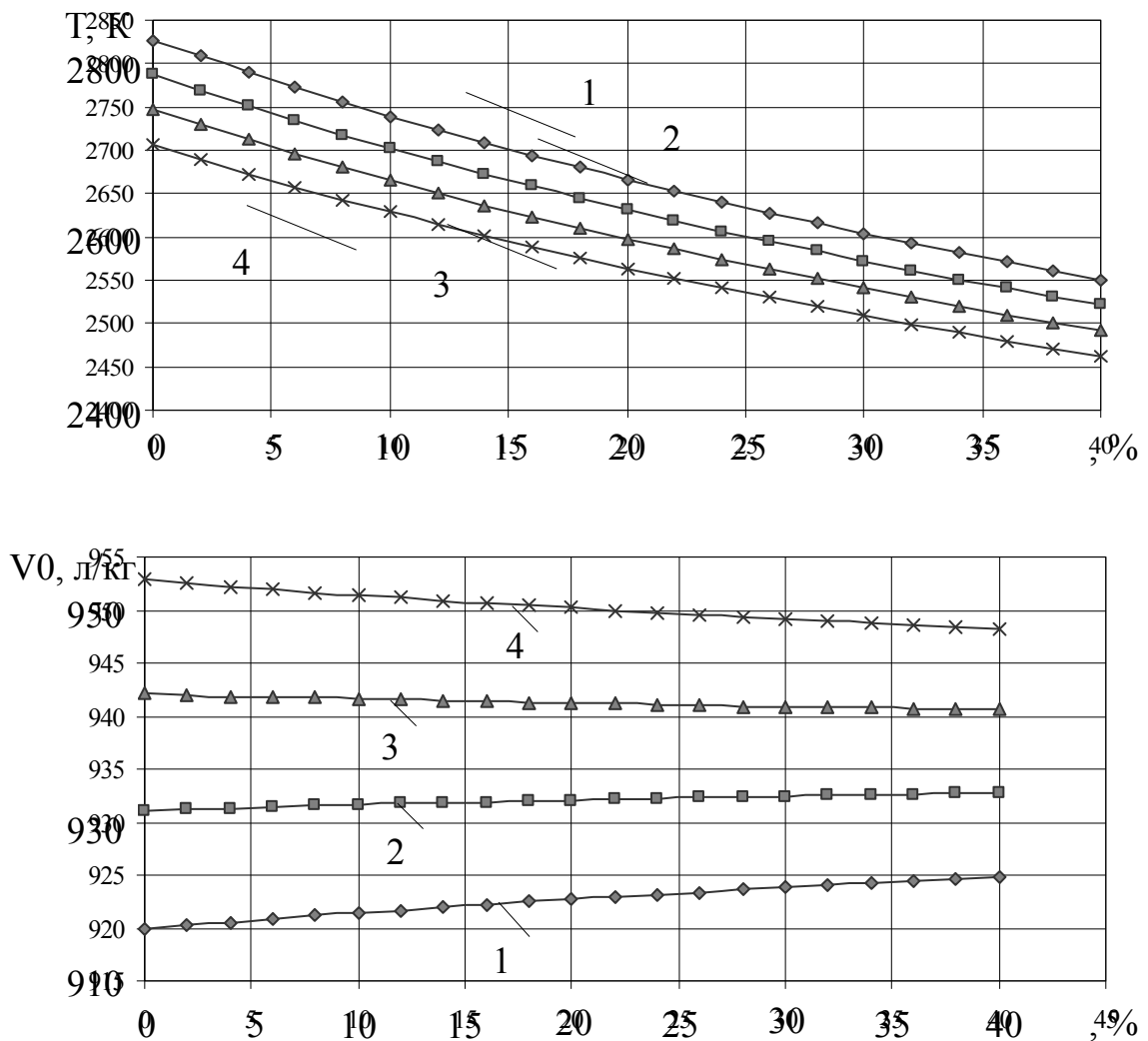
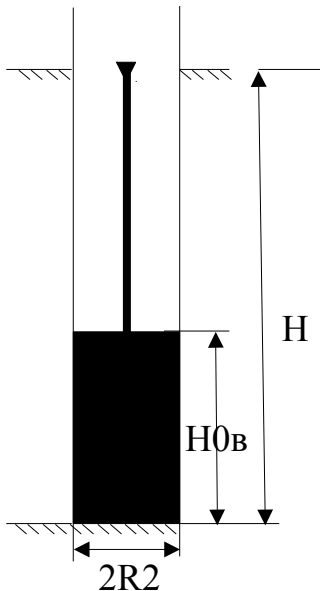


Рис. 4. Залежність температури вибуху поліміксу ГР 1/8 (*a*) та питомого об'єму газів вибуху поліміксу ГР 1/8 (*б*), від вмісту КРУ та при різному вмісті ДП: 1 – ДП = 2,5%; 2 – ДП = 3,5%; 3 – ДП = 4,5%; 4 – ДП = 5,5%

В третьому розділі виконано дослідження процесу формування свердловинних рукавних зарядів вибухових речовин з рідким активним наповнювачем. Теоретично розглянута динаміка процесу формування

свердловинних рукавних зарядів вибухових речовин з рідким активним наповнювачем.

Виконано дослідження динаміки завантаження вертикальної циліндричної свердловини глибиною H і радіусом R_2 , частково заповненою водою з товщиною шару $H_{0в}$ (рис. 5), в якій попередньо за допомогою спеціального вантажу розміщений плівковий рукав в злегка натягнутому стані від поверхні ґрунту до дна.



Приймається, що рукав розташований уздовж осі свердловини, а при завантаженні всередину нього сипучої ВР утворюється циліндричне тіло радіуса R_1 і довжини L , яке в період завантаження змінюється в часі. При цьому $R_1 = R_2$ і < 1 , що відповідає наявності зазору між стінкою свердловини і тілом ВР. Щільність ВР $\rho_{ВВ}$

приймається більшою, ніж щільність води.

У процесі завантаження рух тіла ВР починається з поверхні ґрунту після досягнення нею деякої стартової маси m_0 і триває в безперервному режимі завантаження з постійною інтенсивністю Q , кг/с, до досягнення масою тіла деякої заданої величини m_1 (і відповідної довжини L_1), після чого має місце рух тіла незмінної маси.

Для опису динаміки руху тіла ВР в процесі завантаження свердловини, частково заповненою водою, потрібно знати сили, що діють на неї всередині плівкового рукава (сила тертя о стінки рукава і сила реактивної природи, обумовлена відмінністю швидкостей тіла та частинок ВР, які підлітають до нього ззаду), і зовнішні сили гідродинамічної природи. До них потрібно додати додатково силу опору, обумовлену злипанням полімерної оболонки перед початком завантаження.

Визначити силу тертя тіла ВР о стінки плівкового рукава можна, якщо відомий напружений стан всередині тіла. Для його знаходження можна використовувати напівемпіричний підхід, подібний використовуваному для ідеальних сипучих речовин. У тілі напружений стан характеризується двома параметрами - середнім по його поперечному перерізу поздовжнім напруженням $\bar{\sigma}_z$ і поперечною (дотичною) напруженням $\sigma_{r,z}$, яке, з урахуванням наявності рідкого в'язкого наповнювача в складі ВР, є змінним і вздовж радіальної координати r . Приймається, що всередині тіла в циліндричній системі

координат, початок якої знаходиться в центрі верхньої підстави циліндра і вісь z спрямована вниз, має місце зв'язок

$$r, z = k \frac{r^n}{R_1^n} - z \quad (1)$$

де k – коефіцієнт тертя тіла ВР о стінки плівкового рукава; n – коефіцієнт бокового тиску (розпору), який визначає зв'язок між радіальним тиском на стінку r і z виду $r \propto z^n$. Значення постійних моделі k , n визначаються експериментально.

Необхідно відзначити, що в силу симетрії r, z по r на осі тіла завжди має місце умова $n > 1$. Ідеальному сипучому середовищу відповідає значення $n=0$.

Використані процедури, коли виділяється елементарний об'єм циліндричного тіла висотою dz і для нього складається умова рівноваги всіх сил, що діють в напрямку z (а тут це сили ваги, статичного тиску і середньо-інтегральне значення дотичних напружень по перерізу), дозволяє отримати рівняння відносно z .

$$\frac{d}{dz} \left(k \frac{r^n}{R_1^n} - z \right) - g = 0, \quad (2)$$

де g – прискорення сили тяжіння, а наведений коефіцієнт тертя k розмірністю m^{-1} визначається виразом

$$k = \frac{2k}{R_1 n^2} \quad (3)$$

Рівняння (3.2) з очевидною граничною умовою $z=0 = 0$ має рішення

$$z = \frac{g_{\text{ВР}}}{k} \left(1 - e^{-kz} \right) \quad (4)$$

На підставі (3.1) - (3.3) визначається сумарна сила опору тертю, що діє на тіло ВР, що рухається довжиною L ,

$$F = 2 R_1 k \int_0^L z dz = R_1^2 \frac{n^2}{2} g_{\text{ВР}} L \left(\frac{1}{k} e^{-kL} - 1 \right) \quad (5)$$

Реактивна сила F_g , обумовлена різницею швидкостей $U_c - U_g - U$, де U_g – швидкість підльоту частинок ВР в момент контакту їх з заднім зрізом тіла ВР, яке формується, а U – швидкість руху тіла, визначається виразом

$$F_g = U_c \frac{dm}{dt} \quad (6)$$

Ця сила спрямована в бік руху тіла.

До сил, прикладених до тіла ВР всередині полімерного рукава, можна віднести і силу F_c , яка визначає опір, обумовлений злипанням полімерної плівки. Її можна вважати пропорційною ширині складеного рукава, так що вона може бути представлена у вигляді

$$F_c = R_1 k_c \quad (7)$$

де k_c – розмірний коефіцієнт опору злипання плівки (розмірністю $H \text{ м}^{-1}$), який визначається експериментально.

Розглянута схема формування свердловинного заряду ВР може бути ефективною лише для свердловин, товщина шару води в яких становить величину порядку метрів, тобто не може бути універсальною. Головна причина цього - великі гідродинамічні сили опору. Максимальна товщина шару води, яка може бути пройдена порційним тілом, досягається лише в режимі завантаження, коли задана маса тіла досягається безпосередньо до моменту його контакту з водою.

В четвертому розділі надані науково-технічні рекомендації щодо використання результатів досліджень. До технічних засобів, які забезпечують формування заряду вибухової суміші і збереження її до моменту вибуху, відносяться пристрої подачі рукава (ППР) і зарядна машина з пристроями подачі КРУ і його змішування з ВР.

При використанні вибухових сумішей з КРУ, що володіють більш високою щільністю і адгезією до матеріалу рукава, різко зростає негативний вплив всіляких короточасних (ривкових) впливів з боку рукава з зарядом на гальмівне пристосування ППР. Існуюче пристосування не справлялося ефективно з завданням гасіння цих ривків. Періодично відбувалося витягування «зайвої» порції рукава і його ослаблення в процесі подачі ВР і занурення заряду. У цьому випадку через підвищену адгезію та щільність відбувалося часткове налипання на внутрішню поверхню рукава вибухової суміші, а також посилення частоти і амплітуди ривків. Це в кінцевому рахунку призводило до ослаблення натягу розташованого в свердловині рукава.

Для усунення зазначеного недоліку пропонується рішення сутність якого полягає в тому, що в пристрої для заповнення низхідних свердловин речовиною в рукав, що містить порожнисту направляючу з конусоподібним розширенням в нижній частині, монтується гальмівне пристосування, яке виконано у вигляді двох пружних елементів, розташованих навколо рукава. При цьому пружні елементи пов'язані між собою гнучким зв'язком або один з них з'єднаний з направляючою.

На рис. 6, а, б зображені два варіанти мінімізованого пристрою для заповнення низхідних свердловин речовиною в рукав, розріз.

Пристрій складається з гільзи 1 з конусним розширенням 2 в її нижній частині. На гільзі 1 укладений в «гармошку» рукав 3, нижній кінець якого спущений з конуса 2 і стягнутий затяжкою 4. У нижній частині гільзи 1 в місці переходу її циліндричної частини в конусну встановлено перше пружне гальмівне кільце 5. Нижче конуса встановлено друге пружне гальмівне кільце 6,

яке за допомогою еластичного кріплення 7 приєднано до першого гальмівного кільця 5 або за допомогою чохла 8 і зтяжки 9 до гільзи 1. У кращому варіанті виконання пристрою, нижній кінець рукава зібраний в пакет 10, який разом з грузилом 11 розміщений у власному чохлі 12. Цей пристрій, в залежності від виконання, може бути розміщений над свердловиною і всередині свердловини, за допомогою добре відомих фахівцям пристосувань.

Технологія формування зарядів при використанні модернізованих ППР і зарядних машин аналогічна заряджанню сипучими ВР. Відмітною ознакою є необхідність додаткового управління подачею КРУ відповідно до проекту.

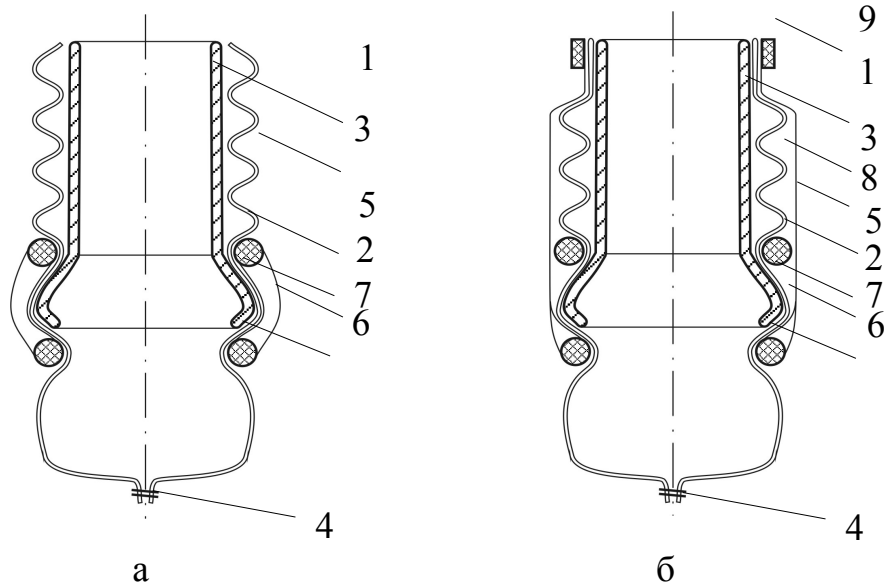


Рис. 6. Принципові схеми варіантів пристрою подачі рукава: *а* – з залежною підвіскою гальмівних кілець; *б* – з незалежною підвіскою гальмівних кілець

На рис. 7 наведено варіант машини з поточним дозуванням і змішуванням компонентів. На рис. 8 наведено фрагмент дозуючого розподільного пристрою КРУ, поєднаного зі штатним циклічним дозатором машини МЗ-8. У цьому варіанті змішування відбувається за рахунок тиску потоків при їх суміщенні, а також в процесі взаємного переміщення компонентів в процесі руху по рукаву і їх падіння на вже сформований стовп заряду.



Рис. 7. Модернізована зарядна машина у процесі заряджання свердловини у рукав поліміксами ГР1/8 з КРУ



Рис. 8. Варіант дозатора модернізованої машини МЗ-8 з пристроєм подачі КРУ

Технологія вибухових робіт з використанням вибухових сумішей сухих сипучих вибухових речовин і КРУ забезпечує гнучке управління властивостями свердловинних зарядів і при рівнозначній якості дроблення порід знижує, в порівнянні з найближчим аналогом (технологією вибухових робіт емульсійними ВР), витрату вибухових матеріалів на 15 ... 30% і їх вартість на 13 ... 28% і більше, в залежності від умов застосування.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Аналітичний огляд відомих літературних джерел показав, що одним з прогресивних методів підвищення економічної ефективності вибухових робіт в кар'єрах є використання зарядів ВР у рукавах з кільцевими зазорами між зарядами і стінками свердловин. Однак, незважаючи на позитивний досвід застосування цієї технології, вона потребує подальшого вдосконалення.

2. Дослідження компонента рідкого ущільнюючого (КРУ), що представляє собою насичений водний розчин солей азотної кислоти, рідкого палива, згущувача і стабілізатора, показали, що КРУ не є окислюючою і горючою речовиною, що не чутливий до удару і тертя, термостабільний, детонаційно не спроможний, не відноситься до небезпечних речовин при зберіганні і транспортуванні і не підпадає під дію правил і стандартів з

перевезення небезпечних вантажів; введення його до сумішевих продуктів знижує їх потенційно небезпечну електризацію; по токсиколого-гігієнічним характеристикам КРУ відноситься до мало небезпечних речовин.

3. Експериментально встановлено, що введення до складу сумішевої ВР КРУ в кількості 35% збільшує його об'ємну концентрацію енергії на 20-25%.

4. Розраховані термодинамічні і детонаційні параметри промислових ВР з КРУ (теплоти вибуху, питомі теплоємності, питомого об'єму, температури вибуху, показників адиабати і політропи продуктів вибуху, початкового тиску та ідеальної роботи вибуху) від вмісту в складі ВР з КРУ при різних вмістах дизельного палива (ДП). Отримані дані відображають якісну картину впливу КРУ і ДП на зазначені вище параметри в рамках відомих наукових підходів до їх розрахунку. Значення розрахункових параметрів досліджуваних ВР змінюються в фізично обґрунтованих межах.

5. Запропонована математична модель для описання динаміки завантаження свердловини, частково заповненої водою, сипучою ВР з КРУ. Межі застосування моделі обмежені сумішами, в яких рідкі компоненти не перевищують 20% об'єму.

6. Встановлено, що надійність формування заряду вибухової суміші з КРУ через стовп води зростає в міру підвищення утримуючого зусилля гальма пристрою подачі рукава і зниження середньої щільності заряду вибухової суміші з КРУ і його висоти. При величині утримуючого зусилля до 500 Н і середньої щільності заряду до $1,15 \cdot 10^3$ кг/м³ забезпечується безперервне формування заряду висотою до 12 м і більше. При великій щільності суміші можливий схід сформованої частини заряду під воду і здавлювання свердловинною водою рукава над нею. Для усунення небезпеки уходу заряду під воду необхідно зменшити середню щільність заряду, створюючи в ньому локальні ділянки з підвищеним і зниженим вмістом КРУ.

7. Технологія вибухових робіт з використанням вибухових сумішей сухих сипучих вибухових речовин з КРУ забезпечує гнучке управління властивостями свердловинних зарядів і при рівнозначній якості дроблення порід знижує, в порівнянні з найближчим аналогом (технологією вибухових робіт емульсійними ВР), зменшення витрати вибухових матеріалів на 15 ... 30% і їх вартість на 13 ... 28% і більше в залежності від умов застосування.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ

1. Кавун С.С. Дослідження ефективності застосування вибухових речовин з рідким активним наповнювачем / С.С. Кавун, Б.Р. Петрачков //10-а Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених, аспірантів і студентів / Національний гірний університет. – м. Дніпропетровськ: ДВНЗ «НГУ», 2016. С. 38-42.

2. Кавун С.С. Руйнування скельних гірських порід вибухом свердловинних зарядів в рукавах / О. О. Фролов, С.С. Кавун / II міжнародна

науково-технічна інтернет-конференція «Інноваційний розвиток гірничодобувної галузі», грудень 2017 р./ Державний вищий національний заклад «Криворізький національний університет.– м. Кривий Ріг: ДВНЗ «КНУ», 2017. – с. 31-32.

3. Кавун С.С. Аналіз наукових досягнень з руйнування гірських порід вибухом свердловинних рукавних зарядів // Перспективи розвитку гірничої справи та раціонального використання природних ресурсів [Текст]: матеріали V-ї всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених, 18–19 квітня 2018 р. – Ж.: Житомирський державний технологічний університет, 2018.

АНОТАЦІЯ

Кавун С.С. Підвищення ефективності руйнування гірських порід вибухом свердловинних рукавних зарядів. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня магістра за спеціальністю 184 «Гірництво» спеціалізації «Розробка родовищ та видобування корисних копалин». – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, 2018.

Дисертація присвячена підвищенню ефективності руйнування гірських порід вибухами свердловинних рукавних зарядів. Здійснено вибір наповнювача до аміачно-селітревих вибухових речовин, який надає енергетичний внесок у вибух і, крім того, підвищують ущільненість вибухової речовини. Запропоновано в якості наповнювача використовувати компонент рідкий ущільнюючий, що представляє насичений водний розчин солей азотної кислоти, рідкого палива, згущувача і стабілізатора складу.

Дослідження рідкого ущільнюючого компоненту показали, що він не є окислюючою і горючою речовиною, що не чутливий до удару і тертя, термостабільний, детонаційно не спроможний, не відноситься до небезпечних речовин при зберіганні і транспортуванні і не підпадає під дію правил і стандартів з перевезення небезпечних вантажів. Введення його до сумішевих продуктів знижує їх потенційно небезпечну електризацію. По токсиколого-гігієнічним характеристикам компонент рідкий ущільнюючий відноситься до мало небезпечних речовин.

Розраховані термодинамічні і детонаційні параметри промислових вибухових речовин з рідким ущільнюючим компонентом (теплоти вибуху, питомі теплоємності, питомого об'єму, температури вибуху, показників адіабати і політропи продуктів вибуху, початкового тиску та ідеальної роботи вибуху) залежно від вмісту в складі вибухової речовини з рідким ущільнюючим компонентом при різних вмістах дизельного палива. Значення розрахункових параметрів досліджуваних вибухових речовин змінюються в фізично обґрунтованих межах.

Запропонована математична модель для описання динаміки завантаження свердловини, частково заповненої водою, сипучою вибуховою речовиною з рідким ущільнюючим компонентом.

Технологія вибухових робіт з використанням вибухових сумішей сухих сипучих вибухових речовин з рідким ущільнюючим компонентом забезпечує гнучке управління властивостями свердловинних зарядів і при рівнозначній якості дроблення порід знижує, в порівнянні з найближчим аналогом (технологією вибухових робіт емульсійними вибуховими речовинами), зменшення витрати вибухових матеріалів на 15 ... 30% і їх вартість на 13 ... 28% і більше в залежності від умов застосування.

Ключові слова: вибух, свердловинний рукавний заряд, вибухова речовина, компонент рідкий ущільнюючий, гірська порода, детонація.

АННОТАЦІЯ

Кавун С.С. Повышение эффективности разрушения горных пород взрывом скважинных рукавных зарядов. - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени магистра по специальности 184 «Горное дело» специализации «Разработка месторождений и добычи полезных ископаемых». - Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», Киев, 2018.

Диссертация посвящена повышению эффективности разрушения горных пород взрывами скважинных рукавных зарядов. Осуществлен выбор наполнителя в аммиачно-селитровых взрывчатых веществах, который дополнительно вносит энергетический вклад во взрыв и, кроме того, повышает уплотненность взрывчатого вещества. В качестве наполнителя предложено использовать компонент жидкий уплотняющий, представляющий насыщенный водный раствор солей азотной кислоты, жидкого топлива, загустителя и стабилизатора состава.

Исследование жидкого уплотняющего компонента показали, что он не является окисляющим и горючим веществом, не чувствителен к удару и трению, термостабильный, не детонационный, не относится к опасным веществам при хранении и транспортировке и не подпадает под действие правил и стандартов по перевозке опасных грузов. Введение его в смесевые продукты снижает их потенциально опасную электризацию. По токсиколого-гигиеническим характеристикам компонент жидкий уплотняющий относится к малоопасным веществам.

Рассчитаны термодинамические и детонационные параметры промышленных взрывчатых веществ с жидким уплотнительным компонентом (теплота взрыва, удельные теплоемкости, удельный объем, температуры взрыва, показатели адиабаты и политропы продуктов взрыва, начальное давление и идеальная работа взрыва) в зависимости от содержания в составе взрывчатого вещества с жидким уплотнительным компонентом при различных содержаниях дизельного топлива. Значение расчетных параметров исследуемых взрывчатых веществ изменяются в физически обоснованных пределах.

Предложена математическая модель для описания динамики загрузки скважины, частично заполненной водой, сыпучим взрывчатым веществом с жидким уплотнительным компонентом.

Технология взрывных работ с использованием взрывчатых смесей сухих сыпучих взрывчатых веществ с жидким уплотнительным компонентом обеспечивает гибкое управление свойствами скважинных зарядов. При равнозначном качестве дробления пород снижает, по сравнению с ближайшим аналогом (технологии взрывных работ эмульсионными взрывчатыми веществами), расход взрывчатых материалов на 15. .. 30% и их стоимость на 13 ... 28% и более в зависимости от условий применения.

Ключевые слова: взрыв, скважинный рукавный заряд, взрывчатое вещество, компонент жидкий уплотняющий, горная порода, детонация.

ABSTRACT

Kavun S.S. Increasing the efficiency of rock destruction by exploding well borehole charges. - Manuscript.

Thesis for a master's degree in specialty 184 "Mining" specialization "Development of deposits and mining of minerals." - National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute named after Igor Sikorsky", Kiev, 2018.

The thesis is devoted to increasing the effectiveness of rock destruction by blast hole borehole charges. The choice of filler in ammonia-nitrate explosives has been made, which makes an energy contribution to the explosion and, in addition, increases the compactness of the explosive. As a filler, it has been proposed to use a liquid sealing component, which is a saturated aqueous solution of nitric acid salts, liquid fuel, thickener and stabilizer composition.

The study of the liquid sealing component showed that it is not an oxidizing and combustible substance, it is not sensitive to shock and friction, it is thermostable, not detonating, does not belong to dangerous substances during storage and transportation and is not subject to the rules and standards for the transport of dangerous goods. Its introduction into mixed products reduces their potentially dangerous electrization. On the toxicological and hygienic characteristics, the liquid sealing component refers to low-risk substances.

The thermodynamic and detonation parameters industrial explosives with a liquid sealing component (heat of explosion, the specific heat capacity, specific volume, the explosion temperature indicators adiabatic and polytropic explosion products, the initial pressure and a perfect job explosion) depending on the content in the composition of the explosive with a liquid sealing component with different contents of diesel fuel. The value of the calculated parameters of the investigated explosives varies in physically reasonable limits.

A mathematical model is proposed for describing the dynamics of loading a well, partially filled with water, with a loose explosive substance with a liquid sealing component.

The technology of blasting operations using explosive mixtures of dry bulk explosives with liquid sealing component provides flexible control of properties of well charges. With an equivalent quality of rock crushing, compared to the closest analogue (blasting technology with emulsion explosives), the consumption of explosive materials by 15. .. 30% and their cost by 13 ... 28% or more, depending on the conditions of use.

Key words: explosion, borehole sleeve charge, explosive, liquid sealing component, rock, detonation.