

**ПРО ЗНИЖЕННЯ ПЕРЕБУРУ ПРИ ВИКОРИСТАННІ
СВЕРДЛОВИННОГО ЗАРЯДУ З КУМУЛЯТИВНИМ ЕФЕКТОМ**

М. В. Помазан, О. А. Юрко

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна.

E-mail: super_maromazan@ukr.net.

Розглянуто нову конструкцію свердловинних зарядів вибухових речовин, засновану на зміні напрямку руху ударної хвилі і газоподібних продуктів детонації. Теоретичні розрахунки і виконані експериментальні дослідження показали, що застосування конструкції заряду з кумулятивною виїмкою і концентратором ударних хвиль, піднятого на $2d_{ш}$ істотно покращує опрацювання підосви уступу і не погіршує показник дроблення масиву по всій його висоті. За рахунок посилення радіального впливу продуктів детонації на нижню частину свердловини, дозволяє знизити величину перебуру на 1 м і зменшити витрати вибухової речовини на 50 кг на кожну свердловину без погіршення інтенсивності вибухового руйнування гірських порід.

Ключові слова: вибух, вибухова речовина, гірська порода, заряд, свердловина, кумулятивний ефект, ударна хвиля, продукти детонації.

**О СНИЖЕНИИ ПЕРЕБУРА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ
СКВАЖИННОГО ЗАРЯДА С КУМУЛЯТИВНЫМ ЭФФЕКТОМ**

М. В. Помазан, А. А. Юрко

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина.

E-mail: super_maromazan@ukr.net.

Рассмотрены новые конструкции скважинных зарядов взрывчатых веществ, основанные на изменении направления движения ударной волны и газообразных продуктов детонации. Теоретические расчеты и выполненные экспериментальные исследования показали, что применение конструкции заряда с кумулятивной выемкой и концентратором ударных волн, поднятого на $2d_{ш}$ существенно улучшает проработку подошвы уступа и не ухудшает показатель дробления массива по всей его высоте. За счет усиления радиального воздействия продуктов детонации на нижнюю часть скважины, позволяет снизить величину перебура на 1 м и уменьшить расходы взрывчатого вещества на 50 кг на каждую скважину без ухудшения интенсивности взрывного разрушения горных пород.

Ключевые слова: взрыв, взрывчатое вещество, горная порода, заряд, скважина, кумулятивный эффект, ударная волна, продукты детонации.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Основною особливістю розвитку світової гірничої промисловості на найближчу перспективу залишається стійка орієнтація на відкритий спосіб розробки, що забезпечує найкращі економічні показники. В даний час на відкритих гірських розробках більше 80 % обсягів скельних порід

ЗАСТОСУВАННЯ ПІДРИВНИХ РОБІТ НА ДЕННІЙ ПОВЕРХНІ Й У ПІДЗЕМНИХ УМОВАХ

руйнується з застосування енергії вибуху, ефективно використання якої багато в чому зумовлює собівартість кінцевого продукту – витрати на буровибухові роботи (БВР) в загальній вартості одиниці видобутої гірничої маси становлять до 30...35 % [1]. Найважливішим завданням, що стоїть перед гірничодобувними підприємствами в сучасних умовах, є забезпечення їх конкурентоспроможності, що неможливо без зниження загальних витрат на випуск готової продукції. Зниження витрат вимагає значних капітальних вкладень, а більшість гірських підприємств не мають достатніх коштів на оновлення техніки і технології. Тому досить гостро постає питання розробки нових засобів і технологій, які дозволили б без великих капітальних вкладень значно знизити витрати на розробку корисних копалин.

В даний час до основних параметрів, якими працівники спеціалізованих організацій можуть управляти в процесі виробництва вибухових робіт, можна віднести тип вибухової речовини (ВР) [2, 3], конструкцію заряду [4, 5]. Серед перерахованих факторів найбільш поширеним є регулювання витрат за рахунок ВР, а застосування нових конструкцій і зменшення перебуру як і раніше не знаходять широкого використання (за винятком водонепроникних рукавів). І це при тому, що на деяких кар'єрах величина перебуру становить 2...4 м, що призводить до істотного збільшення часу і вартості буріння (на 20...30 % підвищуються витрати на буріння і ВР) [6].

Для усунення проблеми перебуру останнім часом розроблені нові конструкції свердловинних зарядів ВР, засновані на зміні напрямку руху ударної хвилі і газоподібних продуктів детонації (ПД). Даний ефект досягається за рахунок розміщення в дні свердловини концентратора ударних хвиль (КУХ) [7, 8].

Використання концентратора ударних хвиль за рахунок його спеціальної форми дозволяє посилити радіальну дію продуктів вибуху і підвищити, тим самим, ефективність вибухового руйнування гірських порід. Проведені експерименти показали, що застосування даних пристроїв на 10 % знижує витрату ВВ і на 15 % – обсяг буріння [7].

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. На практиці, застосування заряду з кумулятивним ефектом і КУХ повинне відбитися на зміні гранулометричного складу підірваного масиву. Для уточнення цього питання були проведені лабораторні експерименти по дослідженню характеру руйнування об'ємних моделей подовженими зарядами різної конструкції. Моделі представляли собою кубики розміром 130×130×130 мм, виготовлені з однієї гранітної плити. Середня маса однієї моделі 4578 гр. В середині моделі висвердлювали шпур діаметром 5 мм і глибиною 80 мм. У процесі досліджень виконано чотири серії експериментів з різними конструкціями зарядів. Дослідженню піддавалися заряди наступної конструкції: суцільний заряд, піднятий над дном свердловини на $1d_{\text{ш}}$; заряд з кумулятивною виїмкою $2\alpha=30^\circ$, піднятий на $2d_{\text{ш}}$; заряд з кумулятивною виїмкою $2\alpha=30^\circ$, піднятий на $2d_{\text{ш}}$ і вставкою в донній частини, кут біля основи якої дорівнює 30° . В якості контрольного заряду застосовували суцільний заряд, розташований на дні свердловини. Після вибуху з допомогою ситового сортування визначали гранулометричний склад зруйнованих моделей (табл. 1).

**ЗАСТОСУВАННЯ ПІДРИВНИХ РОБІТ НА ДЕННІЙ ПОВЕРХНІ
Й У ПІДЗЕМНИХ УМОВАХ**

Таблиця 1 – Вплив конструкції заряду на інтенсивність дроблення моделей
(довжина заряду 50 мм)

Фракція, мм	Процентний вміст фракцій при використанні			
	суцільного заряду	суцільного заряду піднятого над дном свердловини на $1d_{ш}$	заряду з кумулятивною виїмкою, піднятого над дном свердловини на $2d_{ш}$	заряду з кумулятивною виїмкою і вставкою
0-8	4,31	4,17	4,52	3,8
8-12	4,04	3,96	4,36	4,25
12-16	4,67	5,13	3,44	6,67
16-20	5,11	5,72	3,83	7,52
20-25	6,19	7,96	6,72	10,78
25-30	9,78	9,11	9,02	11,49
30-40	12,02	11,09	11,72	12,31
40-50	17,07	15,59	17,18	13,47
50-60	17,74	17,74	18,41	13,95
60-70	19,07	19,53	20,8	15,76
Діаметр середнього шматка, мм	44,4	44,0	45,5	40,6

Результати проведених експериментів підтвердили ефективність застосування запропонованої конструкції заряду. Показники суцільного заряду, піднятого на $1d_{ш}$ такі: вихід дрібних фракцій зменшився на 3,2 %, вихід великих фракцій і розмір середнього шматка практично не змінився в порівнянні з суцільним зарядом, розташованим на дні. Застосування заряду з кумулятивною виїмкою, піднятого над дном свердловини на $2d_{ш}$ дало наступні результати: вихід великих фракцій збільшився на 9 %, вміст дрібних фракцій збільшилася на 4,8 %, а діаметр середнього шматка збільшився на 2,4 % в порівнянні з контрольним зарядом. Порівнюючи показники контрольного заряду з показниками заряду з кумулятивним ефектом і КУХ в донній частини, слід відзначити зменшення діаметра середнього шматка на 8,5 %, при цьому на 17,4 % знизився вихід великих фракцій (60-70 мм), вміст дрібних фракцій зменшився на 11,8 %.

У наступній серії експериментів було вивчено вплив зміни маси заряду на гранулометричний склад моделей що підривались. Застосовуючи ті ж конструкції зарядів, що і в попередній серії експериментів, зменшили масу заряду (відповідно і його довжину) на 20 %. Результати даних експериментів порівнювали з параметрами суцільного заряду, розташованого на дні і довжиною заряду 50 мм. Показники гранулометричного складу наведені в табл. 2.

**ЗАСТОСУВАННЯ ПІДРИВНИХ РОБІТ НА ДЕННІЙ ПОВЕРХНІ
Й У ПІДЗЕМНИХ УМОВАХ**

Таблиця 2 – Вплив конструкції заряду на інтенсивність дроблення моделей
(довжина заряду 40 мм)

Фракція, мм	Процентний вміст фракцій при використанні			
	суцільного заряду	суцільного заряду піднятого над дном свердловини на $1d_{ш}$	заряду з кумулятивною виїмкою, піднятого над дном свердловини на $2d_{ш}$	заряду з кумулятивною виїмкою і вставкою
4-8	4,31	3,92	4,09	3,86
8-12	4,04	3,51	3,77	3,9
12-16	4,67	3,5	3,44	4,59
16-20	5,11	3,91	3,33	6,32
20-25	6,19	5,86	4,41	8,78
25-30	9,78	8,13	8,12	11,78
30-40	12,02	12,63	13,17	13,57
40-50	17,07	18,07	18,45	15,02
50-60	17,74	18,66	20,2	15,06
60-70	19,07	21,81	21,02	17,12
Діаметр середнього шматка, мм	44,4	46,5	46,9	42,5

Аналізуючи результати даної серії експериментів можна зробити висновок, що зменшення маси заряду позначилося на розмірі середнього шматка при застосуванні всіх досліджуваних конструкцій в бік його збільшення. У порівнянні з контрольним зарядом, діаметр середнього шматка при застосуванні суцільного заряду піднятого на $1d_{ш}$ збільшився на 4,7 %, заряду з кумулятивним ефектом, піднятого над дном свердловини на $2d_{ш}$ на 5,6 %, в той же час діаметр середнього шматка в заряді з кумулятивним ефектом і КУХ показник на 4,3 % менше контрольного. Вихід великих фракцій збільшився при застосуванні суцільного заряду піднятого на $1d_{ш}$ і заряду з кумулятивним ефектом, піднятого над дном свердловини на $2d_{ш}$ відповідно на 14,3 % і 10,2 %, а показники заряду з кумулятивним ефектом і КУХ на 10,2 % менше контрольного. Вихід дрібних фракцій зменшився при застосуванні всіх конструкцій зарядів на 9 %, 5,1 % і на 10,4 % відповідно.

Таким чином, проведені експерименти підтвердили припущення, що застосування заряду з кумулятивним ефектом і КУХ, дозволяє більш ефективно використовувати енергію газоподібних ПД і відбитих ударних хвиль, що призводить до зниження виходу негабаритних фракцій на 17,4 % і зменшення виходу дрібних фракцій на 11,8 %, а так само зменшення розміру середнього шматка на

ЗАСТОСУВАННЯ ПІДРИВНИХ РОБІТ НА ДЕННІЙ ПОВЕРХНІ Й У ПІДЗЕМНИХ УМОВАХ

8,5 %. Зменшення маси заряду на 20% в даній конструкції призводить до зменшення розміру середнього шматка на 4,3 %, зменшення виходу великих і дрібних фракцій відповідно на 10,2 % і 10,4 %.

Для оцінки впливу форм нижньої частини заряду і дна шпура на характер руйнування нижніх шарів моделі і ступінь опрацювання підосви уступу було проведено кілька серій лабораторних експериментів [9, 10]. Досліди проводилися на об'ємних моделях з граніту. Розміри моделі становили 144×100×100 мм. Форма моделі імітувала уступ з кутом укосу 75°. У моделі висвердлювали шпур діаметром 4 мм і довжиною 48...55 мм. В донній частині заряду формували конічні кумулятивні виїмки з різною величиною кута розчину ($2\alpha=30...120^\circ$). Форму дна свердловини змінювали шляхом розташування на дні КУХ.

При підриванні модель затискали з бічних сторін в спеціальному пристрої. Після вибуху проводили виміри профілю підосви уступу моделі перпендикулярно фронту відбивки. В якості контрольної використовували результати експериментів з зарядом без кумулятивної виїмки і плоскою формою дна свердловини.

Серія експериментів, проведена з зарядами з кумулятивною виїмкою в свердловині без перебуру, підтвердила високу ефективність використання заряду, піднятого на $2d_{ш}$. У цьому випадку (рис. 1, графік 4) утворюється найбільша площа руйнування, на відстані $5r_0$ величина зниження досягає максимуму, а проектна відмітка уступу збігається з профілем руйнування на відстані більш $15r_0$. «Стакан» відсутній. Решту результатів, отриманих в цій серії, можна узагальнити наступним чином: відхилення величини повітряного зазору від оптимального значення призводить до погіршення ступеня опрацювання підосви уступу. «Стакани», які залишаються при цьому мають мінімальну величину 3 мм (заряд піднятий на $1d_{ш}$ і на $3d_{ш}$, рис. 1, графіки 3 і 5) і зростають до 10 мм при використанні заряду, розташованого на дні (рис. 1, графік 2).

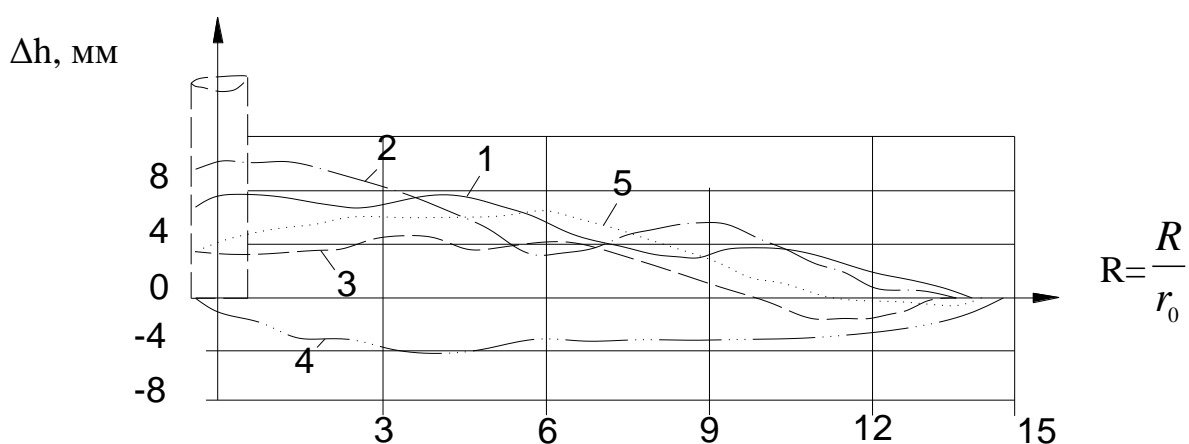


Рисунок 1 – Профіль зони руйнування моделі в свердловині без перебуру в залежності від конструкції заряду: 1 – суцільний заряд на дні; 2 – заряд з кумулятивною виїмкою на дні; 3, 4, 5 – заряди з кумулятивною виїмкою, підняті відповідно на $1d_{ш}$, $2d_{ш}$ і $3d_{ш}$

ЗАСТОСУВАННЯ ПІДРИВНИХ РОБІТ НА ДЕННІЙ ПОВЕРХНІ Й У ПІДЗЕМНИХ УМОВАХ

У наступних серіях експериментів ми використовували заряди з кумулятивною виїмкою і вставкою на дні шпуру, форма якої є конус.

При використанні даної конструкції заряду в свердловині без перебуру можна відзначити такі особливості руйнування моделей. Найкращі результати досягаються при піднятті заряду над вставкою на $2d_{ш}$ (рис. 2). У цьому випадку від осі заряду йде різке зниження профілю руйнування, в якійсь мірі збігається з дотичною до профілю вставки в основі. Максимальне його значення досягається на відстані $5r_0$, після чого на відстані $15r_0$ профіль руйнування виходить на рівень позначки уступу. «Стакан» при цьому відсутній, а площа зруйнованої зони нижче підосви уступу має максимальне значення.

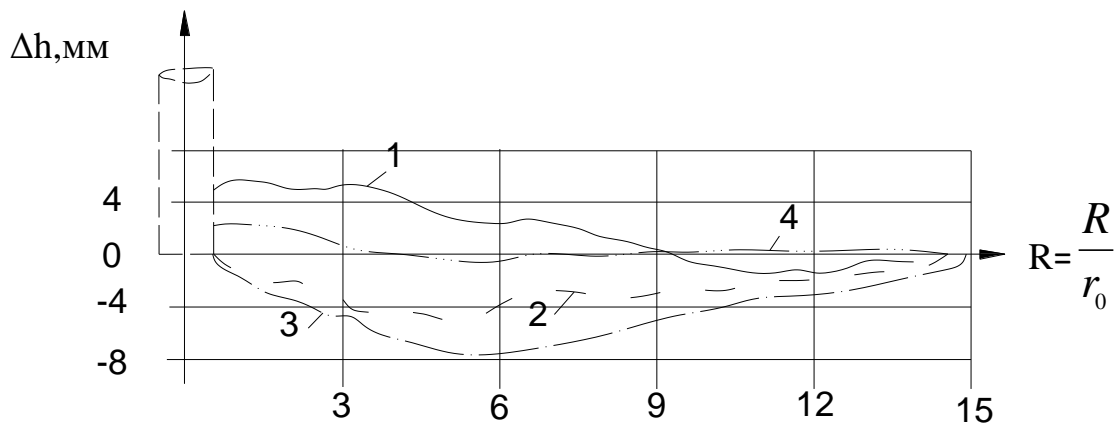


Рисунок 2 – Профіль зони руйнування моделі в свердловині без перебуру в залежності від конструкції заряду: 1 – суцільний заряд на дні; 2, 3, 4 – заряд з кумулятивною виїмкою і вставкою, піднятий відповідно на 1, 2 і $2,5d_{ш}$)

Проведені лабораторні дослідження показали, що наявність вставки дозволяє посилити радіальну дію ПД в донній частині шпура і поліпшити опрацювання підосви уступу.

Комбінація кумулятивної виїмки в нижній частині заряду і вставки на дні свердловини дозволяє досягти проектної позначки уступу без перебуру, що істотно підвищує ефективність БВР.

При виконанні теоретичних і лабораторних досліджень було встановлено, що при використанні заряду з кумулятивною виїмкою і концентратором ударних хвиль досягається посилення радіального дії ПД, що підвищує ефективність дії нижньої частини заряду вибухової речовини і забезпечує краще опрацювання підосви уступу за рахунок спільного використання кумулятивного ефекту та концентратора ударних хвиль. Це дозволить знизити величину перебуру свердловинних зарядів, вийти на проектну відмітку підосви уступу і забезпечити необхідний гранулометричний склад підірваної маси.

Для оцінки ефективності використання запропонованої нами конструкції заряду в промислових умовах були проведені дослідження на ВАТ «Рижевський гранітний кар'єр», який розробляє Редутське родовище гранітів.

ЗАСТОСУВАННЯ ПІДРИВНИХ РОБІТ НА ДЕННІЙ ПОВЕРХНІ Й У ПІДЗЕМНИХ УМОВАХ

Вибух проводився на блоці №11 горизонту +19,0 м. Блок був розбитий на дві ділянки: контрольну і дослідну. Параметри БВР, використовувані при проведенні промислових експериментів (контрольна ділянка блоку №11): сітка свердловин 6×6 м, глибина – 13,5 м, діаметр свердловин – 0,215 м; тип ВВ – Анемікс-70, питома витрата ВР – 0,8 кг/м³, перебув – 1 м. На дослідній ділянці параметри БВР відрізнялися відсутністю перебуву, тобто глибина свердловин становила 12,5 м, питома витрата ВР складала 0,7 кг/м³.

Результати, отримані після проведення маркшейдерської зйомки на блоці, підтверджують можливість виходу на проектну відмітку уступу без перебуву в 1 метр при застосуванні запропонованої конструкції заряду.

Обробка характерних фотопланогам дозволила визначити гранулометричний склад зруйнованої маси (табл. 3), після кожного вибуху.

Таблиця 3 – Вплив конструкції заряду на інтенсивність вибухового руйнування гірських порід в умовах Рижівського кар'єра

Ділянка	Процентний вміст фракцій, мм					Діаметр середнього шматка, мм
	0-100	100-200	200-400	400-600	600-800	
Контрольна	39,9	26,5	21,0	8,9	3,7	259,9
Дослідна	38,4	25,1	23,3	9,3	3,9	268,8

Обробка результатів експериментів показала, що використання нової конструкції заряду незначно погіршує загальні показники гранулометричного складу (середній шматок підірваної маси збільшився на 3,4 %, в порівнянні з контрольною ділянкою, вихід великих фракцій збільшився на 5,4 %, а дрібних фракцій зменшився на 3,7 %), проте при цьому повністю відсутній перебув і на 12,5 % зменшується питома витрата вибухової речовини.

Результати проведених експериментів підтвердили ефективність і економічну доцільність застосування конструкції заряду з кумулятивним ефектом і концентратором ударних хвиль, розташованому на дні свердловини. Дана конструкція заряду посилює радіальне дію ПД, покращує опрацювання підосви уступу і дозволяє на 50 кг зменшити масу заряду в кожній свердловині.

ВИСНОВКИ. Проведені теоретичні, експериментальні та промислові дослідження показали, що:

1. Застосування конструкції заряду з кумулятивною виїмкою і вставкою, піднятого на $2d_{ш}$ істотно покращує опрацювання підосви уступу і не погіршує показник дроблення масиву по всій його висоті.

ЗАСТОСУВАННЯ ПІДРИВНИХ РОБІТ НА ДЕННІЙ ПОВЕРХНІ Й У ПІДЗЕМНИХ УМОВАХ

2. Використання свердловинних зарядів з кумулятивним ефектом і КУХ, за рахунок посилення радіального впливу ПД на нижню частину свердловини, дозволяє знизити величину перебуру на 1 м і зменшити витрати ВР на 50 кг на кожну свердловину без погіршення інтенсивності вибухового руйнування гірських порід.

ЛІТЕРАТУРА

1. Оптимизация буровзрывных работ при добыче скальных строительных материалов / И. В. Наумец [и др.] // Информационный бюллетень украинского союза инженеров-взрывников. – 2010. – № 3. – С. 11–12.
2. Современные тенденции в использовании взрывчатых веществ на нерудных карьерах Украины / Э.И. Ефремов, Н.В. Савченко, И.В. Махоня, Ю.Н. Чебенко, Е.В. Польская // Сучасні ресурсозберігаючі технології гірничого виробництва: науково-виробничий журнал. – Кременчук: КрНУ, 2011. – Вип. 1/2011(7). – С. 37–45.
3. Особенности применения газообразующих и инертных добавок в зарядах взрывчатых веществ / В.Н. Долударев, Ю.В. Дзекун, А. А. Юрко, Я.С. Долударева // Сучасні ресурсозберігаючі технології гірничого виробництва: науково-виробничий журнал. – Кременчук: КрНУ, 2016. – Вип. 2(18). – С. 17–25.
4. Лещинский А.В., Шевкун Е.Б. Средства и способы рассредоточения скважинных зарядов // Дальний Восток–1: сборник статей. – М.: «Горная книга» – 2009. – № ОВ 4. – С. 23–34.
5. Воробьев В.В., Щетинин В.Т. Изменение параметров зоны трещинообразования в твердой среде при многоточечном инициировании // Сучасні ресурсозберігаючі технології гірничого виробництва: науково-виробничий журнал. – Кременчук: КДПУ, 2008. – Вип. 1/2008 (1). – С. 86–90.
6. Горная энциклопедия: В 5 т. / Гл. ред. Е. А. Козловский. – М.: Советская энциклопедия, 1984 – 1991. – 575 с.
7. Пеев А.М. Влияние формы заряда в донной части шпура на степень проработки подошвы уступа / Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету: Наукові праці КДПУ. – Кременчук: КДПУ, 2004. – Вип. 1/2004 (24). – С. 63–64.
8. Vorobyov V., Pomazan M., Shlyk S., Vorobyova L. Simulation of dynamic fracture of the borehole bottom taking into consideration stress concentrator / Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. V.3, n. 1(87), pp. 53–62, jun. 2017. ISSN 1729-4061.
9. Помазан М. В. О влиянии кумулятивного эффекта в удлиненном заряде на изменение степени проработки подошвы уступа // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КДПУ, 2009. – Вип. 1/2009 (54), част. 1. – С. 97–102.
10. Воробйов В.В., Помазан М.В. Використання кумулятивного ефекту на підсилення руйнування нижніх шарів масиву // Сучасні ресурсозберігаючі технології гірничого виробництва: науково-виробничий журнал. – Кременчук: КДПУ, 2009. – Вип. 1/2009(3). – С. 21–25.

**ABOUT REDUCING THE OVERDRILL WHEN USING A WELL CHARGE
WITH A CUMULATIVE EFFECT**

M. Pomazan, O. Yurko

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University
vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine.

E-mail: super_mapomazan@ukr.net.

Purpose. Investigation of the efficiency of the design of the well charge with the cumulative effect and the shockwave concentrator on the granulometric composition of the blown massif and the degree of elaboration of the bench-floor. **Methodology** During laboratory experiments using sieve sorting, the granulometric composition of the exploded array was studied, depending on the use of charges of different designs. An estimation of the influence of the forms of the lower part of the charge and the bottom of the hole on the nature of the destruction of the lower layers of the model and the degree of elaboration of the sole of the ledge were investigated by subversion of models simulating the quest for a quarry. After the explosion measurements of the profile of the sole of the tip of the model were perpendicular to the front of the reflection. In order to evaluate the efficiency of the proposed construction of the charge in industrial conditions, research was carried out at OJSC " Ryzhevsky granite quarry", which develops the Granite Quarry Reduts'kyi. **Results.** The experimental and industrial studies have shown that the combination of cumulative drainage in the lower part of the charge and the insertion at the bottom of the well allows to increase the radial action of the PD in the bottom of the hole and improve the elaboration of the sole of the ledge, to achieve the design mark of the ledge without overturning, which significantly increases the efficiency of drilling operations; the use of borehole charges with cumulative effect and CU, due to increased radial impact of the AP on the lower part of the well, reduces the amount of perforation by 1 m and reduce the cost of explosives by 50 kg per well without the deterioration of the intensity of explosive destruction of rocks. **Originality.** For the first time, the results of experimental and industrial studies of the use of a well-shaped charge design with the cumulative effect and the shock wave concentrator were obtained. **Practical value.** The proposed design of the borehole charge can be used in the mining industry under an open method for the development of mineral deposits. References 10, tables 3, figure 3.

Key words: explosion, explosive, rock, charge, well, cumulative effect, shock wave, detonation products.

REFERENCES

1. Naumets, I. and others (2010), "Optimization of drilling and blasting operations in the mining of rock building materials", *Informatsionnyi byulleten ukrainskogo soyuzu inzhenerov-vzryivnikov*, no. 3, pp. 11–12.
2. Efremov, E., Savchenko, N., Makhonia, I., Chebenko, Yu., Polskaia, Ye. (2011), "Modern trends in the use of explosives on non-metallic open-cast mines in Ukraine", *Suchasni resursoenergozberigauchi tehnologiyi girnychogo vyrobnytstva*, vol. 1, no. 7, pp. 37–45.

ЗАСТОСУВАННЯ ПІДРИВНИХ РОБІТ НА ДЕННІЙ ПОВЕРХНІ Й У ПІДЗЕМНИХ УМОВАХ

3. Doludarev, V., Dzekun, Yu., Yurko, A., Doludareva, Ya. (2016), “Features of the use of gas-forming and inert additives in charges of explosives”, *Suchasni resursoenergozberigauchi tehnologiyi girnychogo vyrobnytstva*, vol. 2, no. 18, pp. 17–25.
4. Leschynskyi, A., Shevkun, Ye. (2009), “Means and methods of dispersal of borehole charges”, *Dalnyi Vostok–1: sbornik statey*, no. OB4, pp. 23–34.
5. Vorobyov, V., Schetyn, V. (2008), “Change in the parameters of the crack zone in a solid medium with multipoint initiation”, *Suchasni resursoenergozberigauchi tehnologiyi girnychogo vyrobnytstva*, vol. 1, no. 1, pp. 86–90.
6. Kozlovskiy, Ye. (1984-1991), *Gornaya entsiklopediya* [Mining encyclopedia], Sovetskaya entsiklopediya, Moscow, USSR.
7. Pejev, A. (2004), “Influence of the shape of the charge in the bottom of the hole on the degree of processing of the sole of the ledge”, *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi State Polytechnic University*, vol. 1, no. 24, pp. 63–64.
8. Vorobyov, V., Pomazan, M., Shlyk, S., Vorobyova, L. (2017), “Simulation of dynamic fracture of the borehole bottom taking into consideration stress concentrator”, *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, vol. 3, no. 1(87), pp. 53–62, ISSN 1729-4061.
9. Pomazan, M. (2009), “On the effect of the cumulative effect in the elongated charge on the change in the degree of processing of the sole of the ledge”, *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi State Polytechnic University*, vol. 1, no. 54, pp. 97–102.
10. Vorobyov, V., Pomazan, M. (2009), “Using a cumulative effect to enhance the destruction of the lower layers of the array”, *Suchasni resursoenergozberigauchi tehnologiyi girnychogo vyrobnytstva*, vol. 1, no. 3, pp. 21–25.

Стаття надійшла 17.11.2017.