

А. П. Деньгін, канд. техн. наук, І. І. Логінова, канд. техн. наук,
М. О. Лисюк, канд. техн. наук (ДУ «ННДІПБОП»)

ДО ПИТАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПЕЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПІДРИВНИХ РОБІТ НА ДЕННІЙ ПОВЕРХНІ У ГІРНИЧОДОБУВНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

У статті наведено результати досліджень застосування безпечних технологій поводження з вибуховими матеріалами у гірничорудній промисловості. Дослідження проведено шляхом аналізу науково-прикладної інформації із зазначеного питання. Запропоновано рекомендації з безпеки під час поводження з вибуховими матеріалами, стосовно окремих значимих характеристик процесів підготовки і застосування технологій поводження з вибуховими матеріалами.

Ключові слова: гірничодобувна промисловість, підривні роботи, вибухові матеріали, рекомендації.

В статье приведены результаты исследований применения безопасных технологий обращения со взрывчатыми материалами в горнорудной промышленности. Исследования проведены путем анализа научно-прикладной информации по данному вопросу. Предложены рекомендации по безопасности при обращении со взрывчатыми материалами, касающиеся отдельных значимых характеристик процессов подготовки и применения технологий обращения со взрывчатыми материалами.

Ключевые слова: горнодобывающая промышленность, взрывные работы, взрывчатые материалы, рекомендации.

The results of studies use secure technologies for management of explosive materials in the mining industry. The study was conducted by analyzing scientific and applied information on this issue. Recommendations on safety when handling explosive materials concerning certain important characteristics of the processes of preparation and maintenance of technology handling explosive materials.

Keywords: mining, blasting operations, explosive materials, recommendations.

Актуальність теми. При видобуванні корисних копалин здебільшого застосовують підривні роботи з використанням вибухових матеріалів (далі – ВМ). Потреби технологічної та економічної ефективності, захисту

навколишнього середовища визначають тенденції модернізації номенклатури ВМ, що розширюється з кожним роком. Зокрема, за останні 20 років зроблено акцент на виробництво вибухових речовин (далі – ВР) місцевого приготування. Сьогодні майже 90 % ВР виготовляється на стаціонарних і пересувних пунктах.

В Україні постійно використовується понад тридцять найменувань ВМ місцевого приготування, які відрізняються за фізичним станом, компонентним і рецептурним складом, технологією виготовлення та вибуховими характеристиками. Їх широке впровадження, в свою чергу, обумовлює необхідність вирішення питань, пов'язаних з безпечністю технологій їх виготовлення та специфікою механізованого заряджання свердловин, надійністю ініціювання та безвідмовністю детонування свердловинних зарядів, і загалом з безпекою поводження з ВМ.

Сучасні масштаби ведення підричних робіт в країні та існуючі проблеми безпеки технологічних процесів при поводженні з ВМ завжди породжували низку завдань, які й дотепер залишаються актуальними.

Постановка проблеми. Серед різноманітності видів і умов підричних робіт (тут поняття «підричні роботи» має узагальнюючий характер, та передбачає комплексну діяльність, що включає науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи, нормотворчі, проектувальні, техніко-технологічні заходи, в тому числі безпосередньо підричні роботи, контрольні заходи тощо) ті з них, що зорієнтовані на проведення на денній поверхні, мають певні особливості. Це стосується розробки спеціальних типів ВМ (ВР і засобів підривання), технологій ведення підричних робіт, машин (механізмів), які при цьому використовуються, відповідної професійної підготовленості персоналу тощо.

При цьому безпечність технологій підричних робіт, що забезпечить безпеку зайнятого інженерного і технічного персоналу та безаварійність технологічних процесів, має поєднуватися з їх економічною ефективністю та екологічною безпекою.

При обґрунтуванні та виборі певних технологій підривання потрібно також брати до уваги загальні тенденції ведення буро-підричних робіт:

- перехід на зарядні свердловини зменшеного діаметра;
- використання для заряджання свердловин безтритилових ВР;
- застосування технологій мобільного виготовлення ВР з невибухових компонентів на місцях їх використання та механізованого заряджання свердловин;
- використання неелектричних і електронних систем ініціювання, в тому числі з проміжними детонаторами підвищеної безпеки.

Зв'язок з науковими і практичними завданнями. ДУ «ННДІПБОП» проведено вивчення технологій безпечного поводження з ВМ при підричних роботах на денній поверхні. Цільове дослідження зосереджувалося на гірничодобувній промисловості, а також будівництві, зважаючи на масштаби та специфіку використання ВМ у цих галузях.

Аналіз публікацій з досліджуваної проблеми. Масив публікацій з різних аспектів підричних робіт на відкритих гірничих роботах і в будівництві за багато десятиліть складається з тисяч найменувань. Зважаючи на сучасні світові і вітчизняні принципи організації вибухової справи, проведено аналіз досліджень переважно останнього десятиріччя. Проаналізовано також нормативні акти з вищезазначених питань.

Дослідження, зокрема, виявило потребу певної систематизації наявної науково-прикладної інформації та висновків рекомендаційного характеру, сформованих на її базі, що визначило мету цієї публікації.

Виклад основного матеріалу. Результати вивчення безпечних технологій поводження з ВМ при підричних роботах на денній поверхні подано за технологічними (дослідження, підготовка ВР, підричання тощо) та об'єктними (засоби, заряди, устаткування тощо) ознаками. Викладений матеріал має рекомендаційний характер.

1. Дослідження проблем і шляхів розвитку заходів і засобів, які використовуються у підричних роботах.

1.1. Для обґрунтування технологій підричання зарядів ВР потрібно використовувати цільові наукові розробки, спрямовані на досягнення очікуваних технологічних результатів (ефектів): дроблення гірничої маси заданої кусковатості (гранулометричного складу); підвищення коефіцієнта корисної дії вибуху; дотримання екологічної безпеки; досягнення економічної вигоди тощо. Використання в підричних роботах науково обґрунтованих рекомендацій, що максимально відповідають конкретним потребам виробництва, забезпечить досягнення збалансованого технологіко-економічного результату.

1.2. При розробленні нових типів ВР або модифікацій існуючих зважати на триєдність факторів вибухових перетворень хімічних систем: екзотермічність процесу, велику швидкість його розповсюдження та наявність газоподібних продуктів реакції. Тільки раціональна сукупність цих властивостей надає процесу виділення енергії характер регульованого вибуху. Така фізико-хімічна характеристика як теплота реакції є критерієм роботоздатності ВР і у свою чергу визначає технологічну ефективність вибухівки. Тобто справедливим є зворотній зв'язок: очікувані результати вибухового руйнування гірських порід із певними фізико-механічними властивостями «замовляють» ВР із відповідними вибуховими властивостями.

Наприклад, досягнення стабільних режимів детонації емульсійної вибухової речовини (далі – ЕВР) певної модифікації – україніту – потребує досягнення тиску в свердловині понад 10 ГПа, що можливо лише в монолітних (нетріщинуватих) міцних скельних породах.

1.3. Проаналізувати в сучасних підричних роботах відносно зростання обсягів емульсійних вибухових речовин і зорієнтувати увагу їх розробників на підвищення ефективності та безпечності цього типу вибухівки.

У розробці та вдосконаленні безпечних технологій підривних робіт із використанням ЕВР першочерговим заходом є визначення механізмів збудження цих ВР. Зважаючи на прийняту концепцію «гарячих точок», необхідно брати до уваги потребу уточнення концепції теплоти адіабатичного стиснення газів у сенсibiliзуючому пухирці шляхом додаткового вивчення та врахування інших фізичних процесів у структурі ЕВР, зокрема в окислювальній фазі.

Доцільні спеціальні випробування на чутливість до ударів матричних емульсій, оскільки технології перевезення холодної матричної емульсії та виготовлення з неї на місці приготування ВР не позбавлені ймовірності виникнення різних непередбачуваних ударних навантажень.

2. Взаємовплив розвитку ВМ і технологій їх підготовки до підривання.

2.1. При проектуванні підривних робіт для досягнення очікуваного результату враховувати взаємозв'язок і взаємозалежність конструкційних і технологічних факторів: форми заряду і зарядної порожнини, довжини заряду і забійки, місця і порядку ініціювання, комбінування вибухових речовин, що використовуються.

2.2. При проектуванні підривних робіт із зарядами ВМ місцевого приготування враховувати їх індивідуальні переваги: мінімальну вартість найпростіших сумішевих, водостійкість емульсійних, можливість одержання максимальної енергії в зарядній порожнині від водовмісних ВР.

2.3. Забезпечувати безпеку змішування окислювача з паливом завдяки уникненню аерації повітряними бульбашками при низько швидкісному ламінарному режимі зливання емульсійної композиції (емульскому) в накопичувачі готової продукції.

2.4. Забезпечувати досягнення максимальної завершеності реакції компонентів ЕВР зниженої густини (зادля забезпечення стабільності режиму детонації) використанням газогенеруючих домішок.

2.5. Забезпечувати досягнення переходу горіння в детонацію (підвищення коефіцієнта корисної дії вибуху) завдяки збільшенню теплоти реакції окислення введенням в емульском дисперсних металевих порошоків на основі кремнію (замість газогенеруючих домішок і скляних мікросфер), за потреби розміщення зарядів у оболонках.

3. Приготування ЕВР. Підготовка до підривання.

3.1. Організовувати та здійснювати поводження з компонентами та готовими ВР з урахуванням потенційних небезпек для персоналу, устаткування, приміщень, навколишнього середовища – виникнення несанкціонованого вибуху, пожежі, розкидання шкідливих і токсичних речовин тощо.

Об'єктивно ступінь небезпек залежатиме від характеристик компонентів і ВР у цілому, технологій і технологічного оснащення їх виготовлення та застосування.

У всіх конкретних випадках виготовлення ВР характерні для них небезпеки мають враховуватися уже на етапі проектування.

3.2. Способи виготовлення емульсійної матриці.

3.2.1. Використовувати найбільш доцільну за критерієм технологічної безпеки «стаціонарну» технологію виготовлення емульсійної матриці на стаціонарних пунктах при використанні рецептурної сировини, що не відзначається високою хімічною чистотою та стабільністю складу. При цьому всі технологічні процеси (прийом сировини, підготовка компонентів, виготовлення та накопичення емульсії) зосереджуються на одному майданчику, а основне технологічне устаткування – в одному приміщенні. Це, зокрема, дає можливість налагодити контроль за всіма параметрами технологічного процесу з використанням стаціонарної заводської лабораторії за постійної присутності кваліфікованих фахівців.

3.2.2. У разі значущості економічного критерію (потреби здешевити технологічний процес) застосовувати технологію приготування матриці в змішувально-зарядній машині типу «фабрика на колесах». При цьому стадія виготовлення емульсії виноситься за межі стаціонарного пункту (емульгування – в міксері машини; сенсibilізація емульсії – в процесі заряджання свердловин). Інші операції відбуваються на стаціонарному розчинному вузлі, розміщеному без урахування безпечних відстаней на існуючих промайданчиках. Проте цей варіант технології обумовлює необхідність організації складної системи технологічного контролю якості ЕВР на місці ведення підривних робіт.

Технологія стаціонарного типу ефективніша у разі річного споживання ЕВР понад 8...10 тис. т, а мобільна технологія – за менших обсягів виробництва і споживання.

3.3. Вводити постійний контроль дозування сенсibilізатора (ступеня сенсibilізації та її рівномірності вздовж свердловинного заряду) під час заряджання свердловин ЕВР, які в них сенсibilізуються.

3.4. Забезпечувати підривання свердловинних зарядів із встановленням заборонної зони, що раціонально поєднує економічний критерій обсягу руйнувань масиву з дотриманням унормованих розмірів зони.

4. Конструкції свердловинних зарядів та їх підривання.

4.1. Забезпечувати більш ошадливу дію вибуху свердловинних зарядів на навколишнє середовище завдяки зменшенню безпосереднього контакту ВР з гірською породою. Це досягається завдяки конструкції циліндричних свердловинних зарядів зі звуженнями на окремих інтервалах уздовж них (заряди змінного діаметра).

Зменшення площі контакту також можливе шляхом розосередження заряду інертними проміжками (повітряними, водними, породними). Такі заходи дають і технологічний ефект – зменшується переподрібнення гірничої маси. Для залізорудних кар'єрів використання таких конструкцій зарядів – це підвищення ефективності вибухової відбійки при зменшенні витрат вибухівки. Для нерудних кар'єрів – це, перш за все, зменшення площі безпосереднього контакту вибухівки з породою, що руйнується,

забезпечення якісного подрібнення породи при зменшенні переподрібнення. Суттєвими є економія вибухівки та зменшення обсягів пилогазових викидів у атмосферу.

4.2. Застосовувати спосіб зміни густини вибухівки вздовж заряду для регулювання енергії вибуху за висотою свердловин (уступу). Реалізація такого способу можлива при використанні деяких модифікацій змішувально-зарядних машин.

4.3. Досягнути запобігання втрат ЕВР під час їх фільтрації чи поглинання тріщинуватими або пористими (тріщинувато-пористими) породами, вимивання або розчинення у обводнених свердловинах відповідними заходами: розміщенням вибухівки в гідроізоляційній оболонці, дозарядженням, скороченням часу перебування вибухівки в свердловині.

4.4. Забезпечувати якість та надійність детонування свердловинного заряду зарядженням його «під стовп води».

Однак зарядження обводнених свердловин ЕВР вищезазначеним способом має певні недоліки: розмивання емульсії зустрічним потоком води, яка витісняється; засмічення емульсії завислим у воді шламом; порушення водою суцільності та однорідності заряду, що створює небезпеку неповноцінності детонації та відмови заряду.

4.5. Забезпечувати створення гідроізоляційного екрана на верхньому торці заряду з метою запобігання проникненню частинок породи у вибухівку для повноцінної забійки емульсійних свердловинних зарядів.

4.6. Розміщувати проміжні детонатори під час переміщення зарядного шланга в уже заряджені свердловини для запобігання їх механічному пошкодженню чи обриву

5. Гірничі машини і обладнання, які використовуються в технологіях підривання.

5.1. Гірничі машини і обладнання (геотехніка), які використовуються в технологіях поведження з вибуховими матеріалами, в тому числі в технологіях підривання зарядів вибухових речовин, крім забезпечення свого прямого технологічного призначення, мають задовольняти вимоги промислової безпеки, охорони праці, екологічної безпеки у рамках системи «людина-машина-навколишнє середовище».

5.2. Машини, механізми, устаткування, обладнання, що використовуються при поведженні з вибуховими матеріалами, мають відповідати вимогам безпечної експлуатації та у певних випадках бути дозволеними до застосування (допущеними до виконання робіт у встановленому порядку).

5.3. Техніко-економічна ефективність технологій підривання ЕВР має досягатися при застосуванні комплексної механізації всіх процесів їх виготовлення та зарядження у свердловини.

5.4. При застосуванні статичних міксерів для виготовлення емульсій необхідно дотримуватися вимог якості сировини, насамперед, до

емульгатора та аміачної селітри, і забезпечити стабільність високого тиску при подаванні суміші в міксер.

5.5. При застосуванні міксерів динамічного типу для виготовлення емульсій необхідно не припускати порушень технологічної безпеки, обумовлених несанкціонованою сенсibiliзацією – підсмоктуванням повітря в емульсійну матрицю при її емульгуванні.

5.6. З позицій підвищення безпеки процесу емульгування розміри динамічного міксера, маса і розміри лопаток та кількість обертів мішалки мають бути малими, а густина і в'язкість емульсії – великими.

5.7. Діаметр емульсійних трубопроводів і зазорів у насосах мають бути менше критичного діаметра детонації емульсії (практично доступнішою є зворотня умова).

Основним фактором, який визначає величину критичного діаметра детонації емульсії, виступає ступінь її газонасичення. Від ступеня газонасичення залежить густина емульсії, яка досить просто контролюється.

5.8. Використання за можливості поршневих насосів для подачі емульсії в свердловину має забезпечувати більшу надійність, ремонтпридатність і безпеку конструкції порівняно з гвинтовими насосами, а також їх нижчу вартість.

5.9. Сучасний технічний рівень підричних робіт потребує оснащення змішувально-зарядних машин комп'ютеризованими системами управління і контролю за виконуваними операціями.

6. Безпека застосування підричних технологій у будівництві.

6.1. Проектування підричних робіт.

6.1.1. Забезпечувати суб'єктів господарювання проектною документацією для організації та проведення підричних робіт (в окремих випадках – в рамках буропідричних робіт).

Зміст і обсяг проектної документації залежить від цільового призначення та відповідних особливостей підричних робіт, які можна згрупувати таким чином.

Перша група – підричні роботи для створення споруд або їх частин. Типовими прикладами можуть бути такі: вибухи на викидання при будівництві каналів, виємок; спрямоване підривання при формуванні греблі, насипів; вибухи на ущільнення ґрунтів тощо. Підричні роботи цієї групи передбачають їх комплексування з механізованим доведенням споруд до проектного профілю. Тому в проекті організації будівництва під час складання календарних планів необхідно передбачити максимально можливе випередження підричних робіт стосовно інших процесів (видів) будівельних робіт, а також наробок з підричних робіт для об'єктів другої та наступних черг будівництва в межах зон, небезпечних за вибуховою дією. На основі різноманітних даних розробляються робочі креслення за обраним варіантом вибуху, зазвичай скоординовані з проектом проведення робіт.

Друга група – підривні роботи для спушування порід для їх подальшого розроблення. Ці роботи виконуються при будівництві кар'єрів, рудників, шахт, гідроспоруд, автодоріг, залізниць тощо. Питання проведення цих робіт розглядаються на стадії технічного проекту в рамках організації будівництва об'єкта або при його експлуатації (видобування нерудних будматеріалів) в розділі «Технологічна частина» проекту.

Проект проведення буро-підривних робіт складають на основі робочих креслень споруд (котловани, виїмки) та рішень проекту організації робіт.

У разі систематичного ведення підривних робіт в однакових умовах можливе використання типового проекту з необхідними корегуваннями.

Третя група – підривні роботи епізодичного характеру та при ліквідації наслідків аварій. Для них складають техноробочий проект або паспорт.

Вибухове подрібнення металу і металевих конструкцій, звалювання (обрушення) будівель і споруд, підводне підривання, підривання на викид, підривні роботи в межах населених пунктів виконують тільки за проектами. Заряди шпурові, накладні, в рукавах, крім перелічених випадків, можна підривати за паспортами.

Четверта група – допоміжні підривні роботи: експериментальні вибухи для складання паспорта буропідривних робіт, шпурове підривання для доведення контуру виробки до паспортного профілю, розширення виробки для перекріплення, ліквідація зарядів, що відмовили. Підривні роботи цієї групи виконують без проектів чи паспортів відповідно до Правил безпеки під час поводження з вибуховими матеріалами промислового призначення (далі – Правила безпеки).

6.1.2. Виконувати оформлення проектної документації згідно з вимогами Правил безпеки.

6.2. Дотримання вимог Правил безпеки, інших нормативно-правових актів і нормативних документів, що регламентують безпечне поводження з вибуховими матеріалами, визначають правильність вибору вибухових матеріалів, засобів ініціювання, безпечних підривних технологій залежно від конкретних умов роботи для досягнення безпеки проведення підривних робіт.

Висновки. Оглядово-аналітичний характер викладених досліджень безпечних технологій підривних робіт і систематизація викладених результатів дає можливість їх практичного використання, в першу чергу при викладанні спеціальних дисциплін у вищих навчальних закладах, підвищенні кваліфікації фахівців з вибухової справи тощо.

Перспектива подальших досліджень полягає в поглибленому вивченні окремих питань і специфіки операцій технологій підривних робіт для їх цільового висвітлення.

Дата подання статті до збірника – 07.05.2014

Рецензент – д-р техн. наук Назаренко М. В.