

Л. А. Сербінова, канд. техн. наук

А. О. Водяник, д-р техн. наук

ДУ «Національний науково-дослідний інститут промислової безпеки та охорони праці»
вул. Вавілових, 13, м. Київ, 04060, Україна. E-mail: larisa_serbinova@meta.ua

О. В. Петренко, студентка

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут
ім. Ігоря Сікорського»
просп. Перемоги, 37, м. Київ, 03056, Україна

ВПЛИВ СКЛАДУ ВИБУХОВОЇ РЕЧОВИНИ НА ЗАБРУДНЕННЯ РОБОЧОЇ ЗОНИ ПРИ МАСОВИХ ВИБУХАХ НА ГРАНІТНИХ КАР'ЄРАХ

У роботі визначено основні причини погіршення стану здоров'я працівників гранітних кар'єрів, перераховано можливі способи усунення негативного впливу вибухових робіт на людей та навколишнє середовище, розглянуто вплив хімічного складу вибухової речовини на величину кисневого балансу та кількість утворених отруйних газів.

Досліджено вплив складу вибухової речовини на забруднення робочої зони при масових вибухах на гранітних кар'єрах. Показано переваги неелектричних систем ініціювання зарядів, за допомогою яких здійснюється ініціювання заряду вибухової речовини з дна свердловини, тим самим не порушуючи її цілісності.

Ключові слова: здоров'я працівників, видобування блочного каменю, масові вибухи, склад вибухової речовини, кисневий баланс, шкідливі гази.

Л. А. Сербінова, канд. техн. наук

А. Е. Водяник, д-р техн. наук

ГУ «Национальный научно-исследовательский институт промышленной безопасности и охраны труда»

ул. Вавиловых, 13, г. Киев, 04060, Украина. E-mail: larisa_serbinova@meta.ua

О. В. Петренко, студентка

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт
им. Игоря Сикорского»
просп. Победы, 37, г. Киев, 03056, Украина

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ ПРИ МАССОВЫХ ВЗРЫВАХ НА ГРАНИТНЫХ КАРЬЕРАХ

В работе определены основные причины ухудшения состояния здоровья работников гранитных карьеров, перечислено возможные способы устранения вредного воздействия взрывных работ на людей и окружающую среду, рассмотрено влияние химического состава взрывчатого вещества на величину кислородного баланса и количество образующихся ядовитых газов.

Исследовано влияние состава взрывчатого вещества на загрязнение рабочей зоны при массовых взрывах на гранитных карьерах. Показаны преимущества неэлектрических систем

инициирования зарядов, при помощи которых осуществляется инициирование заряда взрывчатого вещества со дна скважины, тем самым не нарушая ее целостности.

Ключевые слова: здоровье работников, добыча блочного камня, массовые взрывы, состав взрывчатого вещества, кислородный баланс, вредные газы.

Актуальність роботи. Розглядаючи Україну з позиції забезпеченості мінерально-сировинними ресурсами, можна зазначити, що вона належить до багатих країн Європи. Одним із потенційно вигідних способів використання мінерально-сировинної бази є видобуток мінеральної сировини – природного будівельного каменю, сумарні поклади якого становлять понад 500 млн м³. Державним балансом України враховано 708 родовищ будівельного каменю, з яких розробляється близько 390 [1, с. 3].

Процес видобування блочного каменю характеризується підвищеним рівнем небезпеки умов праці на всіх етапах виробництва.

Аналіз стану безпеки та гігієни праці на підприємствах гірничо-металургійного комплексу свідчить про високий рівень виробничого травматизму та професійних захворювань, пов'язаних з недостатніми заходами захисту працюючого персоналу від факторів травмування та шкідливих умов [2].

Так, небезпека наднормативного забруднення дрібнодисперсним пилом атмосферного повітря в кар'єрі та за його межами при проведенні гірничих робіт, як показано в численних публікаціях, є актуальною [3, 4].

Така ситуація на гірничих підприємствах зумовлена використанням дробарного обладнання, автотранспорту, проведенням буропідричних робіт, транспортуванням та перевантаженням видобутої сировини. Як наслідок, усі технологічні процеси призводять до шуму та вібрації на підприємстві, загазованості та запиленості повітря, підвищення рівня теплового випромінювання та ін.

Особливу загрозу для безпеки та гігієни праці становить перевищення вмісту забруднюючих речовин в робочій зоні кар'єру.

Щорічно на гірничо-збагачувальних комбінатах (далі - ГЗК) в межах видобувної області в атмосферу викидається більш ніж 612 тис. тонн шкідливих речовин (оксид вуглецю, оксиди азоту, сірчистий газ, сірководень, пил та інші) [5, с. 48]. У працівників ГЗК ці речовини призводять до небезпечних професійних захворювань, таких як пневмокониоз, силікози тощо.

Найбільше забруднюється атмосферне повітря під час проведення масових вибухів – невід'ємного технологічного процесу, пов'язаного з використанням вибухових речовин (далі – ВР) різного хімічного складу. Небезпечність вибухових робіт визначається безпосереднім контактом працівників із вибуховими матеріалами, трудомісткістю окремих технологічних операцій з буріння свердловин, заряджання та підривання. Практично відсутні розробки із забезпечення безпечних і нешкідливих умов праці працівників.

У багатьох сучасних дослідженнях приділяється увага вивченню стану здоров'я працівників гірничорудної промисловості, у тому числі підричників, які поряд із впливом компонентів ВР зазнають дії підвищеної запиленості та

загазованості повітря робочої зони, шуму, несприятливого мікроклімату, важкості та напруженості праці та вирішенню проблеми його збереження [6].

Таким чином, дослідження з цієї проблематики на каменевидобувних підприємствах із видобутку блочного каменю є актуальними.

Метою роботи є дослідження впливу складу вибухової речовини на забруднення робочої зони при масових вибухах на гранітних кар'єрах.

Матеріали і результати досліджень. Напрями наукових досліджень у галузі руйнування масивів блочного каменю можна сформулювати так:

- вдосконалення існуючих і розробка нових способів вибухового відділення моноліту від масиву;
- розвиток теорії вибуху в блочних породах, механізму виникнення тріщинуватості при вибуху;
- способи регулювання вибухом направленої дії;
- розробка нових типів вибухових речовин для каменевидобувної промисловості;
- створення нових видів засобів механізації вибухових робіт.

За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (далі – ВООЗ) сукупність професійно-виробничих і екологічних факторів у поєднанні зі стресовими перевантаженнями є причинами розвитку більшості хвороб; близько 40 % захворювань з тимчасовою непрацездатністю (далі - ТН) є наслідком шкідливих умов праці.

Під час аналізу умов виробничої санітарії середовища робочої зони необхідно розглядати негативний вплив на людину, а саме:

- 1) несприятливих метеорологічних факторів;
- 2) недостатнього освітлення об'єктів та елементів обладнання;
- 3) значного акустичного навантаження та вібрації;
- 4) підвищеного теплового випромінювання;
- 5) іонізуючого випромінювання;
- 6) електромагнітного випромінювання;
- 7) підвищеної концентрації парів, газу та інших шкідливих речовин під час втрати герметичності обладнання;
- 8) ультразвукового випромінювання;
- 9) інфразвукового випромінювання тощо.

Серед вищеперерахованих потенційних небезпек і шкідливих факторів виробничого середовища при проведенні масових вибухів на працівників кар'єрів найбільше чинять вплив: акустичне навантаження та вібрація, підвищена–концентрація парів, газу та інших шкідливих речовин, а також підвищене теплове випромінювання.

Розробка родовищ корисних копалин відкритим способом має проводитись згідно з НПАОП 0.00-1.24-10 «Правила охорони праці під час розробки родовищ корисних копалин відкритим способом» і затвердженим проектом. Підприємство повинно також мати встановлену геологічну і маркшейдерську документацію; план гірничих робіт, затверджений технічним керівником підприємства та погоджений із місцевими органами Держпраці спеціальний

дозвіл (ліцензію) на здійснення експлуатації родовищ корисних копалин. Розробка відвалів кар'єрів, шахт, збагачувальних фабрик, має проводитись відповідно до спеціального проекту.

Світова практика використання вибухових матеріалів (далі - ВМ) на відкритих гірничих роботах свідчить про те, що при акуратному і ретельному дотриманні правил безпеки, підривні роботи не більш небезпечні, ніж інші технологічні процеси в кар'єрах. Але при недостатній культурі використання ВМ вони стають джерелом значної небезпеки. Питома вага нещасних випадків при виконанні підривних робіт у кар'єрах країн СНД складає 1,5–9 %. Основними причинами травматизму є: ураження осколками породи; необережне поводження із засобами ініціювання (далі - ЗІ); відсутність постів охорони на межах небезпечних зон; неправильні прийоми поводження з ВМ при заряджанні свердловин, ліквідації відмов і знищенні ВМ; помилки при проектуванні підривних робіт, що призводять до збільшення радіусу небезпечної дії вибуху та ін. Щоб запобігти цьому при виконанні підривних робіт необхідно керуватися єдиними правилами безпеки при підривних роботах.

Підприємства, що проводять підривні роботи та використовують у своїй діяльності ВМ промислового призначення (виготовлення, перевезення та зберігання ВМ, проектування підривних робіт, складів, виготовлення приладів, устаткування, машин і механізмів, що використовуються у підривній справі), повинні мати дозвіл, виданий Держпрацею.

Підприємства, що проводять підривні роботи, повинні також мати затверджену проектну документацію та дозвіл на проведення цих робіт, а також дозвіл для отримання і транспортування ВМ. Дозволяється використовувати тільки ті ВМ, засоби механізації, устаткування, на які є державні стандарти і дозвіл Держпраці. Перелік допущених до використання ВМ періодично публікується Держпрацею.

Усі ВМ мають проходити випробування з метою визначення їх придатності для зберігання та використання при підривних роботах, як при виникненні сумніву щодо доброякісності ВМ, так і наприкінці строку придатності. При отриманні ВМ від заводів-виробників у справній тарі випробування можна не проводити.

Усі промислові ВМ за ступенем небезпеки при поводженні з ними (зберігання, транспортування, використання) належать до класу 1 і поділяються на 5 груп (див. табл. 1).

Вибухові матеріали різних груп сумісності перевозять і зберігають окремо. Дозволяється сумісне зберігання димного і бездимного пороху з дотриманням вимог для більш чутливого. Разом можна також зберігати вогнепровідний шнур, засоби запалювання, сигнальні й порохові патрони, ракети з ВМ груп В, С, D. Детонуючий шнур і хвилеводи можна зберігати з капсулами-детонаторами, електродетонаторами та піротехнічними реле.

Ящики і мішки з ВМ на заводах-виробниках необхідно пломбувати і вкладати інструкції з використання ВМ. Відкритий вогонь може допускатися не ближче ніж 100 м від ВМ.

Групи сумісності вибухових матеріалів

Група сумісності (небезпеки)	Найменування вибухових речовин (ВР), виробів
B	Вироби, що містять ініціюючі ВР
C	Метальні ВР та інші дефлюруючі ВР або вироби, що їх містять
D	Вторинні детонуючі ВР, вироби, що містять детонуючі ВР без засобів ініціювання і металевих зарядів
F	Вироби, що містять вторинні детонуючі ВР, засоби ініціювання і металеві заряди або без металевих зарядів
G	Піротехнічні речовини і вироби, що їх містять

Не дозволяється видавати зі складу замерзлі ВР, які містять понад 15 % рідких нітроєфірів.

При використанні пороху взуття працівників не повинно мати на підшви металевих виробів.

Аміачно-селітрові ВР, що злежалися, можна розминати руками або предметами, які не створюють іскри, без порушення цілісності оболонки.

Підприємство повинно забезпечувати підривника спецодягом, годинником, необхідними пристроями. Одяг не повинен електризуватися.

Всі промислові ВР за умовами використання поділяються на 8 класів і 4 групи (табл. 2).

Класифікація вибухових речовин відповідно до умов їх використання

Клас ВР	Група ВР	Вид ВР та умови їх використання	Колір розпізнавальної смуги або оболонки
<i>I</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
I	-	Незапобіжні ВР для підривання тільки на земній поверхні	білий
II		Незапобіжні ВР для підривання на земній поверхні і в підземних виробках, у яких відсутнє виділення горючих газів чи вибухонебезпечного пилу або застосовується інертизація привибійного простору	синій
III	-	Запобіжні ВР для підривання тільки по породі й руді у виробках, в яких є виділення горючих газів і відсутній вибуховий пил	жовтий
IV	-	Запобіжні ВР для підривання по вугіллю і породі у виробках небезпечних за вибухом пилу, але при відсутності виділення горючих газів; для струсного підривання у виробках вугільних шахт	жовтий

1	2	3	4
V	-	Запобіжні ВР для підривання по вугіллю чи породі у виробках з підвищеним виділенням горючих газів, коли виключений контакт бокової поверхні шпуру з газоповітряною сумішшю	жовтий
VI	-	Запобіжні ВР для підривання по вугіллю і породі у виробках із підвищеним виділенням горючих газів, коли можливий контакт бокової поверхні шпуру з газоповітряною сумішшю	жовтий
VII	-	Запобіжні ВР та вироби із запобіжних ВР VI–VII класів для проведення спеціальних підривних робіт у виробках, в яких можливе утворення вибухонебезпечної концентрації газу і пилу	жовтий
Спеціальний (С)	-	Незапобіжні й запобіжні ВР та вироби з них для спеціальних підривних робіт, крім підземних виробок, в яких можливе утворення вибухонебезпечної концентрації горючого газу і пилу	
	1	Підривні роботи на земній поверхні: обробка металів, контурне підривання, руйнування мерзлих ґрунтів, подрібнення негабаритних кусків, сейсморозвідувальні роботи тощо	білий
	2	Підривні роботи у підземних виробках безпечних по газу і пилу, подрібнення негабаритних кусків, контурне підривання	червоний
	3	Прострільно-підривні роботи в розвідувальних, нафтових і газових свердловинах	чорний
	4	Підривні роботи в сірчаних, нафтових та інших шахтах, небезпечних за вибухом сірчаного пилу, водню та пари важких вуглеводнів	зелений

У продовження теми шкідливості впливу на працівників ВР різного хімічного складу ВР, як приклад наведемо розрахунок кисневого балансу однієї з ВР для визначення кількості шкідливих газів, що утворюватимуться в результаті вибуху.

На сьогодні достовірно відомо, що тротиловмісні вибухові речовини є більш шкідливими ніж емульсійні через кількість утворених токсичних газів. Тому більшість компаній-розробників ВР зацікавлені в розробці нових хімічно стійких та екологічно безпечних ВР. Про ступінь шкідливості тієї чи іншої вибухової речовини можна зробити висновок із величини розрахованого кисневого балансу.

Кисневим балансом вибухової речовини називають співвідношення між вмістом кисню у складі вибухової речовини та його кількістю, необхідною для повного окислення горючих компонентів до їх вищих оксидів у процесі вибухового перетворення. Під час вибуху ВР із позитивним кисневим балансом (надлишком кисню) виділяються токсичні оксиди азоту, за браком кисню –

оксид вуглецю і вуглець. Тому для гірничих робіт допускають промислові ВР з нульовим або близьким до нуля кисневим балансом.

Наразі емульсійні вибухові речовини набувають все більшого використання порівняно з тротиловою вибухівкою через небезпечність і неекономічність останньої [7, с. 150].

Розрахуємо величину кисневого балансу (далі – КБ) Гранеміту, так як відомо, що величина КБ безпосередньо впливає на ефективність вибуху, а також на склад газоповітряної суміші, що утворюється в результаті підривних робіт. Для цього визначимо умовний хімічний склад кожної складової речовини для 1000 г ВР (табл. 3).

Таблиця 3

Умовний хімічний склад Гранеміту на 1000 г ВР

Гранеміт (1000 г)		
Аміачна селітра (NH ₄ NO ₃)	28,35 %	
Дизельне пальне (C ₈ H ₁₈)	1,65 %	
Емульсія пореміту:	70 % :	
	аміачна селітра (NH ₄ NO ₃)	62 %
	натрієва селітра (NaNO ₃)	16 %
	масло індустриальне (C ₁₂ H ₂₈)	5 %
	вода (H ₂ O)	15 %
	емульгатор (C ₆ H ₁₄ O ₆)	2 %

Для визначення величини КБ Гранеміту, обчислимо КБ для кожної складової речовини окремо. Обчислення КБ проведено за формулою (1) :

$$KB = \frac{\left[d - \left(2 \cdot a + \frac{a}{b} \right) \right]}{M} \cdot 100\%, \quad (1)$$

де $2 \cdot a$ – число атомів кисню в CO₂ ;

$\frac{b}{2}$ – число атомів кисню в H₂O, ;

d – число атомів кисню;

M – молярна маса речовини, г/моль.

Після розрахунку КБ для кожної речовини знаходимо сумарний КБ, що стає можливим з урахуванням часткового вмісту кожної складової Гранеміту.

Розрахунок значення величини кисневого балансу для ВР Гранеміт здійснюється за формулою (2) [8, с. 184]:

$$KB = KB_1 \cdot P_1 + KB_2 \cdot P_2 + KB_n \cdot P_n, \quad (2)$$

де KB_1, KB_2, KB_n – кисневі баланси кожної з речовин, що входять до складу ВР;
 P_1, P_2, P_n – вміст кожної речовини в частках.

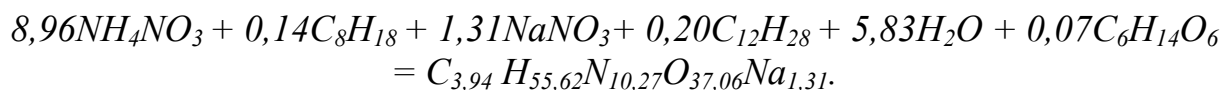
Згідно з (2) отримуємо:

$$KB = 20 \cdot 0,2835 - 350,8 \cdot 0,0165 + 20 \cdot 0,434 + 47 \cdot 0,112 - 356,5 \cdot 0,035 + 0 \cdot 0,105 - 114,28 \cdot 0,014 = 5,67 - 5,78 + 8,68 + 5,26 - 12,47 + 0 - 1,59 = -0,23 \%$$

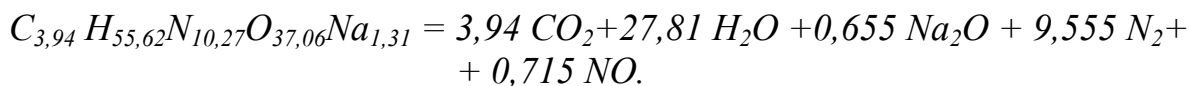
Кисневий баланс дорівнює (-0,23 %). Отже ця ВР відноситься до другої групи. Це означає, що у її складі недостатньо кисню для окислення всіх горючих елементів.

Ураховуючи умовний склад ВР, а також молярні маси складових визначено, що при вибуховому перетворенні 1000 г Гранеміту у реакції братиме участь $717,5 / 80 = 8,96$ моль/кг аміачної селітри, $16,5/114 = 0,14$ моль/кг дизельного пального, $112/ 85 = 1,31$ моль/кг натрієвої селітри, $35/170,5 = 0,20$ моль/кг індустриального масла, $105/18 = 5,83$ моль/кг води та $14/182 = 0,07$ моль/кг емульгатора.

Умовний склад 1 кг Гранеміту матиме вигляд:



Таким чином рівняння розкладу Гранеміту матиме вигляд:



Як видно з реакції розкладу цієї ВР, у продуктах вибуху із шкідливих газів міститься тільки NO у кількості 0,715 молів, що становить $22,4 \text{ л/моль} \cdot 0,715 = 16,016$ л/кг.

КБ будь-якої ВР залежить від вмісту у ній тих чи інших компонентів, їх відсоткового співвідношення. Зменшення чи збільшення величини КБ можливо здійснювати за рахунок зміни відсоткового вмісту компонентів у складі ВР. Зміна КБ приведе до зміни кількості шкідливих газів у продуктах вибуху.

У свою чергу, зміна хімічного складу речовини, як видно з вищенаведеного матеріалу, безпосередньо впливає на кількість шкідливих газів у продуктах вибуху, що у свою чергу веде до зміни негативного навантаження на працівників кар'єру.

Для мінімізації негативного впливу на працівників кар'єру під час проведення масових вибухів, підривні роботи на кар'єрах мають проводитися тільки відповідно до проектів, а в інших випадках – за паспортами. На відкритих роботах масовим вважається вибух, коли підривається хоча б одна свердловина глибиною понад 10 м або дві довільної глибини. З проектом на вибух чи паспортом повинен бути ознайомлений під розпис весь персонал, який виконує підривні роботи. Типовий проект масового вибуху затверджує керівник підприємства або підрядної організації, що проводить підривні роботи. На основі типових проектів розробляються проекти (паспорти), буропідривних (підривних) робіт на конкретний масовий вибух, які затверджуються і вводяться в дію за наказом керівника підприємства. Проект насамперед повинен передбачати заходи безпеки при проведенні підривних робіт. Одним із головних заходів безпеки є визначення вибухонебезпечної зони

з розльоту кусків породи, дії сейсмічної та ударної повітряної хвиль, розповсюдження отруйних газів.

Перед початком заряджання на блоці, який має підриватися, встановлюється заборонена зона радіусом не менше ніж 20 м від крайньої свердловини. Заборонена зона розповсюджується як на даний горизонт, так і на суміжний. У межах забороненої зони допускається тільки рух транспорту по установлених трасах і тільки на суміжних горизонтах.

Небезпечна зона визначається в проекті розрахунком і встановлюється перед початком укладання бойовиків, а при використанні неелектричних систем (хвилеводів) або детонуючих шнурів (далі – ДШ) – перед початком монтажу вибухової мережі.

На межах заборонених і небезпечних зон виставляють пости охорони з добре проінструктованих робітників. Як правило, пости обов'язково виставляють в місцях, доступних для проїзду транспорту і проходу людей. При цьому суміжні пости повинні бути добре видимі. Пости виставляють до подачі попереджувального сигналу, а знімають після сигналу «Відбій».

При веденні підривних робіт обов'язковим є подавання звукових, а в темну пору доби, крім того, й світлових сигналів для оповіщення людей. Значення та порядок подачі сигналів такі:

а) «попереджувальний» (один довгий) – подається перед початком заряджання;

б) «бойовий» (два довгих) – після цього сигналу проводиться вибух;

в) «відбій» (три коротких).

Значення сигналів необхідно доводити до всіх працівників цього та інших близько розташованих підприємств і місцевого населення.

Допуск працівників до місця вибуху проводить безпосередній керівник підривних робіт після того, як було встановлено, що умови роботи безпечні.

Перед початком заряджання поверхня біля устя свердловин очищається від уламків породи, бурового дрібняку, сторонніх предметів для запобігання їх випадковому падінню у свердловину під час заряджання.

Механізоване заряджання свердловин може застосовуватись тільки для ВР, які дозволені відповідними органами. Основна небезпека при такому заряджанні – можливе виникнення іскор, обумовлених створенням статичного електрзаряду. Крім того, причиною іскри також може бути металевий предмет або камінь, що потрапив до ВР. Трубопроводи при механізованому заряджанні ВР повинні мати питомий електричний опір не більше ніж 104 Ом·м та відповідне маркування.

Перед початком виконання зарядних робіт машину необхідно заземлити. Як зарядні трубопроводи допускається використовувати також металеві, довжиною не більше ніж 5 м з матеріалу, що не іскрить. Вибухові речовини, що висипалися на поверхню, підлягають утилізації та знищенню. Після заряджання свердловин бункер і систему подачі старанно очищають від ВР шляхом промивання теплою водою. Ремонт зарядного обладнання проводиться тільки у спеціально призначеному для цього приміщенні.

Після заряджання свердловин проводиться їх набійка, яка не тільки підвищує якість подрібнення, але й зменшує відстань розльоту осколків, кількість утворених шкідливих газів і пилу. Для набійки використовується подрібнена порода фракцією 5–10 мм, яка змочена водою, водними розчинами або гідрогелем. Змочується також буровий шлам навколо свердловини, який є джерелом викиду пилу в атмосферу. Набійку можна робити вручну, а частіше – за допомогою спеціальних машин, змонтованих на автомобілях. В останньому випадку необхідно стежити, щоб автомобіль не переїхав через детонуючий шнур, хвилеводи або провідники електродетонатора.

Для підривання декількох свердловинних зарядів можна використовувати хвилеводи, детонуючий шнур або електродетонатори. При глибині свердловини понад 15 м необхідне дублювання вибухової мережі. Проведення підривних робіт при недостатньому освітленні та під час грози при застосуванні електродетонаторів забороняється. Якщо електромережа при цьому не демонтована, кінці дротів необхідно закортити.

Масовий вибух проводять із використанням пристрою управління вибухами по радіоканалу «Гром» згідно з «Інструкцією по експлуатації пристрою управління вибухами по радіоканалу типу «Гром-М» та «ЕПБ при вибухових роботах», що підвищує безпеку вибухових робіт і зводить до мінімуму вірогідність передчасного вибуху. Ще під час проектування масового вибуху на ситуаційному плані кар'єра наносять розташування блоків, що підривають, порядок їх з'єднання у групі, чергу підривання груп блоків, час затримання вибуху блоків, місця установки виконавчих і командних приладів «Гром-М».

Виконавчі прилади встановлюють згідно з проектом, але не ближче ніж 50 м від найближчих свердловин, що підриваються. Командний пункт повинен розташовуватися за межами небезпечної зони і мати пряму видимість з усіма виконавчими приладами.

Кодований сигнал на вибух подає підривник з командного пункту після вказівки керівника масового вибуху.

Для ініціювання зарядів ВР доцільно використовувати хвилеводи низькоенергетичного типу [9].

Ця неелектрична система ініціювання (далі - НСІ) складається з хвилеводу (пластмасової трубки), внутрішня поверхня якої вкрита реактивною речовиною. Ударна хвиля, що утворюється в хвилеводі, має достатню енергію для ініціювання капсуля-детонатора, але недостатню, щоб розірвати трубку – хвилевід. Так, швидкість ударної хвилі становить близько 2000 м/с.

В НСІ передача детонації здійснюється за допомогою ударно-хвильової трубки (хвилеводу) низькоенергетичного типу, а саме підривання свердловинних зарядів – шляхом підривання бойовиків від внутрішньосвердловинних сповільнюючих детонаторів. У свою чергу, послідовність ініціювання забезпечується за допомогою сповільнювачів поверхневих з'єднувальних блоків [9].

На відміну від ДШ, НСІ не боїться випадкових ударів, не утворює в атмосферному повітрі ударну повітряну хвилю, виділяє в десятки разів менше газів, не здіймає з поверхні блока пил та безпечна у використанні.

Крім того, НСІ дозволяє ініціювати заряд ВР з дна свердловини, не порушуючи при цьому її цілісності. Існуючі номінальні сповільнення детонаторів дають можливість за допомогою НСІ розосереджено підривати всі свердловини в блоці, і таким чином регулювати кількість ВР, які одночасно підриваються, керувати інтенсивністю сейсмічних та ударних повітряних хвиль.

Ці та інші заходи, що спрямовані на організацію безпечного проведення робіт на кар'єрах, сприятимуть не лише збереженню здоров'я та життя людей, але й дозволять підвищити ефективність виробничих процесів.

Висновки

У роботі досліджено вплив складу вибухової речовини на забруднення робочої зони при масових вибухах на гранітних кар'єрах.

Серед потенційних небезпек і шкідливих факторів виробничого середовища на працівників кар'єрів при проведенні масових вибухів найбільший вплив спричиняють акустичне навантаження та вібрація, підвищена концентрація парів, газу та інші шкідливі речовини, а також підвищене теплове випромінювання.

Зараз популярності на ринку вибухових речовин набувають емульсійні вибухові речовини, які витісняють використання тротилової вибухівки, через небезпечність і неекономічність її використання.

Показано переваги НСІ, за допомогою яких здійснюється ініціювання заряду ВР з дна свердловини, тим самим не порушуючи її цілісності. Також за допомогою НСІ відбувається керування інтенсивністю сейсмічних та ударних повітряних хвиль за рахунок регулювання кількості ВР, яка одночасно підривається.

Список літератури

1. Дерев'яно О. В. Оцінка стану та рекомендації щодо підвищення безпеки праці при буровибухових роботах в кар'єрах блочного каменю. *Вісник ЖДТУ*. 2007. № 2(41). С. 200–205.
2. Лапшин О. О., Лапшин О. Є. Сучасний підхід щодо впровадження комплексної системи оцінки ризиків на підприємствах гірничо-металургійного комплексу. *Проблеми охорони праці в Україні*. 2015. Вип. 29. С. 16–27.
3. Сербінова Л. А. Інформаційно-аналітична система управління запиленістю робочої зони при бурінні свердловин у гранітному кар'єрі. *Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія «Технічні науки»*: зб. наук. праць. 2012. 3(62). Том 1. С. 137–142.
4. Водяник А. О., Сербінова Л. А. Специфіка моделювання розсіювання пилу при бурінні підривних свердловин у кар'єрі. *Вісник Національного технічного університету України «КПІ»*. Серія «Гірництво»: зб. наук. праць. 2012. Вип. 21. С. 137–143.

5. Зіменковський Б., Гжегоцький М., Солонинко І. Перспективи профілактичної медицини в Україні. *СЕС. Профілактична медицина*. 2010. № 3. С. 48–51.

6. Молодець Ю. А. Нормування пилу в робочій зоні при відкритій розробці родовищ корисних копалин.

URL : <http://knu.edu.ua/uploads/files/konferentsyi/2017/gornyy/tezu.pdf>.

7. Андреев К. К., Беляев А. Ф. Теория взрывчатых веществ. Москва : Оборонгиз, 1960. 180 с.

8. Твердий В. В. Визначення кількості шкідливих газів у продуктах вибуху з урахуванням міцності гірських порід. *Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»*. 2011. Вип. 20. С. 184–188.

9. Фролов О. О. Перспективи використання неелектричної системи ініціювання «Нонель-Юнідет» в умовах гірничих підприємств України. *Вісник ЖІТІ. Серія «Технічні науки»*: зб. наук. праць. 2001. № 4(19). С. 205.

L. Serbinova, PhD

A. Vodianyk, Doctor of Technical Sciences

PA «National Scientific and Research Institute of Industrial Safety and Occupational Safety and Health»
vul. Vavilovych, 13, Kyiv, 04060, Ukraine. E-mail: serbinovalarisa@gmail.com

O. Petrenko

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»
prosp. Peremohy, 37, Kyiv, 03056, Ukraine

INFLUENCE OF THE EXPOSURE COMPOSITION OF THE EXPLOSIVE SUBSTANCE ON THE WORKING POLLUTION IN THE MASSIVE EXPLOSIONS ON THE GRANITARY QUARRIES

Purpose. Investigation of explosive composition influence on contamination of the working area during massive explosions on granite quarries. **Methodology.** In process of research, the method of information search, the method of analytical studies of the conditions of occupational safety and health at the enterprises of mining and metallurgical complex is used, which testifies to high level of occupational injuries and occupational diseases which are connected to insufficient measures of working personnel protection from the factors of trauma and harmful conditions and also method of mathematical modeling to determine the oxygen balance of an explosive. **Results.** The effect of explosive composition on pollution of the working area during mass explosions on granite quarries is investigated in this work. Among the potential hazards and hazardous factors of the working environment for quarry workers during mass explosions, acoustic loading and vibration, increased concentration of vapor, gas and other harmful substances, as well as increased thermal radiation, are most strongly influenced by mass explosions. **Originality.** The magnitude of the oxygen balance for Granemite is calculated, since it is known that the value of oxygen balance directly affects the effectiveness of the explosion, as well

as the composition of the gas-air mixture resulting from blasting. **Practical value.** It has been proved that controlling the amount of oxygen balance can be accomplished by changing percentage of components in composition of the explosive value, since the change in oxygen balance will lead to a change in amount of harmful gases in products of the explosion. In turn, change in chemical composition of the substance directly affects the amount of harmful gases in products of explosion, which leads to a change in negative pressure on quarry workers. It has also been proved that it is advisable to use low-energy waveguides to initiate explosive substances charges.

Key words: workers' health, block stone extraction, mass explosions, explosives composition, oxygen balance, harmful gases.

REFERENCES

1. Derevyanko, O. V. (2007). Assessment of the state and recommendations for improving the safety of work during blast-blasting operations in quarries of block stone. *Journal of ZHDT*, 2 (41), 200–205 [in Ukrainian].
2. Lapshyn, O. O. & Lapshyn, O. E. (2015). Modern approach to the implementation of a comprehensive risk assessment system at the enterprises of the mining and metallurgical complex. *Problems of labor protection in Ukraine*, 29. 16–27 [in Ukrainian].
3. Serbinova, L. A. (2012). Information-analytical system of dusting of the working area during drilling of wells in a granite career. *Bulletin of Zhytomyr State Technological University. Series «Technical sciences»: Sb. sciences works*, 3 (62). 1. 137–142 [in Ukrainian].
4. Vodianyuk, A. O. & Serbinova, L. A. (2011). Specificity of modeling of scattering of dust during drilling of blasting wells in a quarry. *Bulletin of the National Technical University of Ukraine «KPI». Series «Mining»: Sb. sciences works*, 21. 137–143 [in Ukrainian].
5. Zimenkovskyi, B., Gzhegotsky, M., Solonyenko, I. (2010). Perspectives of preventive medicine in Ukraine. *SES Preventive medicine*, 3. 48–51 [in Ukrainian].
6. Molodets, Yu. A. Normation of dust in the working zone under open development of mineral deposits. Retrieved from : <http://knu.edu.ua/uploads/files/konferentsyi/2017/gornyy/tezu.pdf>.
7. Andreev, K. K. & Belyaev, A. F. (1960). The theory of explosives. Moscow : Oborongiz [in Russian].
8. Tverdyi, V. V. (2011). Determination of the amount of harmful gases in products of explosion taking into account the strength of rocks. *Bulletin of the National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»*, 20. 184–188 [in Ukrainian].
9. Frolov, O. O. (2001). Perspectives of the use of the non-electric system of initiation "Nonel-Unidet" in the conditions of the mining enterprises of Ukraine. *Bulletin of LIFE. Series «Technical sciences»: Sb. sciences works*. 4 (19). 205 [in Ukrainian].

Дата подання статті до збірника – 10.05.2018