

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
"НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ"

Шиман Леонід Миколайович

УДК 622.235+331.45

**БЕЗПЕКА ПРОЦЕСІВ ВИРОБНИЦТВА ТА ВИКОРИСТАННЯ
НА ГІРНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВАХ ЕМУЛЬСІЙНИХ
ВИБУХОВИХ РЕЧОВИН МАРКИ "ЕРА"**

Спеціальність 05.26.01 – Охорона праці

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Дніпропетровськ – 2010

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у ДП "Науково-виробничому об'єднанні "Павлоградський хімічний завод" Національного космічного агентства України.

Науковий консультант – доктор технічних наук, професор

СОБОЛЄВ Валерій Вікторович,

Державний вищий навчальний заклад

"Національний гірничий університет"

Міністерства освіти і науки України (м. Дніпропетровськ),

професор кафедри будівництва і геомеханіки

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор

ГУРІН Аркадій Олександрович,

Криворізький технічний університет Міністерства освіти

і науки України, завідувач кафедри рудникової

аерології та охорони праці;

доктор технічних наук, професор

ВОРОБІЙОВ Віктор Данилович,

Національний технічний університет України "Київський

політехнічний інститут", Міністерства освіти і науки

України, професор кафедри інженерної екології;

доктор технічних наук, професор

КАШУБА Олег Іванович,

Макіївський науково-дослідний інституту з безпеки робіт

у гірничій промисловості Міністерства вугільної

промисловості України, завідувач науково-дослідним

інформаційно-аналітичним сектором з охорони праці в галузі

Захист дисертації відбудеться "01" лютого 2011 р. о 14⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.080.07 при Державному вищому навчальному закладі "Національний гірничий університет" Міністерства освіти і науки України за адресою: 49005, м. Дніпропетровськ, пр. К.Маркса, 19

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Державного вищого навчального закладу "Національний гірничий університет" Міністерства освіти і науки України за адресою: 49005, м. Дніпропетровськ, пр. К.Маркса, 19

Автореферат розісланий " ___ " грудня 2010 р.

Вчений секретар

спеціалізованої вченої ради

Д 08.080.07 кандидат

технічних наук, доцент

О.О. Азюковський

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Собівартість та якість кінцевої продукції гірничодобувних підприємств України значною мірою залежить від ефективності проведення буропідричних робіт. Використання нових енергоємних і екологічно безпечних вибухових речовин (ВР), раціональних схем і надійних засобів ініціювання вибуху, є передумовою безаварійного проведення вибухів, охорони праці і мінімальної негативної дії на навколишнє середовище, забезпечить оперативне управління підричними роботами та подальшими технологічними процесами гірничого виробництва. Збільшення об'ємів та ефективності вибухових робіт в цілому стає в сучасних умовах виробництва неможливим при використанні старих технологій, орієнтованих на вибухові речовини, що містять тротил.

Останніми роками в Україні обсяги споживання тротилу і ВР, що містять тротил, почали знижуватися. Їх витісняють більш безпечні, екологічно і економічно ефективніші прості водостійкі ВР і емульсійні ВР ("Україніт", "Емульхім", "Анемікс" та інші). Одним з недоліків цих ВР є відносно високий вміст води в їх складі, що зменшує питому енергію, працездатність і ефективність їх вживання, збільшує вихід негабариту; призводить до перепаду та здрібнення породи, особливо при використанні традиційних систем ініціювання зарядів ВР. Це не дозволяє повністю виключити використання в промисловості тротилу і таких ВР, що містять токсичні і шкідливі компоненти. Крім цього, із збільшенням глибини кар'єрів в більшості випадків збільшується міцність і обводненість порід, що, також, обумовлює необхідність використання більш ефективних ВР.

В той же час в рамках міжнародних зобов'язань України зі скорочення і ліквідації стратегічних озброєнь і державних програм з ліквідації міжконтинентальних балістичних ракет РС-22 заплановано утилізувати понад 5000 т твердого ракетного палива (ТРП). Однією з проблем утилізації ракет РС-22 є створення безпечних технологічних процесів, направлених не на знищення енергетичного потенціалу, закладеного в твердому паливі балістичних ракет, а на його ефективне використання після відповідної переробки при виробництві високоенергетичних емульсійних вибухових речовин (ЕВР). Актуальним є також отримання шляхом переробки ТРП речовин, виробництво яких в Україні відсутнє або є екологічно шкідливим і небезпечним, у тому числі для елементів неелектричної системи ініціювання зарядів ВР.

Таким чином, підвищення ефективності використання енергетичного потенціалу емульсійних ВР, виготовлення високоенергетичних компонентів для ВР та елементів неелектричної системи ініціювання зарядів ВР, підготовки і проведення вибухових робіт, зниження виходу дрібних фракцій гірської маси, шкідливих і токсичних газів вибуху, поліпшення екологічної ситуації в зоні кар'єрів, є надзвичайно важливими і актуальними задачами. В той же час

збільшення енергетичного потенціалу ВР, використання високоенергетичних компонентів для ВР, у тому числі з продуктами утилізації ТРП, підвищує ризик виникнення аварій та аварійних ситуацій як при виготовленні, так і при використанні ВР. Тому вирішення проблеми переходу гірничих підприємств до використання високоенергетичних ЕВР, в тому числі з компонентами ТРП, в першу чергу, пов'язане зі створенням ефективної системи управління ризиками, яка включає два головні напрями – безпечне виробництво компонентів для високоенергетичних ЕВР і елементів неелектричної системи ініціювання зарядів ВР та безпечне використання розроблених ЕВР і системи ініціювання на гірничодобувних підприємствах. Рішенню цієї актуальної проблеми присвячена дисертаційна робота.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами. Дисертація виконана згідно з цільовою Державною комплексною програмою "Створення і розвиток виробництв для народного господарства ефективних екологічно чистих ВР і засобів ініціювання з використанням ресурсів і виробничої бази України" в рамках вирішення Державних програм та галузевих державних планів Національного космічного агентства України (НКАУ). Підставою для виконання досліджень є "Програма утилізації твердого ракетного палива міжконтинентальних балістичних ракет РС-22", затверджена постановою Кабінету міністрів України від 29.10.03, № 1684; звіт ПХЗ за 2004 р.; Державний договір з НКАУ №17-01/04 від 11.11.04; Державний контракт з НКАУ № 20-01/05 від 28.02.05 р. на виконання дослідно-конструкторських і проектних робіт із створення виробничих потужностей для утилізації твердого ракетного палива за темою "Забезпечення виконання Державної програми утилізації твердих ракетних палив міжконтинентальних балістичних ракет РС-22"; звіти за 2005-2009 рр.: № Д.Р. 0105U002610, 0109U000050Т, 0110U000025Т. Науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи виконувалися відповідно до "Плану дослідно-конструкторських робіт і створення виробничих потужностей для утилізації твердого ракетного палива", № 20-01/05-ПХЗ-02-2007, № Д.Р. 0107U000003Д.

Мета і завдання досліджень.

Метою дисертаційної роботи є наукове обґрунтування, створення і впровадження ефективної системи управління ризиками, яка забезпечує безпечне виробництво та використання на гірничодобувних підприємствах високоенергетичних емульсійних ВР у тому числі з компонентами ТРП.

Для досягнення поставленої мети необхідно:

- виконати аналіз існуючих емульсійних ВР та систем ініціювання зарядів ВР з точки зору забезпечення безпеки їх виробництва та використання на гірничодобувних підприємствах;
- розробити структуру системи управління ризиками на основі проведення сертифікації промислових ВР на забезпечення технічної й екологічної безпеки при їх виробництві, транспортуванні, зберіганні і застосуванні;

- оцінити стійкість хімічних зв'язків між частинками різних фаз емульсійних вибухових речовин (твердої, рідкої, газової) під впливом різноманітних зовнішніх збурень;
- дослідити параметри фізичної і хімічної стабільності емульсій з високоенергетичними компонентами, що забезпечують безпечне зберігання, транспортування та застосування;
- розробити безпечну промислову технологію виробництва різних модифікацій високоенергетичних наливних і незапобіжних патронованих емульсійних ВР, які мають високу потужність та низьку чутливість до зовнішніх збурень, є безпечними у поводженні і дозволяють повністю механізувати всі операції з виготовлення і заряджання ВР у свердловини;
- розробити безпечну технологію виробництва елементів для водостійкої, підвищеної безпеки у поводженні неелектричної системи ініціювання зарядів ВР, призначеної для ініціювання проміжних детонаторів і патронів-бойовиків при проведенні вибухових робіт;
- створити мобільний автоматизований міні-завод з виробництва високоенергетичних емульсійних ВР, у тому числі з компонентами ТРП, з безпечним технологічним процесом у діапазоні температур навколишнього середовища від мінус 35 до плюс 60 °С.

Об'єкт дослідження - процеси виготовлення, транспортування й застосування емульсійних ВР з високоенергетичними компонентами та неелектричної системи ініціювання зарядів ВР.

Предмет дослідження - фізичні, хімічні й вибухові властивості високоенергетичних компонентів ЕВР та фізико-хімічні процеси, що протікають між компонентами ВР і впливають на безпеку їх виготовлення та використання.

Методи дослідження. Для досягнення поставлених завдань в роботі використані аналіз і узагальнення існуючих літературних джерел та сучасних науково-технічних досягнень з питань виготовлення та використання високоефективних і безпечних ВР, систем ініціювання їх зарядів - при виборі і обґрунтуванні напрямів досліджень; методи квантової механіки і механохімії – при дослідженні стійкості ВР та їх чутливості до зовнішніх збурень; методи фізичного та хімічного аналізу – при обґрунтуванні безпечних режимів створення емульсій; фізичне моделювання та експериментальні дослідження в лабораторних умовах – при дослідженні стабільності емульсій з високоенергетичними компонентами, розробці технології виробництва емульсійних ВР та неелектричної системи ініціювання зарядів ВР; експериментальні дослідження в умовах гірничодобувних підприємств – при попередніх та приймальних випробуваннях розроблених емульсійних ВР та розроблених технічних засобів для їх приготування.

Наукові положення, що виносяться на захист

1. Критеріальна оцінка рівня безпеки емульсійних ВР, яка включає

показники, що характеризують стабільність і співвідношення компонентів у складі ВР, стабільність фізико-хімічної мікроструктури й суцільності зарядів ВР та відповідність умов підривання особливостям фізичних і хімічних властивостей ВР, забезпечує моніторинг вимог щодо збалансованості мікроструктури та збереження розрахункових вибухових характеристик під час регламентованого терміну зберігання і застосування емульсійних ВР.

2. Розрив хімічних зв'язків в молекулах енергонасичених речовин, що різко знижує їх стійкість до хімічних реакцій і призводить до процесу вибухового перетворення, виникає при зближенні молекул енергонасичених речовин з точковим зарядом до критичної відстані, значення якої збільшується зі зростанням величини заряду та температури системи.

3. Збудження детонації в зарядах високоенергетичних емульсійних ВР можливе внаслідок кавітації яка виникає в емульсії під впливом акустичного поля чи гідродинамічного удару в процесі приготування ВР, при цьому із зменшенням концентрації бульбашок вірогідність запалення ВР знижується, а за умов постійної їх концентрації вірогідність ініціювання детонації ВР є найвищою при розмірі бульбашок $5 \cdot 10^{-7} - 6 \cdot 10^{-7}$ м.

4. Хімічна активність, обумовлена наявністю дефектів кристалічної будови і деформованих зв'язків, виявляється в мимовільному розкладанні високоенергетичних компонентів ТРП, високій розчинності у воді і газах, утворенні нових фаз на поверхні, а зниження величини енергетичного бар'єру призводить до збільшення чутливості високоенергетичної речовини до зовнішньої дії електричного поля.

Наукові результати і їх новизна.

1. Розроблено новий методологічний підхід до оцінки ризиків, що виникають при виробництві та використанні високоенергетичних емульсійних ВР в основу якого покладено проведення сертифікації промислових ВР на забезпечення технічної й екологічної безпеки при їх виробництві, транспортуванні, зберіганні і застосуванні.

2. Досліджений вплив різноманітних зовнішніх діянь на стійкість хімічних зв'язків між частинками різних фаз емульсійних речовин (твердої, рідкої, газової). Вперше запропонована фізико-математична модель взаємодії точкового електричного заряду з хімічним зв'язком молекули, з використанням якої зроблена оцінка стійкості хімічних зв'язків встановлені закономірності впливу електричного поля на стійкість хімічних зв'язків між частинками різних фаз емульсійних речовин.

3. Встановлені та досліджені фізичні чинники, що ініціюють можливі умови вибухового перетворення ВР в процесі газогенерації, вперше вивчені концентрація, закон розподілу за розмірами і фізичні параметри в процесі стиснення сферичних газових включень та розраховані максимальні температури як функція середнього розміру газових включень.

4. Вперше проведені експериментальні і теоретичні дослідження вибу-

хових характеристик, характеристик стабільності та безпеки нових емульсійних ВР з добавками енергонасичених компонентів ТРП. Встановлено, що у продуктах вибуху емульсійних ВР, які мають збалансовану рецептуру, токсичні речовини не утворюються в недопустимій кількості, якщо відношення маси добавок ТРП або його компонентів до маси окислювач+пальне не перевищує 0,1.

5. Встановлені закономірності впливу різноманітних чинників на стійкість розроблених емульсій. Вперше показано, що ступінь зміни фізико-хімічного стану мікроструктури емульсії в умовах нагрівання не вище 160°C є незначною і характеризується такими параметрами, які не впливають на стабільність емульсії протягом технологічних процесів приготування, транспортування, зберігання і застосування, а зміна густини емульсій за перші три доби від моменту "дозрівання" емульсії не перевищує 15 %, що не призводить до руйнування структури емульсії і свідчить про стабілізацію її фізико-хімічних параметрів.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджується: системним підходом до рішення експериментальних і виробничих проблем; використанням відомих методів фізико-хімічних досліджень і апробованих методик випробувань високоенергетичних матеріалів; атестованим устаткуванням і засобами контролю; застосуванням при рішенні завдань сучасних методів теоретичного аналізу, задовільною збіжністю теоретичних результатів з експериментальними даними, задовільним збігом лабораторних і натурних досліджень та результатів промислових випробувань.

Наукове значення роботи полягає в розробці наукових принципів створення безпечних процесів виробництва та використання нових високоенергетичних фізико-хімічних систем і комплексів із заданими службовими характеристиками та методів управління ними при експлуатації в умовах змінних зовнішніх параметрів.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що вони використані як теоретична і методична основа при розробці безпечної промислової технології виробництва різних модифікацій емульсійних ВР та мобільних технічних засобів для виробництва цих емульсійних ВР, у тому числі:

- розроблена система управління ризиками на основі промислової сертифікації емульсійних ВР, у тому числі з компонентами ТРП, що забезпечує технічну та екологічну безпеку при їх виготовленні, транспортуванні, зберіганні і застосуванні;
- розроблена низка методик стендових випробувань вибухових матеріалів (ВМ), високоенергетичних речовин і матеріалів на чутливість до різноманітних збурюючих факторів, що забезпечують моніторинг стану ВР та їх компонентів при зберіганні, транспортуванні і застосуванні в умовах

гірничих підприємств;

- розроблено безпечну промислову технологію виробництва різних модифікацій нових наливних і незапобіжних патронованих високоенергетичних емульсійних ВР, здатних руйнувати породи будь-якої міцності і обводненості, що мають низьку чутливість до зовнішніх збурень і відносно безпечні при використанні, що дозволяє повністю механізувати операції з заряджання свердловин емульсіями і виготовлення ВР;
- розроблено директивний регламент за технологією виготовлення емульсій різних рецептур на повномасштабному об'єкті утилізації ТРП;
- створено економічно ефективну і максимально безпечну технологію виробництва елементів неелектричної системи ініціювання зарядів емульсійних ВР з використанням високоенергетичних продуктів, вилучених з ТРП;
- створено стаціонарний завод з безпечним технологічним процесом виробництва конверсійних високоенергетичних ЕВР продуктивністю до 60000 т/рік.

На базі зазначених розробок створений та впроваджений економічно ефективний мобільний комплекс, що виконує всі етапи, необхідні для проведення буропідричних робіт, здатний зменшити на 15% витрати емульсійних ВР і на 50% вихід дрібних фракцій гірської маси. Впроваджена система промислової сертифікації ВР, з використанням якої проведена сертифікація розроблених емульсійних ВР, у тому числі з високоенергетичними компонентами ТРП.

Реалізація висновків і рекомендацій роботи. Результати досліджень впроваджені на ДП "НВО "Павлоградський хімічний завод", де організовано безпечне промислове виробництво різних модифікацій нових наливних і незапобіжних патронованих ЕВР марки "ЕРА" та налагоджене промислове виробництво неелектричної системи ініціювання зарядів вибухових речовин "Прима-ЕРА".

Розроблені емульсійні ВР та система ініціювання зарядів вибухових речовин використовуються при проведенні буропідричних робіт на кар'єрах АР Крим: "Торезький кар'єр", "Крим", "Мало-Бузуківській кар'єр", Грушевський ДП "ШБУ-45", "Ульянівські вапняки", "Шархинській кар'єр", "Новопавловській гранітний кар'єр", "Кіровоградський кар'єр". Роботи здійснюються на Віровському та Сосновському кар'єрах Рівненської області; Малинському і Коростеньському кар'єрах Житомирської області; Рижевському і Знаменівському кар'єрах Кіровоградської області; Ольшанському і Болеславському кар'єрах Миколаївської області; у Дніпропетровській області на кар'єрах: Північний ГЗК, Інгулецький ГЗК, Суха балка, в шахті Східного ГЗК та ін.; в Запорізькій області на кар'єрах Тельмановському та Качинському, шахтах ЗАТ ЗЗРК, у вугільних шахтах ДП "Свердловантрацит" Луганської області та інших гірничодобувних підприємствах України.

Особистий внесок автора. Самостійно визначив і сформулював наукову

проблему, ідею, мету і задачі досліджень, наукові положення, висновки і рекомендації; розробив і удосконалив методики досліджень і випробувань високоенергетичних матеріалів; вирішив низку нових теоретичних і інженерних задач; виконав, проаналізував і узагальнив результати теоретичних і експериментальних робіт. Здійснював наукове керівництво дослідженнями, використовував комплекс наукових результатів і нових технічних рішень для організації промислового виробництва високоенергетичних продуктів з ТРП, емульсій, ЕВР марки "ЕРА", неелектричної системи ініціювання "Прима-ЕРА" і окремих її елементів.

Апробація результатів дисертації. Результати досліджень доповідалися на міжнародних науково-технічних конференціях: "Проблеми виробництва промислових ВР на сучасному етапі і утилізація боєприпасів" (м. Павлоград, 1997); "Комплексна утилізація звичайних видів боєприпасів" (ФГУП КНІМ, м. Красноармійськ Московської обл., Росія 1998 і 2003); "Сучасний стан, проблеми, перспективи розвитку вибухової справи" (м. Павлоград, 2006); "Високоенергетична обробка матеріалів" (м. Дніпропетровськ, 2001, 2003, 2005, 2007 і 2009); "Утилізація 2005" і "Утилізація 2007" (ФГУП КНІМ м. Красноармійськ Московської обл., Росія); "Сучасні технології ведення буропідричних робіт, їх економічна ефективність і технологічна безпека" (КГПУ, м. Коктебель, Україна, 2007, 2008 і 2009); "Стратегія якості в промисловості і освіті" (м. Варна, Болгарія, 2008 і 2010); "Высокоэнергетические материалы: демилитаризация, антитерроризм и гражданское применение" (м. Бійськ, Росія, 2008 і 2010); "Тиждень гірника-2010" (МГГУ, м. Москва, Росія); "Вибухова справа в Україні. Сучасний стан, проблеми, перспективи розвитку" (м. Павлоград, 2006, м. Кривий Ріг, 2007); "Харитоновські читання" (РФЯЦ ВНІЕФ, м. Саров, Росія, 2009) та інших.

Публікації. Основні положення дисертації висвітлені у 58 наукових працях, з яких 34 (2 – без співавторів) це статті в наукових фахових виданнях, що входять до переліку ВАК України, одержано 4 патенти України; 20 статей (2 – без співавторів) опубліковано в науково-технічних збірниках, матеріалах наукових конференцій в Україні, Росії, Німеччині та Болгарії.

Структура і об'єм роботи. Дисертація складається зі вступу, семи розділів, висновку, списку використаних джерел з 286 найменувань на 29 сторінках та додатків на 27 сторінках. Містить 314 сторінок тексту, 101 рисунок і 98 таблиць. Загальний обсяг роботи складає 412 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність досліджень, сформульовані мета і завдання досліджень, наведені основні наукові положення та результати, винесені на захист, а також відомості про практичне значення та впровадження результатів роботи.

У першому розділі виконаний аналіз літературних джерел та сучасних науково-технічних досягнень з питань виготовлення та використання високоефективних та безпечних ВР, систем ініціювання зарядів ВР.

Значний внесок у розвиток теоретичних і практичних знань в цій галузі внесли вчені і провідні фахівці наукових і проектних інститутів та промислових підприємств України, Росії та Казахстану: ІХФ РАН (Москва), ІПХФ РАН (Черноголовка), ЦНДІХМ (Москва), ІГТМ НАН України (Дніпропетровськ), Держ-НДІХП (Шостка), МакНДІ (Макіївка), НГУ і ДГХТУ (Дніпропетровськ), ДП НВО "ПХЗ" (Павлоград), "Хімічний завод "Південний" (Рубіжне), ФДУП "Алтай" і Інститут проблем хіміко-енергетичних технологій ПВ РАН (Бійськ), ФДУП "Союз" та ДержНДІ "Кристал" (Дзержинськ, Росія), Інститут фізики міцності і матеріалознавства ПВ РАН (Томськ) та багато інших.

Основні техніко-економічні задачі підприємств гірничо-металургійного комплексу України полягають в забезпеченні ефективності проведення буропідричних робіт, зниженні собівартості кінцевої продукції, в дотриманні умов безпечного виробництва ВР, безаварійного проведення вибухів, охорони праці і мінімальної негативної дії на навколишнє середовище. Використання нових енергоємних і екологічно безпечних ВР, раціональних схем і надійних засобів вибуху, забезпечать оперативне управління підричними роботами та подальшими технологічними процесами гірничого виробництва. Збільшення обсягів та ефективності вибухових робіт в цілому стає в сучасних умовах виробництва неможливим при використанні старих технологій, орієнтованих головним чином на вибухові речовини, що містять тротил. Останніми роками в Україні обсяги споживання тротилу і ВР, що містять тротил суттєво зменшилися.

Досвід проведення вибухових робіт свідчать про те, що сьогодні в Україні безпечними, найчистішими екологічно і економічно ефективними є прості водостійкі ВР і високоенергетичні емульсійні ВР, приготування яких здійснюється безпосередньо в умовах мобільного автоматизованого заводу і відноситься до безпечних технологічних процесів. ЕВР не містять початкових компонентів, що класифікуються як ВР, і набувають вибухових властивостей лише в кінцевій стадії приготування. Вони не чутливі до випадкового ініціювання від вогню або механічного впливу і безпечніші у виробництві, ніж інші промислові ВР, не містять у складі високотоксичних речовин.

У цілому, темпи зростання обсягів виробництва ЕВР в Україні ("Україніт", "Емульхім", "Анемікс" та інші) задовільні, проте поки не можуть повністю виключити використання в промисловості тротилу і таких ВР, що містять токсичні і шкідливі компоненти. Одним з недоліків ЕВР марки "Україніт", "Емульхім", "Анемікс" і "Емоніт" є відносно високий вміст води в їх складі: від 13-15% (для зарубіжних марок ЕВР) до 17-19% (для ЕВР українського виробництва). Очевидно, що питома енергія, працездатність і ефективність вживання цих ЕВР в цілому зростатимуть із зменшенням вмісту води.

У результаті проведення масових вибухів на кар'єрах України, Росії та інших країн з використанням відомих марок ЕВР встановлені наступні характерні недоліки: вихід негабариту близько 10-15% (при використанні відомих систем ініціювання зарядів ВР); перепал та здрібнення породи 30-35%. Окрім цього, із збільшенням глибини кар'єрів в більшості випадків збільшується міцність і обводненість порід, що ускладнює можливість їх використання.

Таким чином, для України надзвичайно актуальними задачами є розробка і впровадження безпечної технології буропідричних робіт, що включає рішення таких основних і взаємозв'язаних питань, як створення високопродуктивних, економічно обґрунтованих, ефективних і безпечних технологій виробництва нових ЕВР, що містять зокрема, високоенергетичні компоненти ТРП, і нової неелектричної системи ініціювання зарядів ВВ, зниження виходу дрібних фракцій висадженої породи, шкідливих і токсичних газів у продуктах вибуху, поліпшення умов праці та екологічної ситуації в зоні кар'єрів, підвищення ефективності вибуху і безпеки робіт в цілому.

Другий розділ присвячений розробці системи управління ризиками на основі промислової сертифікації емульсійних ВР та дослідженню процесів, що протікають в різних фаз емульсійних речовин під впливом зовнішніх збурень.

Актуальність проведення сертифікації ВР на безпеку обумовлена сучасними вимогами до забезпечення безпеки при виробництві, зберіганні і використанні промислових ВР та конверсійних високоенергетичних продуктів. В Україні відсутній комплексний підхід до такої сертифікації. Нині вона, по суті, зводиться до підтвердження окремих характеристик ВР, представлених в нормативній документації, яка ставить проблематичним оцінку істинного рівня безпеки ВР, що розробляються і використовуються.

Основна мета сертифікації вибухових матеріалів полягає в необхідності випуску якісної і безпечної при виготовленні, зберіганні, транспортуванні і використанні продукції, забезпеченні мінімального рівня ризику, пов'язаного з можливістю нанесення збитку здоров'ю людей, руйнуванні і втрати майна, забруднення навколишнього середовища. Сертифікація дозволяє створити умови для суб'єктів підприємницької діяльності в міжнародній, економічній і науково-технічній співпраці й торгівлі.

Запропонований алгоритм сертифікації промислових ВР передбачає їх тестування за ступенем небезпеки для різних умов застосування. При цьому оцінюються такі характеристики ВР як токсичність їх компонентів, токсичність продуктів детонації, детонаційна сприйнятливність і стійкість детонації, параметри безпеки при транспортуванні та використанні (чутливість до тертя, удару, електростатичним полям, термічна стійкість, фізична і хімічна стійкість та ін.), а також безпека процесів при ліквідації зарядів ВР у випадку відмови. Для проведення сертифікації ВР потрібна розробка відповідних методик і обґрунтування методів проведення досліджень.

Суттєва увага приділена сертифікації ВР з компонентами ТРП. Вибухові компоненти, вилучені з ТРП, неприпустимо використовувати як добавки у промислові ВР без попереднього їх тестування і атестації на фізико-хімічну стабільність і без відповідної промислової переробки. У роботі запропонований методологічний підхід до оцінки безпеки повторного використання ТРП і його високоенергетичних компонентів. Така оцінка побудована на аналізі безпеки за низкою критеріїв, які характеризують властивості вибухових матеріалів (ВМ), вилучених з ТРТ і боєприпасів, можливості їх переробки в промислові ВР, транспортування і використання. Запропонований алгоритм оцінки безпеки використання конверсійних ВМ. У випадку, якщо підтверджується фізико-хімічна стабільність ВМ на термін не менше ніж 1 рік, вони йдуть на переробку для використання в промислових ВР. Якщо ж ВМ не мають необхідної стабільності, то вони знищуються спалюванням. Розроблений алгоритм оцінки небезпеки промислових ВР, що містить видалені з ТРП енергонасичені продукти. Алгоритм дозволяє класифікувати ВР за ступенем небезпеки з визначенням класу і підкласу небезпеки.

Надзвичайно важливою проблема стійкості речовини стає при дослідженні енергонасичених продуктів, здібних до хімічних перетворень у формі детонації або вибухового перетворення при тому або іншому фізичному впливі. Відомо, що прояв нестійкості структури ВР і початок розвитку реакцій вибухового перетворення обумовлений "розпушуванням" і розривом хімічних зв'язків в результаті фізико-механічного впливу. Такі зміни можуть бути викликані присутністю електричних зарядів, тертям, складною деформацією (тиск+деформації зсуву), нагріванням, розповсюдженням хвиль стиснення.

Особливий інтерес викликають теплові і механічні дії, вплив електричних зарядів. Для розробки методики оцінки стійкості хімічного зв'язку використаний метод квантово-механічної оцінки стійкості хімічних зв'язків, згідно якого передбачається, що на хімічний зв'язок між атомами a і b діє поле електричного заряду (третього центру), тобто деяке збурення $W(\tau)$.

Розглянемо систему, що складається з трьох частинок із зарядами Z_1, Z_2, Z_3 і відповідними масами M_1, M_2, M_3 , які взаємодіють за законом Кулона. Тут заряди $Z_1, Z_2 > 0$, а $Z_3 < 0$. Гамільтоніан для електрона в полі двох кулонівських центрів при введенні координат Якобі запишеться таким чином:

$$H = -\frac{\hbar^2}{2M_0} \Delta_{\mathfrak{R}} - \frac{\hbar^2}{2M} \Delta_R - \frac{\hbar^2}{2m} \Delta_r + \frac{Z_1 \cdot Z_2}{R} - \frac{Z_1 \cdot Z_3}{r_a} - \frac{Z_3 \cdot Z_2}{r_b}, \quad (1)$$

де Z_1 і Z_2 – заряди атомів, $Z_2 \geq Z_1$; $Z_2 \geq Z_1$; $M_0 = M_1 + M_2 + M_3$; M_1 і M_2 – маси ядер мо-

лекули; $M_3 \ll (M_1; M_2)$; $\frac{1}{M} = \frac{1}{M_1} + \frac{1}{M_2}$; $\frac{1}{m} = \frac{1}{M_3} + \frac{1}{M_1 + M_2}$; $r_a = |R_3 - R_1|$; $r_b = |R_3 - R_2|$ – відстані від іонів a і b до даної точки простору валентного електрона; R – між'ядерна відстань. Вважатимемо, що $M_3 \ll (M_1; M_2)$, тобто частинка з масою M_3 і зарядом Z_3 може бути електроном.

З використанням еліпсоїдної системи координат рівняння Шредінгера (у атомній системі одиниць $\hbar = Z_3 = M_3 = 1$) матиме вигляд:

$$\left\{ \frac{4}{R^2 \cdot (\lambda^2 - \mu^2)} \cdot \left[\frac{\partial}{\partial \lambda} (\lambda^2 - 1) \frac{\partial}{\partial \lambda} + \frac{\partial}{\partial \mu} (1 - \mu^2) \frac{\partial}{\partial \mu} \right] + \frac{\partial^2}{R^2 \cdot (\lambda^2 - 1) \cdot (1 - \mu^2) \partial \varphi^2} \right\} \psi + 2 \cdot [E + U(\lambda, \mu)] \psi = 0, \quad (2)$$

де $\lambda = (r_a + r_b)/R$; $1 \leq \lambda \leq \infty$; $\mu = (r_a - r_b)/R$; $-1 \leq \mu \leq 1$; $U(\lambda, \mu) = \frac{2}{R} \cdot \left(\frac{Z_1}{\lambda + \mu} + \frac{Z_2}{\lambda - \mu} \right)$, r_a і r_b – відстані від ядер Z_1 і Z_2 до електрона; $U(\lambda, \mu)$ – потенційна енергія електрона в полі зарядів Z_a і Z_b .

Для розрахунку коливального спектру хімічного зв'язку молекули використано рівняння Шредінгера, в якому енергія електронного терма апроксимується потенціалом Морса:

$$\frac{d^2 \varphi}{dx^2} + \frac{2MR_0^2}{\hbar^2} [E - A e^{-2\alpha x} + 2A e^{-\alpha x}] \varphi = 0, \quad (3)$$

тут $2A e^{-\alpha x} - A e^{-2\alpha x} = V(x)$ – потенціал Морсу; R_0 – рівноважна відстань; $x = (R - R_0) / R_0$; $M = M_1 M_2 / (M_1 + M_2)$ – приведена маса; A – параметр, встановлюваний енергією дисоціації хімічного зв'язку; α – визначається за умови перетину модельної і реальної потенційних кривих з віссю R .

Залежності $E(Z^\pm; R)$ для молекули CO наведений на рис. 1. Розрахунок енергії коливального спектру здійснювався за формулою:

$$E_{m_n} = -A \left[1 - \frac{\alpha \hbar}{\sqrt{2MAR_0^2}} \left(n + \frac{1}{2} \right) \right]^2. \quad (4)$$

При зближенні молекули CO із зарядом (рис. 1,б) або у разі збільшення валентності іона (рис. 1,а) при фіксованій відстані молекули від заряду спостерігається поступове "розпушування" хімічного зв'язку, а на деякій відстані від заряду (або при певній величині заряду) здійснюється розрив зв'язку. Встановлено, що характер залежностей $E(Z^\pm; R)$ аналогічний для всіх досліджених зв'язків малих молекул (HCN, CCl, CN, N₂, O₂, H₂, N₂H₂, NH₃, NO₂, C₂H₂ і т.д.).

0100090000037800000002001c00000000000400
 000003010800050000000b020000000005000000
 0c0228021e03040000002e0118001c000000fb021
 4000900000000000bc02000000cc0102022253797
 374656d00021e030000983d0000dc35110070838
 239680b22000c020000040000002d01000004000
 000020101001c000000fb02ceff00000000000090
 01000000cc0440001254696d6573204e65772052
 6f6d616e00000000000000000000000000000000
 00040000002d010100050000000902000000020d
 000000320a2d00000001000400000000001d0326
 0220ca1600040000002d010000030000000000
 а б

Рис. 1. Характер зміни потенційної енергії $E(Z^{[\pm]}; R)$ молекули CO в полі негативного заряду Z : **а** – від величини Z (відстань H від заряду до хімічного зв'язку $2,5 \cdot 10^{-10}$ м); **б** – від відстані H при $Z=(-4)$. 1 – молекула без збурення; 2, 3 і 4 – відповідно молекула в полі $Z(-2)$, (-4) і (-8) ; 5, 6 і 7 – молекула від заряду на відстані H (м) 10^{-9} , $5 \cdot 10^{-10}$ та $1,5 \cdot 10^{-10}$

При збільшенні заряду активуюча дія на хімічний зв'язок молекули посилюється, тобто за інших рівних умов молекула руйнується з більшою вірогідністю в порівнянні з тією, на яку впливає заряд меншої величини. Збільшення температури призводить до розриву зв'язків молекул на великих відстанях від іонів, які у декілька разів перевищують характерні міжатомні відстані в твердому тілі.

Однією з можливих причин збудження спалаху в процесі газогенерації ЕВР може бути кавітація, тобто причина теплової природи. З аналізу в'язкопластичного механізму утворення гарячих точок навколо газової бульбашки під час її стискання витікає, що розігрівання ВР в ударних хвилях тиском, який перевищує 10^9 Па для бульбашки розміром від 10^{-7} до $5 \cdot 10^{-6}$ м досягає 1000 К і більше. При цьому ефективний об'єм гарячих точок достатній для запалювання речовини. Стрибкоподібне збільшення температури одиниці об'єму ЕВР можна оцінити з формули

$$\Delta t = k_{\text{п}} \cdot \gamma / (r \cdot c \cdot \rho), \quad (5)$$

де $k_{\text{п}}$ – коефіцієнт пористості, $k_{\text{п}} = (1-p)^{(n-1)/2}$; γ – поверхневе натягнення на міжфазній межі, Дж/м²; n – показник політропи; c – теплоємність одиниці маси ЕВР, Дж/кг · К; ρ – густина ЕВР, кг/м³; r – початковий характерний радіус мішура, м.

Для отримання розподілу крапель окислювача за розмірами була проведена статистична обробка мікрофотографій емульсії. Форму крапель в розрахунках приймали сферичною. Використовуючи метод зворотних діаметрів, за наведеними даними обчислювали параметри об'ємної структури емульсії:

- кількість крапель в одиниці об'єму $N = 2 \cdot D_{\text{cp}}^{-1} \cdot n / \pi = 2248000 \text{ мм}^{-3}$;
- середній діаметр крапель $d_{\text{cp}} = \pi \cdot (D - 1 \text{cp})^{-1/2} = 13,345 \text{ мкм}$;
- середнє квадратичне відхилення $d_{\text{cp}} \sigma_{\text{dcp}} = [4 \cdot D_{\text{cp}} \cdot d_{\text{cp}} / \pi - (d_{\text{cp}})^2]^{1/2} = 5,72$

мкм.

Середня величина поверхні контакту "окислювальна фаза – паливна фаза" складає $\sim 200-220 \text{ м}^2/\text{см}^3$, де n – середня кількість крапель окислювача на одиниці площі фотографії; D_{cp} – середня величина діаметрів крапель на фотографії; D_{cp}^{-1} – середнє арифметичне значення величин, зворотних діаметрам крапель на фотографії.

Результати статистичної обробки показали, що розміри крапель описуються логарифмічно-нормальним законом розподілу (рис. 2):

$$f(d_k) = [(2\pi)^{1/2} \cdot \sigma_* \cdot d_k] \exp[-(\ln d_k - \mu)^2 / (2 \cdot \sigma_*^2)], \quad (6)$$

де $f(d_k)$ – густина розподілу величини d_k ; d_k – діаметр краплі; μ і σ^* – параметри розподілу величини d_k ; $\mu = \ln d_{\text{cp}} - (\sigma d_{\text{cp}})^{1/2}$; $\sigma^* = [\ln(\sigma d_{\text{cp}} / d_{\text{cp}}^2 + 1)]^{1/2}$, змінювання температури розігрівання залежно від розміру газової бульбашки має вигляд, рис. 3.

Починаючи з деяких розмірів, температура в результаті стискування бульбашки стає достатньою для ініціації хімічної реакції у формі детонації. З одного боку, зменшення радіусу бульбашки на порядок призводить до десятиразового збільшення температури, а з іншого – до зменшення розміру осередку високої температури в 10^2 разів і до зменшення його об'єму в 10^3 . Таким чином, зменшення радіусу бульбашок призводить до утворення високотемпературних осередків, здатних ініціювати детонацію в заряді ВР. З урахуванням тривалості стискування і розмірів осередка температура нагріву знаходиться в діапазоні 1000-2500 К (для бульбашок розміром 0,1-0,4 мкм).

Вірогідність запалення ВР буде знижуватися не тільки із зменшенням концентрації, але і із зменшенням розміру бульбашок. В останньому випадку зменшення розміру, не дивлячись на збільшення температури при стискуванні, призводить відповідно до зменшення розміру високотемпературного осередку. Із зменшенням концентрації бульбашок середнього розміру вірогідність виникнення детонації через зменшення розміру осередку зменшується. Отже, за умови постійної їх концентрації існує вузький діапазон деяких розмірів бульбашок ($5 \cdot 10^{-7}$ – $6 \cdot 10^{-7}$ м), в результаті стискування яких вірогідність ініціювання детонації ВР є найвищою. "Кавітаційний" механізм збудження детонації в зарядах ЕВР може виникнути в емульсії внаслідок дії акустичного поля чи гідродинамічного удару в процесі приготування ВР, що необхідно враховувати при обґрунтуванні технології виготовлення ВР та розробці відповідних технічних засобів.

| | |
|------------------------------------|------------------------------------|
| 0100090000037800000002001c0000000 | 0100090000037800000002001c0000000 |
| 0000400000003010800050000000b0200 | 0000400000003010800050000000b0200 |
| 000000050000000c0228021e030400000 | 000000050000000c0228021e030400000 |
| 02e0118001c000000fb021400090000000 | 02e0118001c000000fb021400090000000 |

000bc02000000cc010202225379737465
 6d00021e030000983d0000dc351100708
 38239680b22000c020000040000002d01
 000004000000020101001c000000fb02ce
 ff000000000009001000000cc04400012
 54696d6573204e657720526f6d616e0000
 00000000000000000000000000000040
 000002d0101000500000009020000002
 0d000000320a2d0000000100040000000
 0001d03260220ca1600040000002d0100
 000300000000000100090000037800000
 002001c0000000000400000003010800
 050000000b0200000000050000000c022
 8021e03040000002e0118001c000000fb0
 21400090000000000bc02000000cc0102
 022253797374656d00021e030000983d0
 000dc35110070838239680b22000c0200
 00040000002d010000040000000201010
 01c000000fb02ceff00000000000090010
 00000cc0440001254696d6573204e6577
 20526f6d616e000000000000000000000
 000000000000040000002d01010005000
 0000902000000020d000000320a2d0000
 0001000400000000001d03260220ca160
 0040000002d010000030000000000

Рис. 2. Криві розподілу крапель окислювача за розмірами

000bc02000000cc010202225379737465
 6d00021e030000983d0000dc351100708
 38239680b22000c020000040000002d01
 000004000000020101001c000000fb02ce
 ff000000000009001000000cc04400012
 54696d6573204e657720526f6d616e0000
 00000000000000000000000000000040
 000002d0101000500000009020000002
 0d000000320a2d0000000100040000000
 0001d03260220ca1600040000002d0100
 000300000000000100090000037800000
 002001c0000000000400000003010800
 050000000b0200000000050000000c022
 8021e03040000002e0118001c000000fb0
 21400090000000000bc02000000cc0102
 022253797374656d00021e030000983d0
 000dc35110070838239680b22000c0200
 00040000002d010000040000000201010
 01c000000fb02ceff00000000000090010
 00000cc0440001254696d6573204e6577
 20526f6d616e000000000000000000000
 000000000000040000002d01010005000
 0000902000000020d000000320a2d0000
 0001000400000000001d03260220ca160
 0040000002d010000030000000000

Рис. 3. Залежність температури газу від початкового розміру бульбашки, що стискується

Утворення нових сполук у ПВ відбувається в умовах, параметри яких визначаються переважно кінетичними чинниками, обумовленими фізико-хімічними особливостями і функціональним станом новоутворених поверхонь, металогенічною спеціалізацією руйнованих порід. Якщо виникають умови для не детонаційних процесів, при яких знижуються тиск і температура, то в ПВ може різко збільшитися кількість отруйних газів і загроза шкідливої дії на навколишнє середовище. Питання безпеки і екологічної чистоти можуть бути обґрунтовані і прогнозовані, у разі врахування характеру протікання хімічних реакцій у формі детонації або недетонаційних квазістаціонарних вибухових процесів.

У третьому розділі обґрунтовані методи і методики проведення експериментальних досліджень фізико-технічних характеристик компонентів емульсій, емульсій і емульсійних ВР, що впливають на безпеку процесів.

При розробці рецептур і створенні нових експериментальних зразків емульсійних матриць і емульсійних вибухових речовин необхідно після кожної технологічної операції визначати хімічний склад одержаних продуктів, їх хімічну і фізичну стабільність, безпеку під час виготовлення і в поводженні з ними, встановлювати небезпечні чинники і оцінювати можливі нештатні ситуації і вірогідність виникнення вибуху. Будь-які дії і контакти, обумовлені необхідністю виготовлення ВМ, проведення випробувань, практичного вживання завжди потенційно небезпечні і повинні виконуватися відповідно до правил безпеки.

Здатність до вибухового перетворення різних видів високоенергетичних продуктів і матеріалів, які розробляються і досліджуються в даній роботі, визначається експериментально за допомогою відомих стандартних методик, що передбачають, зокрема, використання вітчизняних або зарубіжних приладів і апаратури. Вживання єдиних методик випробувань вибухових матеріалів на чутливість до зовнішніх дій (температури, тиску, електричних полів і т.п.) і визначення їх фізичних, хімічних і вибухових характеристик обумовлено необхідністю порівняння одержаних результатів, можливості їх контролю, розповсюдження і інтерпретації одержаних даних для аналогічних матеріалів, умов випробувань, проведення технологічних процесів і т.п.

Дослідження зміни стану стабільності, компонентно-хімічного складу і вибухових характеристик досліджуваних речовин в результаті зовнішніх фізико-механічних дій включають наступні основні види випробувань.

Аналіз сировини і матеріалів проводиться відповідно до розроблених методик і методів дослідження, які, зокрема, включають визначення масової частки суми перхлорату амонію і нітрату амонію в технологічних водах, температури кристалізації і в'язкості емульсії.

Для аналізу фізико-механічних, експлуатаційних і стендових випробувань ВМ класу I розроблені методики для вирішення наступних задач:

- визначення температури спалаху горючої фази, вміст аміачної і кальцієвої селітри в розчині окислювача, стабільності емульсій в процесі газогенерації, чутливості емульсій до механічних дій; чутливості ВР до електростатичного розряду;
- сприйнятливості емульсій і ВР до детонаційного імпульсу, до передачі детонації; чутливості ВР і ВМ до тертя, удару і фізичної стабільності до вібронавантажень, температурної стійкості, визначення переходу горіння в детонацію, теплоти вибуху і тротилового еквівалента, чутливості до дії вогню, водостійкості;
- визначення ініціюючої здатності капсуля-детонатора (КД), впливу вібронавантажень на працездатність неелектричних систем ініціювання.

Проведення випробувань і експериментальних досліджень фізико-хімічних властивостей емульсій, ЕВР і окремих компонентів, що входять в їх склад, вибухових матеріалів, засобів ініціації і т.п., проводяться головним чином з викори-

станням відомих методик, які знайшли широке вживання при дослідженні властивостей різних типів ВР. Проте при розробці, виготовленні, випробуванні і використанні нових видів продукції виникає необхідність в дослідженні характеристик ВР, які вимагають розробки додаткових методів, устаткування і методик, або удосконалення існуючих. Так, для дослідження характеристик сировини і матеріалів, зокрема, компонентів, що виділилися в процесі гідромеханічного вимивання ТРП, потрібно визначення вмісту нітрату амонію і перхлорату амонію (ПХА) в технологічних водах, визначення вмісту ПХА і октогену в полімерній матриці при глибокій переробці; визначення вмісту гексогену, октогену і ПХА в емульсійних ВР. Для визначення вмісту цих речовин запропоновані ваговий метод, неводне титруванням і ацидеметричне зворотне титрування.

У четвертому розділі досліджуються параметри безпеки виготовлення і фізико-хімічні властивості емульсій – базової структурної одиниці ЕВР. Введенням різних хімічних речовин як добавок або зміною співвідношення компонентів, що входять в емульсію, можна одержати такі характеристики, які відповідатимуть тим або іншим умовам використання, технологічним параметрам, вимогам стабільності і безпеки. Ефективність використання ЕВР в процесі виготовлення, транспортування, заряджання свердловин і у разі відмов при максимально можливому зниженні ризику виникнення аварійних ситуацій залежать від стабільності емульсій.

Дослідження в'язкості (рис. 4) проводилися для емульсій всіх розроблених рецептур. Встановлені закономірності і характер змінювання в'язкості не тільки від співвідношення компонентів, але і від їх марок, часу і швидкості перемішування, температури. Результати дослідження динамічної в'язкості емульсій від вмісту різних емульгаторів свідчать про те, що найбільшу в'язкість має емульгатор Lz2735K (18 Па·с при 20°C). Близьким до нього за значенням в'язкості (при T=70 і 20°C) є емульгатор Lz2729.

Мінімальні значення в'язкості при T=70 (близько 7 Па·с) і 20°C (близько 12,4 Па·с) відзначені для емульгатора Lz2824H. Виходячи з одержаних даних, рекомендується при виготовленні емульсій для наливних і патронованих ЕВР встановлювати час перемішування 5 хвилин при швидкості перемішування відповідно 1000 і 2000 об/хв. Найбільше значення в'язкості (400 Па·с) одержано при 8% концентрації паливної фази, що містить компоненти I-20A і Lz2729; I-40A і Lz2729 в співвідношенні 5/3. Якнайменше значення в'язкості (8,32 Па·с) паливна фаза має при співвідношенні (7,5/0,5) компонентів I-5A і Lz2735. Високі значення в'язкості мають емульсії, що містять індустриальне масло I-40A, а також I-8A в різних співвідношеннях з емульгаторами марок Lz2735 і Lz2729 порівняно з емульсіями, I-5A, що містять, I-20A, які рекомендується використовувати при розробці промислових емульсій.

Диференціальний термічний аналіз проводився для всіх розроблених реце-

птур емульсій за допомогою високочутливого вимірювального приладу термогравіметричного аналізу і диференціальної скануючої калориметрії TGA/DSC 1 Mettler Toledo. З даних аналізу виходить, що емульсії є термоактивними речовинами в діапазоні температур від 50 до 300°C. У деяких з них в процесі нагрівання відбувається декілька перетворень.

```
0100090000037800000002001c000000000004000
00003010800050000000b0200000000050000000c
0228021e03040000002e0118001c000000fb02140
00900000000000bc02000000cc0102022253797374
656d00021e030000983d0000dc351100708382396
80b22000c020000040000002d0100000400000002
0101001c000000fb02ceff00000000000090010000
00cc0440001254696d6573204e657720526f6d616
e000000000000000000000000000000000040000
002d0101000500000000902000000020d000000320
a2d00000001000400000000001d03260220ca1600
040000002d0100000300000000000
```

Рис. 4. Залежність в'язкості паливної фази від відсоткового вмісту індустріального масла (ІМ) і емульгатора: 1–I-5A/Lz-2735; 2– I-20A/Lz-2735; 3 – I-5A/Lz-2729; 4 – I-20A/Lz-2729

Значення зміни температур перших піків в досліджуваних емульсіях вказує на фізичні процеси, пов'язані з випаровуванням летючих компонентів, наприклад, дизельного палива, випаровування якого з ендотермічним ефектом відбувається при температурі від 78°C. Ендотермічні процеси в діапазоні температур від 115 до 138°C обумовлені випаровуванням води з емульсії. Причому, найбільшою фізичною стабільністю в цьому діапазоні температур відрізняються емульсії, що містять тверді нафтопродукти в паливній фазі і підвищений вміст емульгатора.

У разі, коли в рецептурі ЕВР присутня технологічна вода, то перший пік вказує на процес термічного розкладання початкового нітрату амонію. Другий пік вказує на проходження процесу термічного розкладання аміачної селітри, який носить двостадійний характер. При 170-180°C відбувається плавлення нітрату амонію, при 200-220°C починається процес його розкладання. При температурі біля 240°C відбувається ендотермічний процес розкладання рідкої конденсуючої фази, який супроводжується "кипінням" розплаву. Третій пік може вказувати на проходження процесу розкладання нітрату калію.

Найважливішими показниками безпеки є ступінь стійкості параметрів емульсій в процесі газогенерації. Для визначення параметрів стабільності емульсій в процесі газогенерації досліджувалися різні за складом варіанти емульсій. Ре-

зультати дослідження зміни густини емульсій за варіантом 1 (окислювальна фаза типу 1 – 93% і паливна фаза типу 1 – 7% при вмісті 9% розчину оцтової кислоти – 0,27%) представлені на рис. 5. Газогенерація проводилася шляхом додавання 20% розчину нітриту натрію в емульсію. На рис. 6 наведений характер залежності зміни густини емульсій зразка 1, індустріальних масел і емульгаторів, що містять різні марки, від тривалості протікання реакцій газогенерації після додавання 0,8% розчину нітриту натрію.

Протягом перших 10 хв. густина швидко зменшується, відбувається "дозрівання" емульсії і перетворення її в ЕВР. При цьому для кожної рецептури емульсій встановлюються свої значення. Від моменту "дозрівання" емульсії за одну добу зміна величини густини не перевищує 5-8%; через три доби газифікована емульсія набуває значення густини від 870 до 1000 кг/м³ без руйнування структури емульсії, що вказує на високу її стійкість і фізичну стабільність.

0100090000037800000002001c00000000004000000030108
00050000000b020000000050000000c0228021e0304000000
2e0118001c000000fb021400090000000000bc02000000cc010
2022253797374656d00021e030000983d0000dc35110070838
239680b22000c020000040000002d010000040000000201010
01c000000fb02ceff0000000000009001000000cc0440001254
696d6573204e657720526f6d616e0000000000000000000000
00000000000040000002d010100050000000902000000020d
000000320a2d00000001000400000000001d03260220ca1600
040000002d010000030000000000

Рис. 5. Залежність зміни густини емульсії за варіантом 1 від кількості нітриту натрію і тривалості газогенерації

0100090000037800000002001c000000000040000000301080005000000
b0200000000050000000c0228021e03040000002e0118001c000000fb0214
00090000000000bc02000000cc0102022253797374656d00021e030000983
d0000dc35110070838239680b22000c020000040000002d01000004000000
020101001c000000fb02ceff0000000000009001000000cc0440001254696d
6573204e657720526f6d616e00000000000000000000000000000000040
000002d010100050000000902000000020d000000320a2d00000001000400
000000001d03260220ca1600040000002d010000030000000000

Рис. 6. Залежність густини емульсії від часу протікання реакції газогенерації при вмісті різних марок індустріального масла і емульгатора: 1 – (И-5 + PIBSA); 2 – (И-5+PIBSA+ +SMO); 3 – (И-20+PIBSA); 4 – (И-20 + PIBSA + SMO)

Чутливість до удару досліджуваних емульсій для наливних і патронованих ЕВР не менше 50 Дж, до тертя – не менше 360 Н, до електростатичного розряду вище за 0,1 Дж. За цими показниками емульсії можуть бути допущені до транспортування, переміщення і бути використані як матриця при виробництві ЕВР. Небезпека може виникнути при збільшенні в'язкості емульсії особливо в процесі її перекачування, транспортуванні, заряджанні свердловин за допомогою змішу-

вально-заряджальної машини (СЗМ), змінювання температури. Збільшення в'язкості призводить до збільшення тертя емульсії з поверхнею металевих деталей устаткування, можливе утворення пробок через кристалізацію емульсії.

Згідно чинної класифікації (ГОСТ 19433) за ступенем небезпеки при зберіганні і перевезенні емульсія відноситься до класу 5, підкласу 5.1, категорії 1, групі 3 (класифікаційний шифр 5113).

У п'ятому розділі наведені дослідження рецептур наливних і патронованих ЕВР I і II класу використання на денній поверхні і у вугільних шахтах, що є безпечні за вибухами газу й пилу. Однією з основних проблем в галузі створення ЕВР є досягнення якомога тоншого диспергування окислювальної фази в середовищі вуглеводневого пального і забезпечення стійкості емульсії на час, необхідний для підготовки вибуху, або на термін гарантійного зберігання патронованих виробів.

Дослідження рецептур ЕВР, що містять високоенергетичні добавки (алюміній, піроксиліновий і балістичний порох, ANFO) показали, що у всіх випадках із збільшенням вмісту добавок у складі ЕВР величина кисневого балансу (КБ) знижується. Найінтенсивніше зменшення КБ відбувається при добавках в рецептуру ЕВР алюмінію. Діапазон величин, в межах яких змінюється КБ, обмежений значеннями від +4,5 до -1,7 %.

На практиці дозволяється використовувати ВР з мінімальною кількістю токсичних речовин, що містяться в продуктах вибуху ЕВР. Для виключення утворення оксидів азоту і мінімізації вмісту окислу вуглецю у складі продуктів вибуху КБ повинен бути в межах від -0,2 до -2,0%, вміст енергетичних добавок – 6-10%, при цьому забезпечується і найбільша теплота вибуху: 4000-4300 кДж/кг. При вибуху ЕВР з добавками ТРП у складі ПВ відсутні водень, хлор і оксид вуглецю, проте при цьому виділяються NO_x і NH_3 . Наявність хлористого водню в атмосфері і у висадженій гірській масі не знайдено. Виділення NO_x CO і вільного вуглецю при вибуху ЕВР з різним змістом ТРТ залежить від величини КБ.

Встановлено, що при збільшенні швидкості або часу перемішування густина ЕВР зменшується. Із збільшенням рН від 3 до 5 в'язкість зростає більше ніж удвічі (рис. 7). Залежність часу газогенерації від рН є неоднозначною. В нейтральному середовищі (рН=7) газогенерації практично немає. В діапазоні значень рН від 3 до 4 час протікання газогенерації зменшується, а при рН більше 4 - різко зростає. При рН >6 час газогенерації практично не змінюється і не перевищує 180 хв. Для практики найбільш прийнятною є газогенерація при показнику рН=4 (рис. 8).

| | |
|------------------------------------|------------------------------------|
| 0100090000037800000002001c0000000 | 0100090000037800000002001c0000000 |
| 0000400000003010800050000000b0200 | 0000400000003010800050000000b0200 |
| 000000050000000c0228021e030400000 | 000000050000000c0228021e030400000 |
| 02e0118001c000000fb021400090000000 | 02e0118001c000000fb021400090000000 |

000bc02000000cc010202225379737465
 6d00021e030000983d0000dc351100708
 38239680b22000c020000040000002d01
 000004000000020101001c000000fb02ce
 ff000000000009001000000cc04400012
 54696d6573204e657720526f6d616e0000
 00000000000000000000000000000040
 000002d01010005000000090200000002
 0d000000320a2d0000000100040000000
 0001d03260220ca1600040000002d0100
 00030000000000

Рис. 7. Змінювання в'язкості ЕВР від водневого показника

000bc02000000cc010202225379737465
 6d00021e030000983d0000dc351100708
 38239680b22000c020000040000002d01
 000004000000020101001c000000fb02ce
 ff000000000009001000000cc04400012
 54696d6573204e657720526f6d616e0000
 00000000000000000000000000000040
 000002d01010005000000090200000002
 0d000000320a2d0000000100040000000
 0001d03260220ca1600040000002d0100
 00030000000000

Рис. 8. Залежність часу газогенерації від водневого показника

Час газогенерації ЕВР збільшується при збільшенні температури. В діапазоні 20-30°C газогенерація не відбувається. При температурі 40°C газовиділення триває 20 хв., а при 50°C – близько 60 хв. Із збільшенням концентрації і кількості газогенеруючого агента час газогенерації скорочується. Так встановлено, що при концентрації нітриту натрію 0,1-1,2% газогенерація не відбувається. Максимальний час відповідає 0,3% нітриту натрію, а при його вмісті 0,7% – час газогенерації складає 30 хв.

З метою визначення ступеня безпеки, тобто стабільності параметрів ЕВР, досліджені водостійкість в стоячій воді, стійкість до вібронантажень, сумісність алюмінію з хімічними елементами емульсії, чутливість до удару, тертя, електростатичного розряду, термічну стійкість, теплоту вибуху, тротиловий еквівалент, об'єм ПВ, кислотний баланс, швидкість детонації та бризантність ЕВР.

Виконані дослідження різних модифікації ЕВР марки "ЕРА", залежно від призначення і особливостей рецептурного складу, відносяться до I та II класу застосування:

I клас – наливні ЕВР, вироблені зарядно-змішувальними машинами (ЗЗМ) і патронувані в оболонці ($\emptyset \leq 90$), при цьому вони діляться на дві групи – без конверсійних ВМ; ЕВР з конверсійними ВР і ТРП ("ЕРА-А", "ЕРА-АL", "ЕРА"-50/50, "ЕРА"-30/70, "ЕРА-1" (з ТРП), "ЕРА-II" (з ТРП), "ЕРА-Р", "ЕРА-В");

II клас – наливні, вироблені ЗЗМ, і патронувані в оболонці ($\emptyset \leq 90$); діляться на дві групи: ЕВР без конверсійних ВМ і ЕВР з конверсійними ВР і ТРП ("ЕРА-АЕ", "ЕРА-АLЕ", "ЕРА-АМЕ", "ЕРА-III" (з ТРП), "ЕРА-ВЕ").

Наливні ЕВР марки "ЕРА" I класу застосування заряджають в свердловини на денній поверхні з використанням ЗЗМ типу SMS чи UMS, розроблених ДП "НВО "Павлоградським хімічним заводом" разом з німецькою фірмою "Westsprenng". Такі ВР можуть виготовлятися безпосередньо з вихідних компонентів або з використанням готових емульсій. Для виготовлення ВР з ви-

хідних компонентів використовується ЗЗМ, типу SMS, яка оснащена диспергатором для отримання емульсійної матриці безпосередньо при виготовленні ЕВР у свердловині. При виготовленні ЕВР на стаціонарних пунктах з використанням емульсії застосовують машини типу UMS.

ЕВР "ЕРА" II класу застосування призначені для заряджання свердловин патронами діаметром від 25 до 90 мм. За своїми експлуатаційними характеристиками і параметрами безпеки патроновані ЕВР "ЕРА" вигідно відрізняються від традиційного амоніту №6 ЖВ. Для підземних умов ведення вибухових робіт розроблені наливні ЕВР, заряджання яких в свердловини здійснюється з використанням ЗЗМ типу RP-T, розробки компанії "Westsprengr".

ЕВР з продуктами переробки ТРП і ВР, що містять гексоген, можуть використовуватися як в патронованому вигляді, так і при механізованому заряджанні в свердловини з використанням ЗЗМ. При цьому показники з безпеки при їх виготовленні і використанні є не гіршими ніж показники ЕВР "ЕРА" без ТРП і гексогена. В емульсійному середовищі добавка енергонасичених продуктів і компонентів ТРТ в кількості не більше 5-7% виконує функцію тільки енергетичної добавки без погіршення експлуатаційних характеристик. Також, з використанням емульсійної основи розроблені ЕВР з добавкою подрібненого піроксилінового порошу за масою 8-10%. Для таких ВР показники безпеки при їх виготовленні і використанні є такими, як і для ЕВР "ЕРА", що не містить порошу.

Компоненти, що використовуються для виготовлення наливних ЕВР "ЕРА", за ступенем небезпеки при зберіганні і транспортуванні до вибухових речовин не відносяться. Наливні ЕВР "ЕРА" формуються безпосередньо у свердловині і відносяться до класу 1, підкласу 1.5. Номер ООН – 0332.

Основними компонентами ТРП утилізованих МБР РС-22 є октоген і перхлорат амонію. Частина високоенергетичних компонентів, вилучених з ТРП і БП, використані як продукти для виробництва неелектричної системи ініціювання. При цьому виключається необхідність в створенні екологічно шкідливих і аварійно небезпечних виробництв або в експортних поставках енергонасичених компонентів. Властивість перхлорату амонію переходити з полімерного зв'язуючого у водний розчин досліджувалася залежно від типу і розмірів зразків ТРП, впливів водного середовища на зразки ТРП і температури на інтенсивність вимивання окислювача.

Деякі операції, пов'язані з глибокою хімічною переробкою, вимагають попереднього руйнування і подрібнення ТРП, які є потенційно небезпечними операціями. Встановлено, що розчинність у воді залежить від способу подрібнення ТРП. Деформовані зв'язки легко гідролізуються, ТРП розчиняється в рідкому флюїді і надалі може транспортуватися розчином, при цьому розчинність кристала, що деформується, залежить від температури меншою мірою, ніж від густини поверхневих активних станів. Найбільшу активність мають зразки ТРП, приготовані у вигляді стружки. Хімічна активність є наслідком

максимально активованих новоутворених поверхонь, що підтверджується даними фізико-хімічних досліджень.

Мінімізація викидів в атмосферу і запобігання попаданню шкідливих продуктів у ґрунт забезпечується організацією замкнутого технологічного циклу робочої рідини. В цьому процесі технологічна робоча рідина піддається фільтрації і обробці для видалення твердих компонентів і нерозчинних частинок, зокрема, октогену і перхлорату калію.

Чистота і вихід октогену, одержаного в процесі регенерації, склав понад 98%, середня тривалість процесу переробки – 24 години. Одержані дані забезпечили чіткі показники якості продукту, засновані на порівнянні з параметрами, передбаченими галузевим стандартом, у тому числі і значеннями військової специфікації США. З оцінки економічної доцільності регенерації октогену виходить, що термін окупності витрат складає 3,6 роки.

В результаті утилізації ТРП вперше одержані такі продукти як перхлорат амонію, перхлорат калію і октоген. З метою з'ясування безпечних параметрів впливу при виготовленні, зберіганні, транспортуванні отримані продукти досліджувалися на чутливість до удару, тертя, електростатичного розряду, детонаційного імпульсу, вібронавантаження і дії капсуля-детонатора (КД), на хімічну і термічну стійкість, тротиловий еквівалент і т.п. Встановлено, що фізико-хімічні та вибухові характеристики відповідають експлуатаційним вимогам і критеріям безпеки, встановленим до елементів неелектричної системи ініціювання ВР.

У шостому розділі наведені результати дослідження технологічних параметрів і безпеки виробництва неелектричної системи ініціювання "Прима-ЕРА".

У елементах системи "Прима-ЕРА" замість гексогену або ТЕНу, що традиційно використовуються для виготовлення елементів неелектричної системи ініціювання зарядів ВР запропоновано використовувати одну із найпотужніших ВР – октоген, витягнутий з ТРП.

Для елементів неелектричної системи ініціювання "Прима-ЕРА" встановлені параметри, що забезпечують надійне та безпечне використання на гірничовидобувних підприємствах. До таких параметрів відносяться: зовнішній і внутрішній діаметри трубки-хвилеводу, маса і фракційний склад активної речовини, швидкість ударної хвилі, міцність хвилеводу на розрив, відносне подовження, еластичність, межа текучості і граничне подовження, при якому ще зберігається передача детонації. Набуті значення параметрів порівнювалися з хвилеводом "Нонель". Основна задача полягала в створенні стабільного в роботі та безпечного в поводженні хвилеводу з характеристиками відповідними або такими, що перевищують аналогічні параметри системи ініціювання "Нонель".

В якості активної речовини в хвилеводі "Прима-ЕРА" використовується октоген β -модифікації, кристали якого одержують завдяки глибокої переробки

ТРП. При роботі з октогеном був встановлений факт накопичення статичної електрики на кристалах, що приводить до злипання дрібних кристалів або налипання дрібних кристалів на крупніші. Для виключення цього явища, був відпрацьований процес попередньої безпечної обробки перекристалізованого октогена. У хвилеводі шар октогену складають кристали за розмірами до 30 мкм (до 50 мкм у аналогічних відомих системах). Використання октогену надає системі "Прима-ЕРА" достатньо значний енергетичний потенціал.

На підставі результатів вимірювання швидкості фронту ударної хвилі шару октогену, розміщеного в хвилеводі "Прима-ЕРА", отримані експериментальні значення залежно від розміру мікрочастинок октогену. В цілому експериментальні дані свідчать про зміну швидкості ударної хвилі переважно в діапазоні 1650-1750 м/с. Аналогічному діапазону швидкостей відповідає і залежність швидкості ударної хвилі від густини октогену. У цьому випадку середня швидкість розповсюдження ударної хвилі по хвилеводу складає близько 1750 м/с. Необхідна швидкість ударної хвилі обумовлена розмірами кристалів октогену.

Перевагами неелектричної системи ініціювання "Прима-ЕРА" є низька чутливість до механічних дій, простота і надійність монтажу вибухової мережі, підвищена безпека при зберіганні, транспортуванні і використанні. Завдяки стійкості до блукаючих струмів, вона дозволяє проводити вибухові роботи в підземних умовах без знеструмлення енергетичного устаткування.

Використання неелектричної системи ініціювання "Прима-ЕРА" дає можливість ініціювати проміжні детонатори з дна свердловини. Для проведення вибухів свердловинних зарядів на денній поверхні рекомендується використовувати розроблені системи "Прима-ЕРА-С", "Прима-ЕРА-Д" і "Прима-ЕРА-П". При підземних гірничих роботах, зокрема в шахтах безпечних за вибухами газу і пилу, рекомендується застосовувати системи "Прима-ЕРА-Т" (застосовується для ініціювання проміжних детонаторів та патронів-бойовиків у свердловинах і шпурах при проведенні підривних робіт під землею, наприклад, під час будівництва тунелів), "Прима-ЕРА-Тм" (застосовується при виконанні вибухових робіт з патронованими чутливими до КД водомісткими ВР).

Неелектрична системи ініціювання "Прима-ЕРА" дозволяє створювати схеми короткоуповільненого підривання зарядів з практично необмеженими можливостями управління процесами руйнування масивів гірських порід, ефективного зменшення сейсмічної та повітряно-ударної дії вибуху і водночас покращувати результати вибухових робіт.

Для збудження детонації проміжних детонаторів і патронів-бойовиків застосовують КД №8, а №6 – для передачі ініціюючого імпульсу в комутаційній мережі. Збудження ініціюючого імпульсу в хвилеводі здійснюють від стандартних капсулів-детонаторів і електродетонаторів, детонаторів інших неелектричних систем ініціювання, що мають відповідні характеристики, детонуючих

шнурів з масою ВР не менше 6 г/м, а також від стандартних приладів, призначених для збудження ініціюючого імпульсу в хвилеводі. В результаті виконаних робіт вдалося підвищити термічну стабільність хвилеводу і капсуля-детонатора, ступінь безпеки у поводженні та зменшити питомі витрати ВР.

У сьомому розділі викладені результати дослідження питань безпеки виготовлення і вживання патронованих і наливних ЕВР при проведенні вибухових робіт на гірничодобувних підприємствах України.

Ініціювання шашок-детонаторів Т-800 і патронів-бойовиків, що виготовлялися з патронованих ЕВР, здійснювалося із застосуванням неелектричних систем ініціювання "Прима-ЕРА-Д-475-20" та "Прима-ЕРА-Д-500-20". При формуванні заряду в свердловинах встановлювалося по два бойовики на глибині 2 м вище за рівень перебуру і на 1,5 м від верхнього заряду в свердловині; патроновані ЕВР "ЕРА-РЗ" були застосовані також при дробленні негабаритів з ініціюванням від системи "Прима ЕРА-Д-475-20", "Прима-ЕРА-Д-500-20" і при ініціюванні від детонуючого шнура з навішуванням не менше 6 г/м ініціюючої вибухової речовини.

ЕВР заряджалися в частково і повністю обводнені свердловини; ініціювання зарядів свердловин, сформованих з патронованих ЕВР "ЕРА-Р", проводилася як з використанням шашок-детонаторів Т-800, так і патронів-бойовиків Ш70 і Ш90 мм ЕВР "ЕРА-РЗ". З досвіду робіт виходить, що детонація зарядів свердловин повна; одержана лінія відриву гірської маси від масиву в результаті дії вибуху задовільна; формування розвалу гірської маси і кута укосу уступу відповідають проектним величинам; детонація зарядів при дробленні негабаритів повна.

Наливні ЕВР "ЕРА-ІІІ" застосовуються при підготовці і виробництві вибухових робіт на кар'єрах з використанням ЗЗМ UMS-11, призначеної для транспортування невибухонебезпечних компонентів до місць проведення вибухових робіт, виготовлення емульсійних та гранульованих ВР, і їх механізованого заряджання в свердловини. З використанням ЗЗМ системи UMS можливе виготовлення і сумішей емульсійних і гранульованих ВР (важкі ANFO) в співвідношенні від 50:50 до 75:75 і забезпечування при цьому механізованого заряджання свердловин.

Ініціювання ВР здійснюється проміжними детонаторами і патронами-бойовиками. Проміжними детонаторами і патронами-бойовиками можуть бути двоканальні шашки-детонатори типу "Т", "ТГ", а також одноканальні шашки-детонатори типу Т-400Г, патрони амоніту №6ЖВ і патроновані ЕВР кл. 1.1.

Заряджання вертикальних свердловин будь-якого ступеня обводненості емульсією проводиться з дна свердловини. В міру заповнення свердловини емульсією одночасно відбувається витягання рукава з свердловини. Для заряджання горизонтальних свердловин передбачена стиковка зарядного рукава до додаткового швидкокороз'ємного з'єднання. Утворення ЕВР, а саме сенсibilізація емульсії відбувається безпосередньо у свердловині. Час сенсibilізації визначається ви-

бором співвідношення газогенеруючої добавки до емульсії і складає не менше 10 хв.

Для заряджання вологих і слабкої обводненості свердловин за допомогою ЗЗМ UMS доцільне виготовлення суміші емульсії і гранульованого ВР типу грануліту з вмістом емульсійної фази не менше 25%. Це дозволяє раціонально використовувати ВР і оптимізувати витрати на проведення вибухових робіт.

Методологічна і експериментальна оцінка чинників безпечного використання ВР розроблена і побудована на аналізі параметрів безпеки за низкою критеріїв, які характеризують процеси виготовлення ВР, поводження з ними, ведення вибухових робіт, процеси утилізації таких ВР. Чинники безпечного використання тих чи інших ВР розділені на чинники технічної і екологічної безпеки, що характеризуються низкою показників, які можуть бути визначені експериментально.

ЕВР марки "ЕРА-AL", "ЕРА-I" і "ЕРА-II" виготовляються ЗЗМ із невибухових компонентів безпосередньо на місцях ведення підривних робіт. Як невибухові інгредієнти використовуються розчини селітри (окислювальна фаза), суміші вуглеводнів (горюча фаза), гранульована селітра і енергетична добавка у вигляді алюмінієвого порошку або напівфабрикату, що містить продукти переробки ТРП.

ЕВР "ЕРА" у порівнянні з грамонітом 50/50 мають суттєві переваги практично за усіма параметрами, що характеризують безпеку їх використання. Такий параметр як збереження фізико-хімічної стабільності ВР в свердловині є обмеженим, але достатнім для організації і виконання всього комплексу вибухових робіт. При цьому у разі відмови через 10-15 днів ЕВР повністю втрачає вибухові властивості і не представляє небезпеки при механізованому розбиранні гірської маси.

Досвід вживання різних марок ЕВР при механізованому заряджанні свердловин ($\varnothing < 120$ мм) указує на необхідність введення додаткової критеріальної оцінки чинників безпеки – параметра "експлуатаційного" впливу на збалансованість структури ЕВР і збереження розрахункових вибухових властивостей ЕВР. До таких параметрів можна віднести: 1) збереження стабільності співвідношень компонентів у складі ЕВР; 2) стабільність фізико-хімічної структури ЕВР і цілісність зарядів ЕВР; 3) відповідність умов вживання ЕВР особливостям їх властивостей. Чинниками, що впливають на ці параметри, є такі експлуатаційні умови як особливості механізованого виготовлення емульсійних сумішей і їх заряджання в свердловини, тривалість знаходження ЕВР в свердловинах і їх контакту з середовищем, умови ініціювання ЕВР, структура гірського масиву, свердловин тощо.

Ігнорування впливу цих чинників може призвести до передчасного руйнування структури ЕВР, зміні співвідношень між окислювальною і горючою фазою, і, як наслідок, втраті вибухових властивостей ЕВР, перериванню детонації, переходу до дефлограційних процесів, погіршенню енергетичних властивостей, порушення кисневого балансу, утворення великої кількості токсичних газів в ПД.

ВИСНОВКИ

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, в якій викладено рішення важливої наукової проблеми переходу гірничих підприємств до використання високоенергетичних емульсійних ВР, яке полягає у розробці нового методологічного підходу до оцінки ризиків при виробництві та використанні на гірничодобувних підприємствах високоенергетичних емульсійних ВР, встановленні закономірностей впливу зовнішніх збурень на стійкість хімічних зв'язків у різних фазах емульсійних речовин та розроблених емульсій, закономірностей впливу фізичних чинників, що ініціюють можливі умови вибухового перетворення ЕВР в процесі газогенерації та за умов використання в ЕВР добавок енергонасичених компонентів ТРП, вирішення якої дозволило розробити систему управління ризиками на основі промислової сертифікації емульсійних ВР та безпечні і економічно ефективні технології виробництва й використання на гірничодобувних підприємствах високоенергетичних емульсійних ВР.

Найбільш важливі наукові і прикладні результати, висновки і рекомендації полягають в наступному:

1. Виконаний аналіз існуючих емульсійних ВР та систем ініціювання зарядів ВР, з точки зору забезпечення безпеки їх виробництва та використання на гірничодобувних підприємствах. Встановлено, що збільшення енергетичного потенціалу ВР, використання високоенергетичних компонентів для ВР, у тому числі з продуктами утилізації ТРП, підвищує ризик виникнення аварій та аварійних ситуацій як при виготовленні так і при використанні ВР.

2. Розроблено методологічний підхід до оцінки безпеки процесів виробництва та використання на гірничих підприємствах високоенергетичних емульсійних ВР в основу якого покладено проведення сертифікації промислових ВР на забезпечення технічної й екологічної безпеки при їх виробництві, транспортуванні, зберіганні і застосуванні.

3. Введено додаткову критеріальну оцінку чинників безпеки – параметра "експлуатаційного" впливу на збалансованість структури і збереження близьких до розрахункових вибухових властивостей емульсійних ВР. До таких параметрів відносяться: збереження стабільності співвідношень компонентів у складі ВР; стабільність фізико-хімічної структури зарядів ВР; відповідність умов використання особливостям фізико-хімічних властивостей цих ВР.

4. Розроблено алгоритм оцінки небезпеки промислового ВР, що містить витягнуті з ТРП енергонасичені продукти. Алгоритм дозволяє диференціювати ВР за ступенем небезпеки з визначенням класу і підкласу небезпеки. На етапі тестування, для підтвердження безпеки, оцінюються і такі характеристики ВР як токсичність, детонаційна сприйнятливність і стійкість розвитку детонації, параметри безпеки при поводженні та вживанні ВР, токсичність продуктів

детонації, а також безпеку при ліквідації і розбиранні відмов.

5. Досліджено вплив різноманітних зовнішніх збурень на стійкість хімічних зв'язків між частинками різних фаз емульсійних речовин (твердої, рідкої, газової) та здатність їх до вибухових перетворень. Запропонована фізико-математична модель взаємодії точкового електричного заряду з хімічним зв'язком молекули, з використанням якої та методу квантово-механічної оцінки стійкості хімічних зв'язків встановлено закономірності впливу електричного поля на стійкість хімічних зв'язків між частинками різних фаз емульсійних речовин.

6. Встановлені та досліджені фізичні чинники, що ініціюють можливі умови вибухового перетворення ЕВР в процесі газогенерації, вивчені концентрація, закон розподілу за розмірами і фізичні параметри в процесі стиснення сферичних газових включень та розраховані максимальні температури як функція середнього розміру газових включень.

7. Проведено експериментальні і теоретичні дослідження вибухових характеристик, характеристик стабільності та безпеки нових емульсійних ВР з добавками енергонасичених компонентів ТРП, встановлено, що у продуктах вибуху емульсійних ВР, які мають збалансовану рецептуру, токсичні речовини не утворюються в недопустимій кількості, якщо відношення маси добавок ТРП або його компонентів до маси окислювач+пальне не перевищує 0,1.

8. Встановлені закономірності впливу різноманітних чинників на стійкість розроблених емульсій. Показано, що ступінь зміни фізико-хімічного стану мікроструктури емульсії в умовах нагрівання не вище 160°C є незначною і характеризується такими параметрами, які не впливають на стабільність емульсії протягом технологічних процесів приготування, транспортування, зберігання і вживання, а зміна густини емульсій за перші три доби від моменту "дозрівання" емульсії не перевищує 15 %, що не призводить до руйнування структури емульсії і свідчить про стабілізацію її фізико-хімічних параметрів.

9. Розроблено безпечну промислову технологію та організоване виробництво різних модифікацій нових наливних і незапобіжних патронуванних високоенергетичних емульсійних ВР марки "ЕРА", здатних руйнувати породи будь-якої міцності і обводненості, що мають низьку чутливість до зовнішніх збурень і відносно безпечні при використанні, що дозволяє повністю механізувати операції заряджання свердловин емульсіями і виготовлення ЕВР

10. Розроблена безпечна технологія і організована промислова утилізація ТРП, що включає механічне подрібнення та глибоку хімічну переробку ТРП з виділенням окислювачів і високоенергетичних компонентів. Вперше в результаті утилізації ТРП одержані такі продукти як перхлорат амонію, перхлорат калію, октоген.

11. Створено економічно ефективну і максимально безпечну технологію виробництва елементів неелектричної системи ініціювання зарядів емульсійних ВР з використанням високоенергетичних продуктів, вилучених з ТРП. Розроблена нова неелектрична система ініціювання зарядів ВР "Прима-ЕРА", яка є водостійкою з підвищеною безпекою при виробництві, зберіганні, транспортуванні і поводженні та призначена для ініціювання проміжних детонаторів і патронів-бойовиків при веденні вибухових робіт на денній поверхні, в забоях підземних виробок, під водою і при будівництві тунелів.

12. Створено стаціонарний завод з безпечним технологічним процесом виробництва високоенергетичних емульсійних ВР продуктивністю до 60000 т/рік. Створено та впроваджено економічно ефективний мобільний комплекс, що виконує всі етапи, необхідні для проведення буропідричних робіт, здатний зменшити на 15% витрату емульсійних ВР і на 50% вихід дрібних фракцій гірської маси.

В цілому використання ЕВР "ЕРА" на відкритих роботах у порівнянні з іншими ЕВР забезпечує на 1 м³ гірської маси: мінімальні питомі витрати – 0,8-0,94 кг, мінімальний об'єм токсичних газів – 6,6-10,7 л. Сумарний економічний ефект складає 1,08 грн на м³ гірської маси (відносно ЕВР марки "Україніт"), коефіцієнт викидів токсичних газів під час вибуху ЕВР з компонентами ТРП складає 1,0-0,62, що у декілька разів менше ніж у "Анемікса" (7,09), "Україніта" (2,34) та граммоніта 50/50 (33,2). Вартість ЕВР на 1 м³ гірської маси складає 3,6 грн (аналогічний показник для "Україніта" та "Анемікса" відповідно становить 4,68 та 4,56 грн).

Основні результати дисертації викладені в наступних працях:

1. Шиман Л.Н. Опыт применения неэлектрической системы инициирования марки "Прима-ЕРА" для взрывания скважинных зарядов взрывчатых веществ на нерудных и рудных карьерах / Л.Н. Шиман, Е.Б. Устименко, Л.И. Подкаменная, И.П. Терещенко // Вісник КГПУ ім. Михайла Остроградського. – 2007. – №5. – С. 87–90.
2. Устименко Е.Б.. Оценка возможности образования полихлорированных диоксинов (ПХДД) при взрывании эмульсионных ВВ марки "ЕРА", содержащих вещества от конверсионной переработки ракетных топлив / Е.Б. Устименко, Л.Н. Шиман, Т.Ф. Холоденко, М.А. Устименко, В.Д. Чміль // Вісник КГПУ ім. Михайла Остроградського. – 2008. – №1. С. - 103–106.
3. Шиман Л.Н. Использование продуктов переработки твердого ракетного топлива в промышленных эмульсионных ВВ / Л.Н. Шиман, Е.Б. Устименко, В.В. Соколов // Вісті Донецького гірничого інституту. – 2008. –

№1.– С.199-204.

4. Устименко Е.Б. Факторы безопасного применения водосодержащих ВВ с продуктами утилизации ТРТ / Е.Б. Устименко, Л.Н. Шиман, Л.И. Подкаменная // – 2008. – №6, ч. 1. – С. 114–117.

5. Устименко Е.Б. Факторы безопасного применения водосодержащих ВВ с продуктами утилизации ТРТ / Е.Б. Устименко, Л.Н. Шиман, Л.И. Подкаменная // Вісник КДПУ ім. Михайла Остроградського. – 2008. – №. 5, ч. 2. – С. 112–115.

6. Шиман Л.Н. Наливные эмульсионные взрывчатые вещества. I. Специальные добавки высокоэнергетических компонентов в рецептуру ЭВВ / Л.Н. Шиман, Е.Б. Устименко, В.В. Соболев // Науковий вісник НГУ. – 2008. – №9. – С. 51–55.

7. Шиман Л.Н. Наливные эмульсионные взрывчатые вещества. II. Добавки в рецептуру ЭВВ продуктов глубокой переработки твердого ракетного топлива / Л.Н. Шиман, В.В. Соболев // Науковий вісник НГУ. – 2008. – №10. – С. 43–45.

8. Шиман Л.Н. Наливные эмульсионные взрывчатые вещества. III. Добавки в рецептуру ЭВВ твердого ракетного топлива и полимерных матриц наполнителя I-III ступеней ракет / Л.Н. Шиман, В.В. Соболев // Науковий вісник НГУ. – 2008. – №11. – С. 40-44.

9. Шиман Л.Н. Промышленное применение на открытых работах эмульсионных ВВ с добавками продуктов переработки твердого ракетного топлива / Л.Н. Шиман, Е.Б. Устименко, В.В. Соболев // Metallургическая и горнорудная промышленность. – 2008. – № 6. - С. 61–64.

10. Шиман Л.Н. Наливные эмульсионные взрывчатые вещества. IV. Исследование параметров стабильности и безопасности / Л.Н.Шиман, В.В.Соболев // Науковий вісник НГУ. – 2008. – №12. – С. 15–18

11. Шиман Л.Н. Наливные эмульсионные взрывчатые вещества. V. ЭВВ "ЕРА" – продукция Государственного предприятия "НПО "Павлоградский химический завод" / Л.Н. Шиман, Е.Б. Устименко, В.В. Соболев // Науковий вісник НГУ. – 2009. – №1. – С. 51–55.

12. Шиман Л.Н. Экспериментальные исследования характеристик патронированных ЭВВ, обеспечивающих стабильность компонентов / Л.Н. Шиман, В.В. Соболев // Науковий вісник НГУ. – 2009. – №2. – С. 38-40.

13. Соболев В.В. Оценка устойчивости химической связи в поле точечного заряда / В.В.Соболев, Л.Н.Шиман // Вісник КДПУ ім. Михайла Остроградського. – 2009. – Вип. 4, ч. 2. – С. 111–117.

14. Шиман Л.Н. Исследование факторов безопасного применения эмульсионных ВВ с продуктами утилизации твердого ракетного топлива // Науковий вісник НГУ. – 2009. – №9. – С. 24–27.

15. Шиман Л.Н. Исследование параметров безопасности эмульсий при термических воздействиях и в процессе газогенерации / Л.Н.Шиман, Е.Б. Устименко, В.В.Соболев // Науковий вісник НГУ. – 2009. – №10. – С. 27–30.
16. Шиман Л.Н. Исследование свойств эмульсий с добавками воды, использованной в процессе гидроразмыва твердого ракетного топлива / Л.Н. Шиман, В.В. Соболев // Науковий вісник НГУ. – 2009. – №11. – С. 17–19.
17. Шиман Л.Н. Исследования основных взрывчатых характеристик эмульсий / Л.Н.Шиман, В.В.Соболев // Науковий вісник НГУ. – 2009. – №12. – С. 20–22.
18. Соболев В.В. Оценка возможной опасности взрыва в процессе газогенерации эмульсионных взрывчатых веществ / В.В.Соболев, Л.Н.Шиман // Вісник КДПУ ім. Михайла Остроградського. – 2009. – Вип. 6. – С. 164–168.
19. Устименко Е.Б. Особенности свойств ЭВВ для безопасного применения их при взрывных работах / Е.Б.Устименко, Л.Н.Шиман, А.Л.Кириченко // Вісник КДПУ ім. Михайла Остроградського. – 2009. – Вип. 2, ч. 1. – С. 86–89.
20. Шиман Л.Н. Получение высокоэнергетических продуктов в процессе глубокой переработки твердого ракетного топлива / Л.Н.Шиман, В.В.Соболев // Доповіді НАН України. – 2010. – №3. – С. 98–104.
21. Устименко Е.Б. К вопросу об экологическом воздействии применения эмульсионных ВВ, в том числе, с продуктами переработки твердых ракетных топлив, на окружающую среду при взрывных работах / Е.Б.Устименко, Л.Н.Шиман, Т.Ф.Холоденко // Науковий вісник НГУ. – 2010. – № 4. – С. 35–40
22. Шиман Л.Н. Оценка влияния условий применения смесевых ВВ на их взрывчатые характеристики при проведении взрывных работ / Л.Н.Шиман, Е.Б.Устименко, А.Л.Кириченко, Л.И.Подкаменная // Сучасні ресурсозберігаючі технології гірничого виробництва: Наук.-виробн. збірник. – Кременчук: КДПУ ім. М. Остроградського. – 2010. – №1(5). – С. 60–68.
23. Устименко Е.Б. Некоторые технологические подходы для повышения эффективности применения шпуровых зарядов ВВ при подземной добыче полезных ископаемых / Е.Б. Устименко, Л.Н.Шиман, А.Л. Кириченко, Л.И. Подкаменная // Сучасні ресурсозберігаючі технології гірничого виробництва: Науково-виробничий збірник. – Кременчук: КДПУ ім. М. Остроградського. – 2010. – №2(6). – С. 61–67.
24. Пат. 37990 А, МПК/ 7 С06В31/38. Вибухова суміш / Ефремов Е.І., Швидько П.В., Смірнов В.Л., Шиман Л.М., Устименко Є.Б., Горбатов

- В.І.; заявник і патентовласник концерн "Південруда" – № 2000052738; заявл. 15.05.00; опубл. 15.05.01, Бюл. № 4.
25. Пат. 40139 А, МПК 7 С06В31/12, С06В31/32, С06В33/04. Вибухова водовмістка гелеподібна суспензія / Шиман Л.М., Устименко Є.Б., Швидько П.В., Смірнов В.Л., Підкаменна Л.І.; заявник і патентовласник ДП "НВО "ПХЗ" - № 2000063800; заявл. 27.06.00; опубл. 16.07.01, Бюл. № 6.
26. Пат. 37991 А, МПК/ 7 С06В31/38. Вибухова суміш / Шиман Л.М., Устименко Є.Б., Швидько П.В., Смірнов В.Л., Підкаменна Л.І.; заявник і патентовласник концерн "Південруда" – № 2000052739; заявл. 15.05.01; опубл. 20.08.02; Бюл. № 6.
27. Пат. 7963/1 А, МПК/ 7 G01№17/09, F06В33/04. Спосіб прискорення випробувань полімерних матеріалів та виробів на старіння / Тутов М.І., Кіриченко А.Л., Балицкий И.П., Трегубенко А.Є., Шиман Л.М., Устименко Є.Б., Підкаменна Л.І.; заявник і патентовласник КБ "Південне", ДП "НВО "ПХЗ" – № 2003076704; заявл. 16.07.03; Бюл. №5.
28. Шиман Л.Н. Об условиях образования полихлорированных диоксинов в продуктах взрыва ЭВВ ЕРА, содержащих перхлорат аммония / Л.Н.Шиман, Е.Б.Устименко, В.Д.Чмиль // Вісті Донецького гірничого інституту. – 2010. – №2. – С. 5–10.
29. Шиман Л.Н. Высокоэнергетические компоненты твердого ракетного топлива и их применение в неэлектрической системе взрывания "Прима-ЕРА" // Сучасні ресурсозберігаючі технології гірничого виробництва: Наук.-виробн. збірник. – Кременчук: КДПУ ім. М. Остроградського. – 2010. – №2(6). – С. 42–47.
30. Шиман Л.Н. Аспекты использования ТРТ в составах промышленных ВВ / Л.Н. Шиман, Е.Б. Устименко, Л.И. Подкаменная // Матер. межд. конф. "Утилизация боеприпасов". – Шостка: ГосНИИХП, 2002. – С. 45–46.
31. Шиман Л.Н. Производство промышленных ВВ как составная часть утилизации БП и ТРТ / Л.Н. Шиман, Е.Б. Устименко, Л.И. Подкаменная // Матер. межд. конф. "Утилизация боеприпасов". – Шостка: ГосНИИХП, 2002. – С. 47–48.
32. Устименко Е.Б. Воздействие струей высокой энергии на ВВ и ТРТ / Е.Б. Устименко, Л.Н. Шиман, Л.И. Подкаменная // Матер. межд. конф. "Комплексная утилизация обычных видов боеприпасов". – Красноармейск: КНИИМ, 2003. – С. 48–51.
33. Устименко Е.Б. Оценка безопасного воздействия струй при гидровывывании ВМ / Е.Б. Устименко, Л.Н. Шиман, Л.И. Подкаменная // Матер. межд. конф. "Комплексная утилизация обычных видов боеприпасов". – Красноармейск: КНИИМ, 2003. – С. 117–120.
34. Устименко Е.Б. Гидромониторное извлечение смесевых ТРТ из ракет-

- ных двигателей / Е.Б. Устименко, Л.Н. Шиман, Л.И. Подкаменная // Матер. межд. конф. "Комплексная утилизация обычных видов боеприпасов". – Красноармейск: КНИИМ, 2005. – С. 157–160.
35. Подкаменная Л.И. Подготовка полуфабрикатов эмульсионных ВВ с использованием продуктов гидромеханического извлечения ТРТ из ракетных двигателей / Л.И. Подкаменная, Е.Б. Устименко, Л.Н. Шиман, М.И. Нурмухаметов // Матер. межд. конф. "Комплексная утилизация обычных видов боеприпасов". – Красноармейск: КНИИМ, 2005. – С. 258–260.
36. Устименко Е.Б. Ликвидация боеприпасов и их элементов методом высокотемпературной обработки / Е.Б. Устименко, Л.Н. Шиман, М.И. Нурмухаметов, Л.И. Подкаменная // Матер. межд. конф. "Комплексная утилизация обычных видов боеприпасов". – Красноармейск: КНИИМ, 2005. – С. 99–101.
37. Устименко Е.Б. Технические аспекты использования ВМ, извлеченных из боеприпасов и ракет, для приготовления промышленных ВВ / Е.Б. Устименко, Л.Н. Шиман // Матер. межд. конф. "Современное состояние, проблемы, перспективы развития взрывного дела". – Павлоград: ПХЗ, 2006. – С. 20–24.
38. Шиман Л.Н. Опыт применения бестротилового эмульсионного взрывчатого вещества марки "ЕРА" на взрывных работах при зарядании скважин механизированным способом с использованием смесительно-зарядных машин / Л.Н. Шиман, Е.Б. Устименко, Л.И. Подкаменная, А.Л. Кириченко, Й.Г. Касперский // Вісник КГПУ ім. Михайла Остроградського. – 2007. – №5. – С. 113–117.
39. Шиман Л.Н. Взрывные работы с применением смесительно-зарядных машин системы SMS, UMS / Л.Н. Шиман, Е.Б. Устименко, Л.И. Подкаменная, А.Л. Кириченко // Физика и техника высокоэнергетической обработки материалов. – Д.: Арт-Пресс, 2007. – С. 39–42.
40. Шиман Л.Н. Неэлектрическая система инициирования "Прима-ЕРА" для ведения взрывных работ / Л.Н. Шиман, Е.Б. Устименко, Л.И. Подкаменная, И.П. Терещенко // Физика и техника высокоэнергетической обработки материалов. – Д.: Арт-Пресс, 2007. – С. 42–45.
41. Шиман Л.Н. Применение смесительно-зарядных машин для изготовления и механизированного зарядания эмульсионных взрывчатых веществ в условиях подземных горных разработок / Л.Н. Шиман, Е.Б. Устименко, Л.И. Подкаменная, А.Л. Кириченко // Физика и техника высокоэнергетической обработки материалов. – Д.: Арт-Пресс, 2007. – С. 46–47
42. Шиман Л.Н. Эмульсионные взрывчатые вещества марки "ЕРА" / Л.Н. Шиман, Е.Б. Устименко, Л.И. Подкаменная, В.С. Леонов // Физика и техника высокоэнергетической обработки материалов. – Д.: Арт-Пресс,

2007. – С. 47–50.

43. Устименко Е.Б. Некоторые подходы в области обеспечения безопасности при использовании конверсионных ВМ, полученных от утилизации боеприпасов и ракет / Е.Б. Устименко, Л.Н. Шиман, М.А. Устименко // Матер. межд. конф. "Комплексная утилизация обычных видов боеприпасов". – Красноармейск: КНИИМ, 2007. – С. 203–211.

44. Устименко Е.Б. Опыт гидромеханического извлечения ТРТ из корпусов ракетных двигателей / Е.Б. Устименко, Л.Н. Шиман, Л.И. Подкаменная // Матер. межд. конф. "Комплексная утилизация обычных видов боеприпасов". – Красноармейск: КНИИМ, 2007. – С. 180–183.

45. Устименко Е.Б. Опыт использования продуктов переработки ТРТ, извлекаемого гидромеханическим методом из корпусов ракетных двигателей, в составах промышленных водосодержащих ВВ / Е.Б. Устименко, Л.Н. Шиман, Л.И. Подкаменная, А.Л. Кириченко // Матер. межд. конф. "Комплексная утилизация обычных видов боеприпасов". – Красноармейск: КНИИМ, 2007. – С. 211–215.

46. Шиман Л.Н. Опыт применения бестротилового эмульсионного взрывчатого вещества марки "ЕРА" на взрывных работах при зарядании скважин механизированным способом с использованием смесительно-зарядных машин / Л.Н. Шиман, Е.Б. Устименко, Л.И. Подкаменная, А.Л. Кириченко, Й.Г. Касперский // Вісник КГПУ ім. Михайла Остроградського. – 2007. – №5. – С. 113–117.

47. Устименко Е.Б. Опыт конверсии отдельных компонентов твердого ракетного топлива и аспекты безопасности для их использования в качестве активного вещества в элементах неэлектрических систем иницирования / Е.Б. Устименко, Л.Н. Шиман, Л.И. Подкаменная, М.М. Челтонов // Вісник КГПУ ім. Михайла Остроградського. – 2008. – №1. – С. 100-103.

48. Устименко Е.Б. Опыт промышленного использования на открытых горных работах и оценка продуктов взрывчатого превращения эмульсионных ВВ, содержащих продукты переработки ТРТ / Е.Б. Устименко, Л.Н. Шиман, М.А. Устименко // Высокоэнергетические материалы: демилитаризация, антитерроризм и гражданское применение. – Бийск, 2008. – С. 109–113.

49. Шиман Л.Н. Передовые High-Tech технологии для обеспечения безопасности проведения буровзрывных работ / Л.Н. Шиман, Е.Б. Устименко // Вестник Украинского союза инженеров-взрывников. – 2008. – № 1. – С. 17–28.

50. Устименко Е.Б. Экологический мониторинг взрывных работ, проводимых с использованием ЭВВ марки "ЕРА" с продуктами переработки ТРТ / Е.Б. Устименко, Л.Н. Шиман, Т.Ф. Холоденко // Вісник КГПУ ім.

Михайла Остроградського. – 2008. – №1. – С. 97–100.

51. Шиман Л.Н. Опыт механизированного заряжания скважин эмульсионных ВВ марки "ЕРА", в том числе с продуктами переработки ТРТ / Л.Н. Шиман., Е.Б. Устименко, Л.И. Подкаменная, А.Л. Кириченко // Вісник КГПУ ім. Михайла Остроградського. – 2008. – №1. – С. 94–97.

52. Шиман Л.Н. Новые эмульсионные взрывчатые вещества марки "ЭРА" и средства их изготовления на местах проведения взрывных работ // Scientific Journal of the Technical University of Varna: Special number. – 2008. – V.1. – P. 610–614.

53. Шиман Л.Н. Безопасные режимы извлечения водорастворимых компонентов из твердого ракетного топлива / Л.Н. Шиман, В.В. Соболев // Мат. XIV симп. по горению и взрыву. – Черногловка: ИПХФ РАН. - 2008. – С. 196-197.

54. Shuman L. Disposal and destruction processes of ammunition, missiles and explosives, which constitute danger when storing / L.Shuman, Y.Ustimenko // Advanced Research Workshop 983370 "Counteraction to chemical and biological terrorism at a national and local level in the East Europe countries". – Dnepropetrovsk, 2009. – P. 147–152.

55. Шиман Л.Н. Использование в горной промышленности эмульсионных ВВ "ЕРА" с продуктами переработки твердого ракетного топлива // Высокоэнергетическая обработка материалов. – Д.: Арт-Пресс, 2009. С. 209-218.

56. Шиман Л.Н. Конверсионная обработка продуктов гидромеханического извлечения твердого ракетного топлива для получения активного вещества, применяемого в средствах инициирования и взрывания / Л.Н.Шиман, Е.Б.Устименко, М.М.Челтонов // Высокоэнергетическая обработка материалов. – Днепропетровск: Арт-Пресс, 2009. – С. 219–228.

57. Шиман Л.Н. Применение высокоэнергетических продуктов, полученных из твердого ракетного топлива / Л.Н. Шиман, В.В.Соболев // Стратегия качества в промышленности и образовании. – Варна, 4-11 июня 2010. (Болгария). – 2010. – Т. 1, ч. 2. – С. 460 – 464.

58. Shuman L. The usage of the solid rocket fuel products of refinement in the industrial emulsion explosives / L. Shuman, V. Sobolev, E. Gritsenko // Scientific Reports on Resource Issues 2010. Volume 1. – Freiberg (Germany): TU Bergakademie Freiberg, 2010. – P. 180–185.

Особистий внесок автора в роботах, опублікованих у співавторстві полягає в: розробці рецептур і методик дослідження високоенергетичних речовин, визначення параметрів безпеки ЕВР і компонентів, визначення чутливості ЕВР, ЗП і ВМ до фізико-механічних дій, проведення лабораторних випробувань, розробка технологічного регламенту [3, 6-9, 11, 16, 17, 24-26, 30, 31,

35, 37, 42, 45, 53, 57, 58]; постановці задачі, розробці методик експерименту [23, 32-34, 36, 44]; розробці і побудові фізичних моделей, створенні фізико-математичних моделей [13, 18]; розробці методик і нормативної документації [1, 27, 46, 51]; розробці регламенту технологічного процесу серійного виробництва хвилеводів неелектричної системи ініціювання "Прима-ЕРА", нормативної, програмно-методичної, конструкторської і технологічної документації [1, 38-40]; у запропонованій ідеї хімічної переробки ТРП з виділенням окислювачів і високоенергетичних компонентів [52, 56, 20, 28, 29]. В роботах [2, 4, 5, 7, 8, 10, 12, 14, 15, 19, 21, 22, 27, 38, 43, 47-50, 54-55] – доведено, що питання безпеки і екологічної чистоти можуть бути прогнозовані, обґрунтовані і вирішені у разі врахування особливостей протікання хімічних реакцій у формі детонації або недетонаційних квазістаціонарних вибухових процесів; ввів додаткову критеріальну оцінку чинників безпеки; розробив алгоритм оцінки небезпеки промислової ВР, що містить витягнуті з ТРП енергонасичені продукти.

АНОТАЦІЯ

Шиман Л.М. Безпека процесів виробництва та використання на гірничих підприємствах емульсійних вибухових речовин марки "ЕРА". – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.26.01 – "Охорона праці". – Державний вищий навчальний заклад "Національний гірничий університет". – Дніпропетровськ, 2010.

У дисертації виконано аналіз існуючих емульсійних ВР та систем ініціації зарядів ВР, з точки зору забезпечення безпеки їх виробництва та використання на гірничих підприємствах. Запропоновано структуру системи управління ризиками на основі проведення сертифікації промислових ВР на забезпечення технічної й екологічної безпеки при їх виробництві, транспортуванні, зберіганні і застосуванні. Виконано оцінку стійкості хімічних зв'язків між частинками різних фаз емульсійних речовин під впливом різноманітних зовнішніх збурень та експериментально досліджено фізичну та хімічну стабільність емульсій з високоенергетичними компонентами.

Розроблено безпечну промислову технологію виробництва різних модифікацій високоенергетичних наливних і незапобіжних патронованих емульсійних ВР марки "ЕРА", які мають високу потужність та низьку чутливість до зовнішніх збурень, є безпечні у поводженні і дозволяють повністю механізувати всі операції з виготовлення і заряджання ВР у свердловини та технологію виробництва елементів неелектричної системи ініціювання зарядів ВР. Створений мобільний автоматизований міні-завод з виробництва високоенергетичних емульсійних ВР, у тому числі з компонентами ТРП, з безпечним технологічним процесом у діапазоні температур навколишнього середовища від мінус 35 до плюс 60 °С.

Ключові слова: безпека, управління ризиками, емульсійні вибухові ре-

човини, високоенергетичні компоненти, тверде ракетне паливо, ініціювання зарядів.

АННОТАЦІЯ

Шиман Л.Н. Безопасность процессов производства и применения на горных предприятиях эмульсионных взрывчатых веществ марки "ЕРА". – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.26.01 – "Охрана труда". – Государственное высшее учебное заведение "Национальный горный университет". – Днепропетровск, 2010.

В диссертации выполнен анализ существующих эмульсионных взрывчатых веществ (ВВ) и систем инициирования их зарядов с точки зрения обеспечения безопасности при их производстве и использовании на горных предприятиях. Установлено, что увеличение энергетического потенциала ВВ, использования высокоэнергетических компонентов для ВВ, в том числе с продуктами утилизации твердого ракетного топлива (ТРТ), повышает риск возникновения аварий и аварийных ситуаций как при изготовлении так и при использовании ВВ. Предложена структура системы управления рисками на основе проведения сертификации промышленных ВВ на обеспечение технической и экологической безопасности при их производстве, транспортировке, хранении и применении. Введена дополнительная критериальная оценка факторов безопасности – параметра "эксплуатационного" влияния на сбалансированность структуры и сохранения свойств эмульсионных ВВ. Разработан алгоритм оценки опасности промышленных ВВ, содержащих продукты утилизации ТРТ.

Исследовано влияние разнообразных внешних возмущений на стойкость химических связей между частицами разных фаз эмульсионных веществ. Установлены закономерности влияния электрического поля на стойкость этих связей между частицами разных фаз эмульсионных веществ. Исследованы физические факторы, иницирующие возможные условия взрывного превращения эмульсионных ВВ в процессе газогенерации. Установлены закономерности влияния разнообразных факторов на стойкость разработанных эмульсий. Проведены исследования взрывных характеристик, характеристик стабильности и безопасности новых эмульсионных ВВ с добавками энергонасыщенных компонентов твердого ракетного топлива.

Разработана безопасная промышленная технология и организовано производство разных модификаций новых наливных и непередохранительных патронированных высокоэнергетических эмульсионных ВР марки "ЕРА", способных разрушать породы любой прочности и обводненности, которые имеют низкую чувствительность к внешним возмущениям и относительно безопасные при использовании, что позволяет полностью механизировать все операции из изготовления и заряжения ВВ в скважины и технологию производства элементов неэлектрической системы иницирующего зарядов ВР. Разработана безопасная тех-

нология и организована промышленная утилизация твердого ракетного топлива.

Создана безопасная и экономически эффективная технология производства элементов неэлектрической системы инициирования зарядов ВВ с использованием высокоэнергетических продуктов, изъятых из твердого ракетного топлива. Разработана новая неэлектрическая система инициирования зарядов ВВ "Прима-Е-РА", являющейся водостойкой с повышенной безопасностью при производстве, хранении, транспортировке и использовании, и предназначенная для инициирования промежуточных детонаторов и патронов-боевиков.

Создан стационарный завод с безопасным технологическим процессом производства высокоэнергетических эмульсионных ВВ производительностью до 60000 т/год. Создано и внедрен экономически эффективный мобильный комплекс, который выполняет все этапы, необходимые для проведения буровзрывных работ, позволяющий снизить на 15% расход эмульсионных ВВ и на 50% выход мелких фракций горной массы.

Ключевые слова: безопасность, управление рисками, эмульсионные взрывчатые вещества, высокоэнергетические компоненты, твердое ракетное топливо, инициирование зарядов.

SUMMARY

Shiman L.M. Safety of production processes and use of emulsive explosives of brand "ERA" on the mining enterprises . – Manuscript.

The dissertation for the scientific degree of doctor of technical science on speciality 05.26.01 – "Labour protection" – National Mining University, Dnepropetrovsk, 2010.

The analysis of existent emulsive explosives and systems of initiating charges of explosives, from the point of view providing safety their production and use on mining enterprises is executed in dissertation. The structure of the system control by risks is offered based on conducting certification industrial explosives on providing technical and ecological safety at their production, transporting, storage and application. The estimation of stability of chemical bonds is executed between the particles of different phases of emulsive matters under action various external indignations and experimentally probed physical and chemical stability of emulsions with high-power components.

Safe industrial technology of production of different modifications of high-power liquid and unpreventive ward emulsive explosives of brand "ERA", which have high power and low sensitiveness to external indignations, safe in a conduct and allow fully to mechanize all of operations from making and loading of explosives in mining holes and technology of production of elements of the unelectric system of charges initiating of explosives is developed. The mobile automated mini-plant is created from the production of high-power emulsive explosives, including with the components of TRP, with a safe technological process in the range of ambient temperatures from minus 35 to plus 60 °C.

Keywords: safety, risks management, emulsive explosives, high-energy components, hard rocket fuel, initiator of charges.

ШИМАН Леонід Миколайович

БЕЗПЕКА ПРОЦЕСІВ ВИРОБНИЦТВА ТА ВИКОРИСТАННЯ
НА ГІРНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВАХ ЕМУЛЬСІЙНИХ
ВИБУХОВИХ РЕЧОВИН МАРКИ "ЕРА"

(Автореферат)

Підписано до друку 11.12. 2010. Формат 60x90/16.
Папір офсетний. Ризографія. Ум. друк. арк. 2,0.
Обліково-видавн. арк. 2,0. Тираж 120 екз. Зам. № .

Державний вищий навчальний заклад
"Національний гірничий університет"
49005, м. Дніпропетровськ, пр. К. Маркса, 19