

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»



Устименко Євгеній Борисович

УДК 622.235.4

**НАУКОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНОГО МЕТОДУ
ТА ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ РАКЕТНИХ ДВИГУНІВ ТВЕРДОГО
ПАЛИВА**

Спеціальність 21.06.01 – Екологічна безпека

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Науково-дослідному інституті високоенергетичних матеріалів Державного підприємства «Науково-виробниче об'єднання «Павлоградський хімічний завод» Державного космічного агентства України.

Науковий консультант- доктор технічних наук, професор

ГОЛІНЬКО Василь Іванович,
Державний ВНЗ «Національний гірничий університет»
Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України
(м. Дніпропетровськ), завідувач кафедри аерології
та охорони праці.

Офіційні опоненти:

- доктор технічних наук, професор

ДОЛГОВА Тетяна Іванівна,
Державний ВНЗ «Національний гірничий університет»
Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України
(м. Дніпропетровськ), професор кафедри екології;

- доктор технічних наук, професор

ЗУБОВА Лілія Григорівна
Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля
Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України
(м. Луганськ), професор кафедри гідрометеорології;

- доктор технічних наук, професор

ГУРІН Аркадій Олександрович,
Криворізький національний університет Міністерства
освіти і науки, молоді та спорту України,
завідувач кафедри рудникової аерології та охорони праці.

Захист дисертації відбудеться " " 2012 р. о 14 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.080.02 при Державному ВНЗ «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України за адресою: 49027, м. Дніпропетровськ, пр. К.Маркса, 19.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Державного ВНЗ «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України за адресою: 49027, м. Дніпропетровськ, пр. К.Маркса, 19.

Автореферат розісланий " " 2012 р.

Вчений секретар

спеціалізованої вченої ради
Д 08.080.02, к.т.н., доцент

В.В.Панченко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Україна витрачає значні кошти на зберігання, обслуговування і утилізацію непридатних для подальшого використання чи знятих з озброєння вибухопожежонебезпечних виробів і матеріалів, починаючи від звичайних снарядів і закінчуючи такими складними виробами як триступінчаті твердопаливні міжконтинентальні балістичні ракети (МБР) РС-22. Нині всі українські МБР з ракетними двигунами твердого палива (РДТП) зняті з озброєння, демонтовані і згідно з міжнародними угодами повинні бути знищені або утилізовані. Своєчасне та повне виконання зазначених угод нині є надзвичайно актуальним для України.

Утилізація МБР є перспективнішою з економічної точки зору. Вона дає можливість повторно використати окремі вузли і агрегати, а також дорогу сировини і матеріали, витрачені на виготовлення ракет. Основні труднощі, що виникають при утилізації МБР, пов'язані з утилізацією їх двигунів, які оснащені вибухопожежонебезпечними речовинами підкласу 1.1 та 1.3 з обмеженими термінами придатності. Серед методів, які використовувалися при ліквідації РДТП, найбільш відомими є їх спалювання, підривання, вилучення твердого ракетного палива (ТРП) (гідромеханічне, криогенне, механічне) і подальша його переробка або зберігання, руйнування РДТП (сегментація, криогенне, хімічне). Вибір методу ліквідації РДТП насамперед залежить від властивостей ТРП, його хімічної і термічної стійкості, детонаційної здатності, чутливості до удару, тертя, та інших енергетичних імпульсів, що ініціюють вибухові перетворення. Крім того, при використанні будь-якого з перерахованих методів для ліквідації двигунів МБР РС-22 необхідно вирішити низку питань, пов'язаних з соціально-політичними, технічними, екологічними і економічними аспектами.

Екологічні аспекти при ліквідації РДТП пов'язані з необхідністю обов'язкового дотримання законодавчих вимог в області охорони довкілля і забезпечення санітарно-епідеміологічного благополуччя населення. Україна є країною з високою щільністю населення і не має значних малонаселених територій. Подальше зберігання РДТП веде до суттєвого підвищення рівня екологічної небезпеки, обумовленої накопиченням вибухонебезпечних виробів і матеріалів. В той же час, процес утилізації РДТП, що містять велику кількість токсичного і вибухопожежонебезпечного палива, є потенційно небезпечним і може призвести до забруднення значних територій як в місці розміщення об'єкта утилізації, так і подальшого зберігання чи використання продуктів утилізації. Все це обумовлює актуальність наукової проблеми, що полягає в розробці та обґрунтуванні екологічно безпечного методу та технології утилізації, знятих з озброєння міжконтинентальних балістичних ракет з двигунами твердого палива.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами. Підставою для виконання досліджень є «Комплексна програма поетапного скорочення і ліквідації міжконтинентальних балістичних ракет РС-22», затверджена розпорядженням Президента України від 2.12.97 р. № 423/97-РП, «Програма утилізації твердого ракетного палива міжконтинентальних балістичних ракет РС-22»,

затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 29.10.03 р. № 1684. В основу роботи покладені матеріали, які узагальнюють дослідження виконані автором згідно з планами проведення науково-дослідних робіт ДП НВО «ПХЗ» за темами: «Оцінка можливості продовження терміну безпечного зберігання і подальших робіт із спорядженими корпусами двигунів ступенів ракети РС-22» (№ ДР 0105U002610); «Визначення безпечних параметрів технологічних процесів утилізації ТРП і проведення робіт з підготовки до експлуатації пілотної установки і експлуатація пілотної установки» (№ ДР 0107U000003); «Дослідно-конструкторські і проектні роботи із створення виробничих потужностей для утилізації твердого ракетного палива» (№ ДР 0107U000079); «Дослідно-конструкторські роботи - технологічні роботи по розробці технології утилізації споряджених твердим ракетним паливом корпусів двигунів третього ступеня міжконтинентальних балістичних ракет РС-22, які мають відхилення від нормативних показників конструкторської документації» (№ ДР 0109U000050); «Дослідно-конструкторські роботи - технологічні роботи по розробці технології утилізації споряджених корпусів двигунів твердим ракетним паливом міжконтинентальних балістичних ракет РС-22, які мають відхилення від нормативних показників конструкторської документації (№ ДР 0110U000025). Автор дисертації був науковим керівником вказаних робіт.

Мета і завдання досліджень.

Метою дисертаційної роботи є наукове обґрунтування методу та технології утилізації ракетних двигунів твердого палива від міжконтинентальних балістичних ракет РС-22, що забезпечують виконання вимог нормативно-правових актів з екологічної безпеки в місцях ліквідації твердого ракетного палива і подальшого використання продуктів його утилізації.

Відповідно до мети було визначено наступні задачі дослідження:

- провести аналіз існуючих методів утилізації РДТП і стану досліджень щодо забезпечення екологічної безпеки при утилізації ТРП і переробці продуктів утилізації;
- виконати екологічну оцінку використання різних методів для ліквідації РДТП від МБР РС-22 на території України та визначити найбільш екологічно безпечний метод;
- розробити методи оцінки впливу об'єкту утилізації палива (ОУП) на стан довкілля за наявності в районі розміщення ОУП значної кількості інших техногенних об'єктів та незначному терміні роботи ОУП з врахуванням різноманітності шкідливих та небезпечних чинників, їх рівня і особливостей взаємодії;
- науково обґрунтувати вибраний екологічно безпечний метод утилізації РДТП від МБР РС-22;
- розробити екологічно безпечну технологію вилучення з двигунів ТРП, його подрібнення та стабілізації;
- розробити екологічно безпечну технологію вилучення із ТРП водорозчинних окислювачів і високоенергетичних компонентів та наступної їх переробки;

- розробити екологічно безпечну технологію утилізації нерозчинних компонентів ТРП і подальшого їх використання в емульсійних вибухових речовинах (ВР) при розробці родовищ корисних копалин;

- здійснити апробацію розроблених технологій в умовах ДП НВО «ПХЗ» і на гірничодобувних підприємствах України;

- дати екологічну оцінку впливу ОУП і промислових емульсійних ВР з компонентами ТРП на екосистеми.

Об'єкт дослідження - процес утилізації ракетних двигунів твердого палива від міжконтинентальних балістичних ракет РС-22.

Предмет досліджень – фізичні, хімічні й вибухові властивості твердого ракетного палива та продуктів його переробки, екологічно безпечні технології утилізації ракетних двигунів твердого палива та їх вплив на довкілля.

Методи дослідження. Для досягнення поставлених завдань в роботі використані: аналіз і узагальнення існуючих літературних джерел, щодо переробки і використання конверсійних виробів з вибуховими речовинами - при виборі і обґрунтуванні напрямів досліджень; фізичне моделювання і експериментальні дослідження в лабораторних умовах - при вивченні властивостей і складу ТРП і продуктів його переробки, методи фізичного і хімічного аналізу - при обґрунтуванні екологічно безпечних процесів утилізації ТРП; економіко-математичне моделювання, теорію ймовірності та методи математичної логіки - при оцінці аварійності і екологічного ризику; експериментальні дослідження в умовах гірничодобувних підприємств - при випробуваннях розроблених емульсійних ВР з компонентами ТРП і оцінці їх дії на навколишнє середовище.

Наукові положення, що виносяться на захист

1. Ліквідація споряджених корпусів двигунів МБР РС-22 методами відкритого спалювання або підривання призводить до істотного наднормативного забруднення атмосферного повітря над територією, віддаленою від об'єкту ліквідації палива на відстані 50-100 км з урахуванням переважного напрямку і сили вітрів та забруднення ґрунту продуктами згорання і для умов України є неприйнятною.

2. Істотні зміни вибухових характеристик ТРП, зокрема чутливості до удару, тертя та електростатичних розрядів, в основному, пов'язані з тривалими наднормативними термінами та нерегламентованими за температурою і вологістю умовами зберігання РДТП в період між їх зняттям з озброєння і початком тестування ТРП, а надалі, при зберіганні РДТП в регламентованих за температурою і вологістю умовах, вибухові характеристики ТРП залишаються практично незмінними, проте фізико-механічні властивості палива погіршуються нижче за рівні, передбачені вимогами технічних умов, унаслідок чого спалювання такого ТРП в споряджених корпусах двигунів може призвести до аномальних процесів, у тому числі і до об'ємного горіння і вибуху.

3. Зміни фізико-механічних властивостей палива з плином часу пов'язані з поступовим розкладенням полімерних в'язучих, і їх інтенсивність суттєво підвищується з ростом температури; прогнозування цих змін на майбутній період часу забезпечується шляхом прискорених теплових випробувань зразків палива, тривалість яких визначається зворотно експоненціальною залежністю

від добутку енергії активації процесу теплового старіння на різницю між температурами випробування і зберігання.

4. Гранично допустима концентрація забруднюючих речовин в атмосфері і ґрунті при проведенні вибухових робіт з використанням емульсійних ВР з продуктами утилізації ТРП забезпечується введенням нейтралізуючих речовин в склад таких ВР, отриманням збалансованих за значенням кислотного балансу рецептур та за рахунок попереднього вилучення з продуктів утилізації водорозчинних окислювачів і бризантних ВР.

Наукові результати та їх новизна.

1. Встановлено рівні впливу на довкілля небезпечних та шкідливих чинників при ліквідації РДТП від МБР РС-22. Вперше, виходячи з можливої аварійної ситуації, визначені безпечні відстані від населених пунктів і промислових об'єктів та рівні забруднення навколишнього середовища шкідливими речовинами, що утворюються при знищенні або утилізації РДТП різними методами, в місцях розташування об'єкту утилізації або знищення РДТП і дана еколого-економічна оцінка можливості використання різних методів ліквідації РДТП від МБР РС-22 на території України.

2. Вперше запропонована методологія оцінки умов життєдіяльності при сумісній дії багатьох шкідливих чинників, яка покладена в основу розробленої методики визначення впливу на навколишнє середовище шкідливих і небезпечних чинників, що характеризуються односпрямованою, антагоністичною або адитивною дією, яка дозволяє здійснити прогноз впливу ОУП на довкілля. Запропонована імовірнісна модель виникнення аварії типу «Вибух» на ОУП, що дозволяє прогнозувати поведінку об'єкту на підставі результатів обстеження стану устаткування і обслуговуючого персоналу, а також аналізу стану навколишнього середовища.

3. Науково обґрунтовано екологічно безпечний метод утилізації ТРП від МБР РС-22 для умов України заснований на гідромеханічному вилученні ТРП з корпусів двигунів і подальшому використанні палива для виготовлення промислових ВР, який відрізняється від відомих рішень тим, що з метою зниження токсичності продуктів підривання, після гідромеханічного вилучення ТРП здійснюється видалення з палива водорозчинних окислювачів і бризантних ВР з подальшим їх використанням для промислових цілей, а як компонент ВР використовується тільки полімерна композитна крихта ТРП з алюмінієм.

4. Вперше науково обґрунтовано параметри технологічних процесів гідромеханічного вимивання, транспортування, здрібнення та глибокої переробки ТРП, за яких забезпечується безаварійна робота обладнання та мінімізується шкідливий вплив ОУП на довкілля, у тому числі: вид, склад та параметри струменя робочої рідини при вимиванні палива, склад та параметри розчинів при здрібненні та вилученні водорозчинних окислювачів, температурні режими ведення процесів, параметри здрібнення ТРП, параметри стабілізації палива, циклування та насичення робочої рідини компонентами, що вилучаються з ТРП.

5. Вперше досліджено вплив на енергетичні характеристики і токсичність продуктів вибуху емульсійних ВР різних високоенергетичних добавок, зокрема

ТРП всіх ступенів і продуктів глибокої переробки ТРП; встановлений найбільш раціональний діапазон вмісту продуктів глибокої переробки ТРП в емульсійних ВР, що забезпечує необхідні енергетичні характеристики ВР при мінімальному впливі на навколишнє середовище продуктів вибуху.

6. Досліджено вплив ОУП та вибухових робіт з використанням емульсійних ВР, до складу яких входять продукти глибокої переробки ТРП, на довкілля; встановлено, що для виключення утворення оксидів азоту і мінімізації вмісту окислу вуглецю у продуктах вибуху кисневий баланс ВР має бути в межах від -0,2 до -2,0%, а вміст полімерної крихти з алюмінієм не повинен перевищувати 5%.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій дисертаційної роботи підтверджується: проведенням експериментальних досліджень з використанням апробованих методик, атестованого устаткування і засобів контролю; узгодженістю результатів теоретичних і експериментальних досліджень; застосуванням при вирішенні завдань сучасних методів фізичного і хімічного аналізу і використанням при цьому сучасних уявлень про фізико-хімічні процеси, що протікають в ТРП, апробованих положень термодинаміки та масопереносу; обґрунтуванням допущень, прийнятих при вирішенні завдань; позитивними результатами використання розроблених технологічних схем і устаткування для утилізації ТРП, а також розроблених вибухових речовин і засобів ініціювання з продуктами глибокої переробки ТРП.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що вони створили методичну основу для розробки екологічно безпечної промислової технології утилізації вибухопожежонебезпечних виробів і матеріалів, та при розробці ВР з високоенергетичними продуктами утилізації.

Виконана еколого-економічна оцінка можливості використання різних методів ліквідації РДТП від МБР РС-22 на території України покладена в основу розробленого ДП НВО «ПХЗ» "Техніко-економічного обґрунтування по вибору методу утилізації ТРП двигунів українських МБР РС-22", яке було схвалено урядами України і США та, згідно підписаного міжурядового контракту, дозволило почати роботи з розробки технології і створення устаткування для утилізації РДТП.

Обґрунтований в роботі екологічно безпечний метод утилізації ТРП від МБР РС-22 дозволив розробити технологічні схеми, спроектувати і виготовити устаткування для утилізації РДТП МБР РС-22 з використанням якого проведена апробація методу, і в умовах ДП НВО «ПХЗ» розпочато роботи з утилізації РДТП, зокрема:

- розроблено екологічно безпечні технології гідромеханічного вилучення ТРП з чотирьох різних видів РДТП МБР РС-22, подальшого подрібнення вилученого ТРП та його фізико-хімічної стабілізації в середовищі флегматизуючої водомасляної емульсії, вилучення з ТРП і подальшої переробки водорозчинних окислювачів та нерозчинних високоенергетичних компонентів з поверненням вилучених продуктів і регенованих компонентів в промислове виробництво, що відрізняються відсутністю шкідливих газових викидів в атмосферу і викори-

станням замкнутого циклу водних і неводних робочих розчинів при проведенні робіт;

- розроблено технології утилізації нерозчинних компонентів ТРП і подальшого їх використання в емульсійних ВР, які дозволяють забезпечити необхідний рівень екологічної безпеки в місцях проведення вибухових робіт.

Проведений екологічний контроль і дана оцінка дії об'єкту утилізації палива і промислових емульсійних ВР з компонентами ТРП на екосистеми в районах розташування об'єкту утилізації і ведення вибухових робіт.

Емульсійні ВР з компонентами ТРП пройшли досліду перевірку на гірничодобувних підприємствах, ґрунтуючись на результатах якої на ДП НВО «ПХЗ» розпочато серійне виробництво ВР даного типу і їх промислове використання.

Реалізація висновків і рекомендацій роботи. Результати досліджень впроваджені на ДП «НВО «Павлоградський хімічний завод» при розробці технологічних схем та обладнання об'єктів вилучення, подрібнення та глибокої переробки ТРП, на яких нині здійснюється екологічно безпечна утилізація РДТП МБР РС-22 та промислове виробництво з використанням продуктів глибокої переробки ТРП різних модифікацій емульсійних ВР марки «ЕРА» й неелектричної системи ініціювання зарядів вибухових речовин «Пріма-ЕРА».

Особистий внесок здобувача полягає в постановці завдань досліджень, в здійсненні еколого-економічної оцінки різних методів ліквідації РДТП МБР РС-22 на території України, у встановленні і дослідженні чинників, що впливають на екологічну безпеку всіх етапів робіт, пов'язаних з утилізацією РДТП, обґрунтуванні екологічно безпечного методу утилізації РДТП і параметрів процесів, що забезпечують екологічно безпечне виконання робіт, розробці технологічних схем утилізації та рецептур високоенергетичних емульсійних ВР з компонентами ТРП, організації і керівництві проведенням експериментальних досліджень і екологічного моніторингу, аналізі результатів досліджень.

Апробація результатів дисертації. Результати досліджень доповідалися на міжнародній конференції з демілітаризації (м. Сан-Франциско, 1998), міжнародних науково-технічних конференціях «Проблеми виробництва промислових ВР на сучасному етапі і утилізація боєприпасів» (м. Павлоград, 1997); «Комплексна утилізація звичайних видів боєприпасів» (м. Красноармійськ, Росія 1998, 2003, 2005); «Сучасний стан, проблеми, перспективи розвитку вибухової справи» (м. Павлоград, 2006); «Високоенергетична обробка матеріалів» (м. Дніпропетровськ, 2001, 2003, 2005, 2007 і 2009); «Утилізація 2007» і «Утилізація 2011» (м. Красноармійськ, Росія); «Сучасні технології ведення буропідприємних робіт, їх економічна ефективність і технологічна безпека» (м. Коктебель, 2007, 2008 і 2009); «Високоенергетичні матеріали: демілітаризація, антитероризм і цивільне використання» (м. Бійськ, Росія, 2008 і 2010); «Вибухова справа в Україні. Сучасний стан, проблеми, перспективи розвитку» (м. Павлоград, 2006, м. Кривий Ріг, 2007); «Харитоновські читання» (м. Саров, Росія, 2009), «Екологічні проблеми техногенно-навантажених регіонів» (м. Дніпропетровськ, 2008) та інших.

Публікації. Основні положення дисертації висвітлені у 53 наукових працях, з яких 1 монографія, 25 статей опубліковані в спеціалізованих наукових виданнях і одержано 4 патенти України. 23 статті опубліковано в наукових журналах, науково-технічних збірниках і матеріалах наукових конференцій, у тому числі 8 – за кордоном. 4 статті опубліковано без співавторів.

Структура і обсяг роботи. Дисертація складається: з вступу, семи розділів і висновків. Вона містить 380 сторінок машинописного тексту і включає 70 рисунків, 78 таблиць, список використаних джерел із 237 найменувань та додатки на 30 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність теми і наукової проблеми, 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 виконано аналіз літературних джерел та сучасних науково-технічних досягнень з питань екологічної безпеки при утилізації твердопаливних ракет та інших вибухонебезпечних конверсійних виробів, виготовлення та використання ВР з компонентами утилізованих виробів.

Питання утилізації РДТП до цього часу мало вивчені. Найбільш інтенсивно дослідження у цій області ведуть вчені та провідні фахівці наукових установ і промислових підприємств США, України та Російській Федерації: компанії «Thiokol» (США), «Lockheed Martin» (США), «General Atomics» (США), ЦНДІХМ (Москва), ІГТМ НАН України (Дніпропетровськ), ІПХФ РАН (Черноголовка), ІХФ РАН (Москва), ДержНДІХП (Шостка), ДП НВО «ПХЗ» (Павлоград), НГУ (Дніпропетровськ), МакНДІ (Макиївка), Інститут проблем хіміко-енергетичних технологій СВ РАН (Бійськ) та інші.

Нині апробовані і різною мірою використовуються чотири методи вилучення або знищення наповнювачів РДТП: спалювання або підривання палива, вилучення ТРП з РДТП шляхом механічної обробки, шляхом криогенного руйнування наповнювача та методом гідродинамічного вимивання.

Ліквідація РДТП шляхом прямого спалювання або підривання палива має ряд істотних недоліків, пов'язаних з високою ймовірністю аварій в процесі ліквідації дефектних зарядів і зарядів із зверхнормативним терміном зберігання, які можуть призвести до істотного забруднення навколишнього середовища газоподібними, рідкими і твердими відходами. Технології спалювання недостатньо відпрацьовані. Крім того процес спалювання економічно неефективний, великі капітальні витрати із-за необхідності дефектоскопії двигунів, застосування окремих технологій для ліквідації дефектних двигунів, будівництва потужностей та полігонів з очищення та поховання відходів.

Вилучення ТРП з двигунів шляхом механічної обробки має ряд недоліків, що полягають в підвищеній пожежо- та вибухонебезпечності процесу, необхідності проведення додаткової операції - розрізання корпусів на сегменти і освоєння додаткового технологічного процесу з остаточного доочищення корпусів. В той же час ця технологія забезпечує найбільшу економічність про-

цесу вилучення, екологічно чистіша, відсутні викиди в навколишнє середовище.

Технологія вилучення ТРП з двигунів шляхом криогенного вимивання недостатньо відпрацьована. До недоліків цього процесу слід віднести необхідність проведення додаткової операції розрізання корпусів на сегменти перед початком процесу вилучення, а також освоєння додаткового технологічного процесу з остаточного очищення корпусів від залишків ТРП.

Найчастіше при утилізації РДТП застосовується метод гідродинамічного вимивання ТРП. Така технологія достатньо апробована і тривалий час застосовується в США. Як недолік цієї технології слід зазначити: високу енергоємність методу, наявність значних обсягів забрудненої рідини, що потребує очищення, складність процесу подальшого вилучення палива. В той же час цей метод є більш безпечний у порівнянні з попередніми, проте наявність в ТРП МБР РС-22 значної кількості водорозчинних окислювачів, до складу яких входить хлор, обумовлює необхідність істотного доопрацювання цього методу і вирішення питання очищення великих об'ємів води або вилучення з неї водорозчинних компонентів палива. Крім того досвід США, накопичений в результаті ведення робіт з утилізації твердопаливних ракет, не повною мірою може бути використаний в Україні з причин закритості інформації і істотних відмінностей властивостей палива, що використовуються в РДТП виробництва США і в РС-22.

Вилучені з РДТП наповнювачі є високоенергетичними речовинами, схильними до вибухового перетворення, і незалежно від способу вилучення практично повсюди використовуються для отримання продуктів, необхідних при виробництві ТРП для нових зразків озброєння, переробляються в комерційні ВР або використовуються як високоенергетичні компоненти таких ВР.

У світі, у тому числі і в Україні, накопичений певний досвід утилізації боєприпасів та інших виробів з ВР. Проте, враховуючи особливості РДТП МБР РС-22 (габарити, вага, форма), а також властивості ТРП, наявність у його складі перхлорату амонію, існуючі методи і технологічні лінії не можуть бути використані при утилізації РДТП МБР РС-22.

В цілому всім розглянутим можливим методам утилізації РДТП властиві як певні переваги, так і недоліки. Основною умовою застосування цих методів є забезпечення технічної і екологічної безпеки при утилізації РДТП. Оцінка екологічних наслідків при застосуванні різних методів ліквідації РДТП від МБР РС-22 на території України не проводилася.

Виконаний в розділі аналіз дозволив сформулювати мету і завдання досліджень.

У другому розділі виконана екологічна оцінка відомих методів, які можуть бути використані при утилізації РДТП МБР РС-22 на території України.

Для того, щоб оцінити можливість застосування того чи іншого методу необхідно, перш за все, вивчити екологічні наслідки його застосування в умовах України, а також технічні і економічні аспекти його використання.

Серед відомих методів утилізації РДТП найбільш простими і, на перший погляд, мало витратними є методи відкритого спалювання та підірвання пали-

ва. При утилізації РДТП першим методом необхідно буде провести спалювання 163 споряджених корпусів двигунів (СКД) із загальною масою палива близько 5000 тонн. Слід зазначити, що при спалюванні СКД викид токсичних продуктів згорання, які створюються при недостатчі кисню, відбувається за короткий період часу від 60 до 310 с. При цьому температура продуктів згорання, що витікають з корпусу СКД, коливається від 1500 до 2200 °С з поступовим зменшенням по форсу полум'я до 300-400 °С. За таких умов в продуктах згорання відбуваються складні хімічні перетворення з утворенням активних радикалів і речовин складної будови (хлорид водню, поліциклічні та гетероциклічні речовини, нітрозіли, оксиди азоту тощо). Перелік та обсяги продуктів згорання, визначених шляхом розрахунку, наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Перелік та обсяги продуктів згорання

Назва шкідливої речовини	Питомий викид шкідливих речовин при спалюванні двигунів, кг			Викид від усіх РДТП, кг
	1-ї ступені	2-ї ступені	3-ї ступені	
Al ₂ O ₃	19975,7	11512,5	5622,8	2023970
HCl	6855,8	1351,3	678,5	486680
CO	9121,7	5290,9	1849,8	887300
NO _x (в перерахунку на NO ₂)	23045,8	24318,0	9839,9	3112050
Циклічні гетероароматичні речовини (фуранові, діоксини тощо)	458,4	238,3	84,4	42640
	781,6	453,4	158,6	76040
Золисті поліциклічні речовини				
Усього: кг	60239,0	43164,4	18234,0	6628680

Для оцінки впливу продуктів згорання на навколишнє середовище і наслідків спалювання СКД виконаний розрахунок розсіювання за найбільш пріоритетними речовинами в розрахунковому квадраті 100x100 км, а також в контрольних точках зони впливу джерела забруднення за програмою «ЕОЛ-2000» (ліцензія № 217629188) та визначені максимальні приземні концентрації як в санітарно-захисній зоні об'єкту, так і за її межами.

Аналіз розрахункових даних щодо впливу об'єкта ліквідації палива (ОЛП) на навколишнє середовище показує, що в результаті ліквідації СКД методом відкритого спалювання або підривання палива прогнозується істотне наднормативне забруднення атмосферного повітря над територією, віддаленою від джерела на відстані понад 50 км і забруднення ґрунту шкідливими продуктами. На Україні відсутня територія, прийнятна для розміщення ОЛП методом відкритого спалювання або підривання палива на якій немає об'єктів цивільного, промислового і соціального призначення (обмежена в радіусі зони дії більше 50 км і в радіусі зони впливу більше 90 км від джерела). В цілому виконана екологічна оцінка методів відкритого спалювання чи підривання ТРП показала, що застосування цих методів для ліквідації СКД МБР РС-22 для умов України є неприйнятним.

Згідно вимог природоохоронного законодавства, категорично забороняється спалювання хімічних речовин і відходів відкритим способом, без використання спеціальних установок з очищенням викидів від продуктів згорання. Тому ліквідація ТРП методом спалювання може здійснюватися тільки при обов'язковому використанні спеціальних установок, що забезпечують очищення викидів від продуктів згорання до нормативів екологічної безпеки. Наявність таких установок знижує вплив ОЛП методом спалювання на навколишнє середовище, але не дозволяє розмістити ОЛП на території ДП «НВО «ПХЗ». Причина цього полягає в тому, що при ліквідації СКД методом спалювання зміни, що відбуваються в ТРП в процесі тривалого зберігання (утворення тріщин, відшаровувань, порушення суцільності, погіршення фізико-механічних характеристик та ін.), можуть призвести до аномальних процесів, зокрема до переходу пошарового горіння ТРП в об'ємне горіння з переходом в детонацію. Тому необхідно, щоб територія майданчика ліквідації була видалена на безпечні відстані, визначені виходячи з можливої аварійної ситуації, пов'язаної з вибухом і детонацією СКД самої великої 1-ї ступені. Виконаний розрахунок безпечних відстаней за факторами сейсмічної дії, механічної дії ударної повітряної хвилі, осколків, що розлітаються, виділення тепла, пилу та ін. показали, що безпечна відстань становить близько 15 км, що неможливо забезпечити при розміщенні ОЛП методом спалювання на території ДП «НВО «ПХЗ».

У випадку розміщення ОЛП методом спалювання на віддаленій незаселеній території виникає необхідність в транспортуванні СКД, створенні транспортних магістралей і транспортної інфраструктури, проектуванні та будівництві будівель, споруд, розробки устаткування для очищення викидів тощо. Розрахунок витрат показав, що загальні витрати по об'єкту ліквідації СКД методом спалювання складуть при цьому 151422,9 тис. доларів США.

Ліквідація СКД методом підривання відбувається протягом 0,001 - 0,005 с у випадку якщо заряд ТРП здатний детонувати без дефлограції. Для зарядів ТРП, які детонують нестійко необхідне залучення великих додаткових мас ВР. Також при підриванні ТРП в СКД можливий розкид фрагментів заряду ТРП і корпусу по прилеглий території. Це може відбутися унаслідок нестійкої детонації в заряді ТРП. При цьому ці фрагменти догоратимуть на великій території з утворенням вторинних джерел забруднення. Після догорання залишки таких фрагментів необхідно зібрати і відправити на додаткову утилізацію або поховання. Виконані розрахунки обсягів шкідливих продуктів та їх впливу на навколишнє середовище для випадку підривання СКД, показали, що цей метод не має переваг перед методом відкритого спалювання, а загальні витрати на ліквідацію СКД цим методом складуть 151944,8 тис. доларів США.

В цілому виконана оцінка методів відкритого спалювання та підривання показала, що їх використання для утилізації РДТП МБР РС-22 призводить до істотного наднормативного забруднення атмосферного повітря та ґрунту і для умов України є неприйнятною, чим доказана справедливність першого наукового положення.

Встановлено, що мінімальний рівень негативної дії об'єкту ліквідації ТРП на навколишнє середовище може бути досягнутий в результаті ліквідації СКД

методом гідровимивання з подальшою утилізацією вилученого ТРП в комерційних ВР. Метод гідровимивання успішно застосовується для утилізації МБР, що мають близькі фізико-механічні характеристики до палив, використаних в МБР РС-22. Таким методом перероблялися двигуни з перевищеними гарантійними термінами зберігання, що мають аномалії в заряді ТРП, а також двигуни, які не підлягали транспортуванню і не могли бути утилізованими іншими методами.

Порівняльний аналіз різних методів показав, що ліквідація СКД методом гідровимивання є найбільш доцільною як з екологічної так і з економічної точки зору і може бути здійснена на території ДП «НПО «ПХЗ». Метод гідровимивання є найменш витратним, а крім того отримані цим методом продукти утилізації можуть бути використані при виготовленні нових виробів та промислових ВР. Передумовою використання методу гідровимивання та розміщення ОУП на території ДП «НПО «ПХЗ» є мінімізація негативного впливу на довкілля процесів утилізації РДТП та при використанні продуктів утилізації ТРП.

Третій розділ присвячений науковому обґрунтуванню методів оцінки впливу процесів утилізації РДТП на довкілля за нормального і аварійного режиму роботи ОУП.

Виконано аналіз особливостей району де передбачено спорудження ОУП, у тому числі: природних та кліматичних умов, гідрогеологічних характеристик місцевості, розміщення промислових підприємств, житлових масивів та транспортних комунікацій, а також екологічної ситуації в районі розташування ОУП. При розміщенні ОУП на території ДП «НВО «ПХЗ» він буде знаходитися в густонаселеному, техногенно-навантаженому районі Дніпропетровської області на північно-західній околиці м. Павлограду. Показано, що значний вплив на довкілля в цьому районі мають підприємства вугільної та інших галузей промисловості, які розташовані в м. Павлограді та на територіях, що примикають до району розміщення ОУП, негативні наслідки дії яких проявляються в забрудненні підземних вод, річок і водоймищ, затопленні і заболочуванні прилеглих територій, вилученню земельних площ з сільськогосподарського обороту, деформації земної поверхні.

Встановлено, що при порівняно незначному терміні функціонування ОУП та за наявності в районі його розміщення великої кількості інших техногенних об'єктів, при оцінці впливу ОУП на довкілля його не можна розглядати ізольовано від інших об'єктів, поточного значення показників, що характеризують якість навколишнього середовища та перспектив їх зміни. Показано, що зв'язок масштабів дії техногенних об'єктів і якісних змін місця проживання неоднозначний. Зіставити чинники, часто різні за своєю природою і суттю, вельми складно. Один і той же чинник може погіршувати умови життєдіяльності одних представників біоти і в той же час поліпшувати для інших. Загальноприйнята методика такого зіставлення нині відсутня.

При аналізі дії ОУП на навколишнє середовище, показники якості довкілля запропоновано розглядати щодо умов життєдіяльності населення, яке проживає в даному районі, а для оцінки впливу на ці умови різноманітних шкідливих чинників використано відомі гігієнічні підходи, щодо критеріальних оцінок

умов праці. Показана можливість використання для оцінки впливу на умови життєдіяльності населення різних математичних моделей критеріальних оцінок, у тому числі: точкового, лінійного, поліноміального, квадратичного та інших критеріїв.

Нині наявна інформаційна база стосовно спрямованості дії того або іншого шкідливого чинника не дозволяє достатньо строго вибрати критерій оцінки умов життєдіяльності. З достатньою точністю можна лише виділити чинники, які мають односпрямовану, антагоністичну або адитивну дію.

Прийнявши, що адитивна дія з найбільшою мірою достовірності визначається величиною, еквівалентною потужності дії, тобто пропорційно квадрату значення чинників, надалі для оцінки сукупного впливу таких чинників нами використано квадратичний критерій.

З урахуванням викладеного прогнозу оцінку сукупного впливу шкідливих чинників, що мають односпрямовану, антагоністичну або адитивну дію нами запропоновано здійснювати в наступній послідовності:

- визначається перелік і фактичне значення шкідливих чинників;
- розраховуються відносні рівні цих чинників

$$Y_i = C_i / ГДК_i; \quad (1)$$

де C_i , $ГДК_i$ – фактична та гранично допустима концентрація i -ї речовини, мг/м³;
 - з усіх чинників виділяються група (групи) чинників, що характеризуються односпрямованою дією та розраховуються сумарний груповий рівень (групові рівні) цих чинників

$$\Sigma Y_{oi} = Y_1 + Y_2 + \dots + Y_j, \quad (2)$$

де Y_1, Y_2, Y_j - рівні чинників, що характеризуються односпрямованою дією;
 - з усіх чинників (груп чинників) виділяються пари чинників (групи чинників), що характеризуються антагоністичною дією та розраховуються сумарні групові рівні пар (груп) цих чинників

$$\Sigma O_{a^s} = O_{j+1} - O_{j+2}, \quad (3)$$

де O_{j+1}, O_{j+2} - рівні чинників, що характеризуються антагоністичною дією;
 - розраховується рівень сукупного впливу чинників на навколишнє середовище, вважаючи при цьому, що чинники, які залишилися, і виділені групи чинників мають адитивну дію

$$\Sigma Y = \sqrt{(\Sigma Y_o)^2 + (\Sigma Y_a)^2 + Y_{j+3}^2 + \dots + Y_n^2}. \quad (4)$$

При прогнозній оцінці сукупного впливу ОУП на навколишнє середовище спочатку за викладеною методикою визначають фоновий рівень сукупного впливу на довкілля техногенних об'єктів (без урахування дії ОУП), розташованих в районі розміщення ОУП та прилеглих до нього районах, а потім, за тією ж методикою, розраховується сумарний рівень сукупного впливу чинників з врахуванням ОУП. Остаточний рівень впливу ОУП на навколишнє середовище визначають як

$$\Sigma Y_{ОУП} = \Sigma Y_c - \Sigma Y_\phi, \quad (5)$$

де $\Sigma Y_c, \Sigma Y_\phi$ - відповідно сумарний і фоновий рівень сукупного впливу чинників на навколишнє середовище.

Наведена методика дозволяє здійснити прогнозну оцінку впливу ОУП на довкілля. В той же час оцінка фактичного впливу об'єкту на стан навколишнього середовища за результатами екологічного моніторингу дозволяє встановити поточний стан довкілля в районі розміщення ОУП, оцінити динаміку процесу, а також розробити профілактичні заходи, спрямовані на зменшення шкідливого впливу.

Використовуючи результати спостережень за показниками, що характеризують екологічну ситуацію в районі розміщення об'єкта і інформацію про рівні і значення чинників, які впливають на стан довкілля, методами статистичного аналізу можна встановити залежності між указаними показниками. В той же час при значному числі техногенних об'єктів та незначному терміні роботи ОУП наявні класичні методи статистичного аналізу не дають можливості упевнено оцінити вплив ОУП на навколишнє середовище, що пояснюється обмеженням в часі обсягом спостережень та відсутністю апріорно заданих функціональних залежностей. В таких випадках доцільне застосування нетрадиційних методів, серед яких на увагу заслуговує метод групового обліку аргументів. Аналіз цього методу показав, що він може бути використаний для оцінки впливу ОУП на екологічну ситуацію в регіоні. При цьому слід врахувати, що достовірність результатів в значній мірі залежать від використаного при дослідженні обсягу інформації. Враховуючи це глибину ретроспективного аналізу для оцінки впливу ОУП на довкілля прийнято з 1997 року і донині. Цей період захоплює як роки, коли ОУП був відсутній, так і роки, протягом яких проводилися роботи з організації зберігання виробів з ТРП, спорудження ОУП і роботи з вилучення, переробки і утилізації компонентів ТРП.

ОУП є складною виробничою системою з особливо небезпечними умовами проведення робіт (вибухопожежонебезпечними) де непередбачені або раптові зміни умов, недотримання правил безпеки або неправильні дії працівників можуть спричинити тяжкі наслідки, що в деяких випадках можуть призвести до численних людських жертв і нанести істотну шкоду навколишньому середовищу.

Процес утилізації РДТП характеризується сукупністю значного числа небезпечних чинників, які неможливо об'єднати і зіставити між собою за допомогою фізичних показників. Зважаючи на це доцільним є їх об'єднання через економічні показники. У цьому разі інтегральною мірою безпеки технологічного процесу утилізації РДТП є економічна оцінка аварій, характерних для процесу утилізації. Оскільки виникнення аварій, обумовлених впливом небезпечних виробничих чинників, носить імовірнісний характер, економічна оцінка враховує очікувані економічні збитки при виникненні аварій $M(U_i)$ і імовірнісну природу її виникнення

$$\dot{I}_i = p_i M(U_i), \quad (6)$$

де p_i - ймовірність виникнення аварії i -го виду на об'єкті.

Як об'єкт в даному випадку можуть виступати сховища виробів з ТРП, дільниці, установки, комплекси тощо. Для групи об'єктів одного типу, наприклад сховищ виробів з ТРП, економічна оцінка i -го виду аварії

$$\dot{I}_i = [1 - (1 - p_i)^k] M(U_i), \quad (7)$$

де k - кількість об'єктів одного типу.

Загальна оцінка аварійної небезпеки ОУП може бути визначена як

$$\bar{I} = \sum_{i=1}^n I_i, \quad (8)$$

де n - кількість основних видів аварій.

У зв'язку з тим, що такі явища, як пожежа та вибух, окрім небезпечного впливу на людину, знищують або ушкоджують матеріальні цінності, очікувані економічні збитки складаються з прямих збитків, нанесених ОУП, навколишнім будівлям, спорудам, навколишньому середовищу, витрат на ремонт і відновлення об'єктів та матеріального збитку, пов'язаного із загибеллю людей і їх травмуванням.

Зазвичай економічна оцінка небезпеки аварії на техногенному об'єкті і ймовірність її виникнення розраховуються на базі існуючої статистичної і відомчої звітності. У випадку утилізації РДТП, враховуючи обмежене число об'єктів схожого призначення в світі, а також відмінності в технології і регіональному розміщенні, такий підхід до їх визначення неможливий. Тому при оцінці аварійної небезпеки ОУП необхідне вивчення особливостей проведення процесу зберігання і утилізації, а також можливих наслідків аварії і пов'язаних з нею очікуваних економічних збитків. Для визначення вірогідності виникнення аварій на ОУП необхідний аналіз процесу утилізації ТРП, як складної багатофункціональної системи.

Нормальне функціонування ОУП як системи визначається взаємодією персоналу, устаткування і середовища, які відповідно характеризуються працездатністю, справністю та станом. Залежно від підтримки на належному рівні вказаних параметрів спостерігатиметься нормальна робота ОУП або виникає аварія. Для визначення вірогідності виникнення аварій на ОУП розглянуто шляхи, що призводять до виникнення небезпечних ситуацій, які представлено у вигляді схеми послідовностей подій і станів. Розроблена імовірнісна модель, виникнення аварії типу «Вибух» на ОУП, що дозволяє прогнозувати поведінку об'єкту на підставі результатів обстеження стану устаткування і обслуговуючого персоналу та аналізу стану довкілля і дозволяє розрахувати вірогідність настання аварії. Враховуючи унікальність ОУП і відсутність статистичних даних щодо більшості чинників, що підлягають аналізу, для визначення основних параметрів, які характеризують роботу ОУП, запропоновано використовувати метод експертних оцінок.

У четвертому розділі виконано наукове обґрунтування вибраного екологічно безпечного методу утилізації РДТП.

При технологічних операціях, пов'язаних з транспортуванням, вилученням палива із СКД, транспортуванням, зберіганням і переробкою вилучених продуктів унаслідок дії теплової, механічної, електричної, променистої або хімічної енергії, ТРП, залежно від його складу і умов, може зазнавати вибухове хімічне перетворення або протистояти йому.

З метою запобігання аварійним ситуаціям, пов'язаним з вибухом або горінням СКД з ТРП, необхідно визначити весь комплекс можливих зовнішніх дій на паливо в процесі його утилізації і обґрунтувати параметри безпечної

енергетичної дії на ТРП і продукти його переробки при всіх технологічних операціях. Для цього необхідно проведення досліджень зразків палива кожної ступені РДТП і продуктів його переробки для визначення чутливості до удару, тертя, електростатичного розряду, механічної обробки, детонаційного імпульсу і передачі детонаційного імпульсу, а також термічної стійкості, теплоти вибуху і тротилового еквівалента, можливості переходу горіння в детонацію, швидкості горіння і розповсюдження полум'я, фізико-механічних властивостей, хімічної стійкості в реакційних середовищах і стабілізуючих розчинах, хімічної стійкості компонентів палива у складі ВР, зміни властивостей при низьких температурах. Основним методом визначення характеристик ВР є експериментальний з використанням єдиних уніфікованих методик досліджень, що дозволяє зіставляти результати і узагальнювати їх на аналогічні умови. Для досліджень властивостей ТРП та продуктів його переробки використовувалось атестоване обладнання, установки, прилади і апаратура, яке використовується для визначення характеристик ВР.

Ліквідація РДТП методом гідродинамічного вимивання тривалий час здійснюється в США. Проте в США вилучення ТРП з виробів здійснюється безпосередньо після закінчення гарантійного терміну їх експлуатації, в той час як РДТП РС-22 тривалий час зберігаються після закінчення гарантійного терміну їх експлуатації, в тому числі у нерегламентованих кліматичних умовах за температурою і вологістю (до надходження на зберігання в ДП «НВО «ПХЗ»).

При тривалому зберіганні ТРП піддається повільному розпаду, що може суттєво змінювати його характеристики. Уже до моменту надходження РДТП до ДП «НВО «ПХЗ» у результаті тривалого перебування виробів в нерегламентованих умовах відбулося істотне погіршення показників міцності і еластичності ТРП (у 2-2,5 рази), порушення суцільності зарядів ТРП, виникли дефекти (відшаровування, тріщини) в зарядах, що може призвести до непередбачуваних наслідків при утилізації РДТП і виникненню аварійних ситуацій. Для виключення таких ситуацій необхідне здійснення постійного контролю властивостей і характеристик палива в процесі тривалого зберігання, а також здійснення прогнозу їх змін на весь майбутній період зберігання РДТП та утилізації.

Дослідження характеристик ТРП при надходженні РДТП на зберігання показали, що його фізико-механічні та детонаційні властивості, температурна стійкість, чутливість до механічних дій та електростатичних розрядів істотно відрізнялися від нормованих виробником. Найбільш суттєві зміни характерні для фізико-механічних властивостей та чутливості до механічних дій. Причому для більшості СКД одного і того ж ступеня ці показники мали близькі значення, проте у деяких із них вони істотно відрізнялися від типових показників (табл. 2). Так чутливість до удару палива деяких СКД 1-ї та 2-ї ступені в три рази вище ніж її середні значення, що свідчить про протікання в ньому значних деструктивних процесів.

Таблиця 2

Чутливість ТРП до механічних дій при надходженні СКД на зберігання

Зразок	Чутливість до удару, Дж	Чутливість до тертя, Н
--------	-------------------------	------------------------

палива	середня	діапазон зміни	середня	діапазон зміни
1-ї ступені	12,5	3,5-17,5	72	48-96
2-ї ступені	8,5	3,0-9,7	60	56-84
3-ї ступені	1,5	1,2 – 2,0	24	14-28
Гексоген	5,0	-	120	-

Згідно урядових програм роботи з ліквідації СКД від МБР РС-22 повинні були початися з 2002 року і закінчитися до 2005 року. У зв'язку з затримкою робіт вперше в світовій практиці, виникла ситуація коли виробы з ТРП зберігаються такий тривалий період після гарантійного терміну зберігання. Для обґрунтування методу утилізації, вибору параметрів технологічних процесів та унеможливлення виникнення аварійних ситуацій при зберіганні СКД та утилізації, здатних привести до катастрофічних наслідків для навколишнього середовища, виникла необхідність здійснення постійного спостереження за зміною властивостей і характеристик палива в процесі тривалого наднормативного зберігання, а також здійснення прогнозу їх змін на майбутній період зберігання РДТТ і утилізації.

Дослідження властивостей ТРП в процесі його тривалого зберігання проводилися для палива всіх видів СКР МБР РС-22. Об'єктами контролю були вибрані СКД з типовими параметрами ТРП, а також СКД, що характеризуються істотними відхиленнями властивостей і характеристик ТРП від типових показників.

Дослідження показали, що вибухові характеристики ТРП, чутливість до удару, тертя, електростатичних розрядів та термічна стійкість палива при зберіганні СКД в регламентованих за температурою і вологістю умовах, змінюються несуттєво і неоднозначно.

На рис. 1 наведено результати спостережень чутливості ТРП до удару та тертя для трьох СКД з типовими параметрами ТРП. Як видно ця чутливість змінюється неоднозначно, але суттєвого її зростання для палива всіх СКД не спостерігається. В той же час фізико-механічні характеристики палива при зберіганні продовжують погіршуватися і виходять за рівні, передбачені вимогами технічних умов. Характерні їх зміни для СКД з типовими параметрами ТРП наведені в табл. 3.

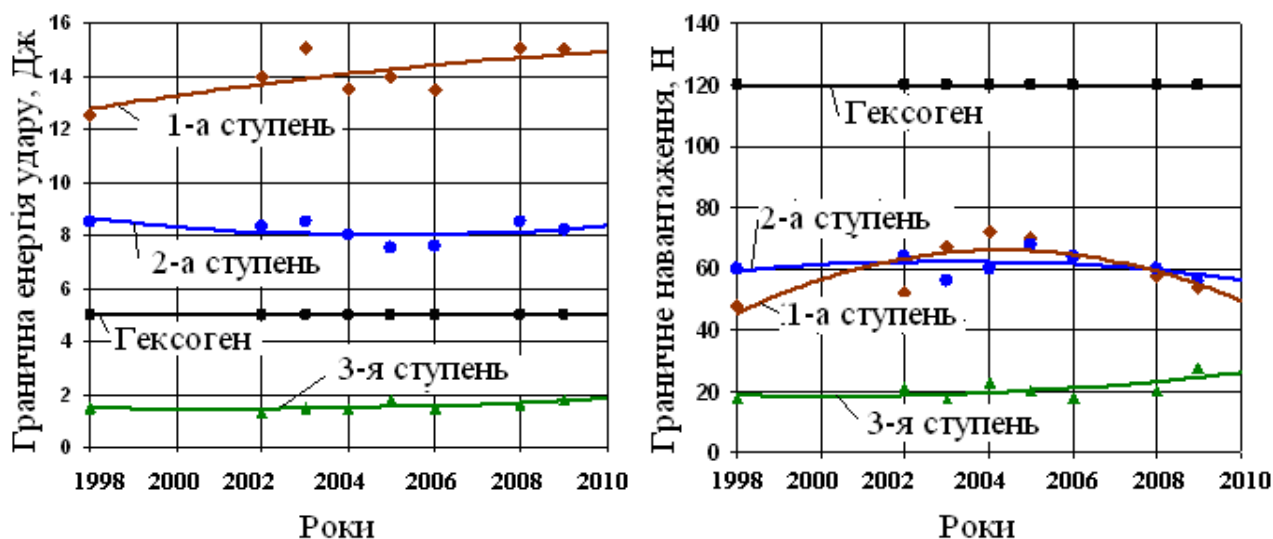


Рис. 1. Зміна чутливості ТРП до удару та тертя за час зберігання.

Таблиця 3

Фізико-механічні характеристики ТРП СКД 2-ї ступені (№45-03)

Рік проведення досліджень	Характеристики ТРП при розтягуванні		
	модуль пружності при 10% деформації, Н/см ²	міцність, Н/см ²	відносна деформація при руйнуванні, %
1988*	128	39,0	41,2
2003	100	22,3	32,2
2004	96	21,7	31,2
2005	91	20,5	30,4
2006	85	19,8	29,4
2009	81	15,5	23,3

* - рік виготовлення СКД

Виконані дослідження зміни вибухових характеристик ТРП та його фізико-механічних властивостей в процесі зберігання РДТП дозволили доказати справедливості другого наукового положення.

Відомо, що будь-які повільні якісні зміни в природі зрештою призводять до стрибкоподібних кількісних змін. Тому проста інтерполяція результатів спостережень за зміною параметрів і властивостей ТРП для їх прогнозування на майбутній період в даному випадку неприйнятна. В той же час подальше значне зниження міцності та пружності ТРП може призвести до руйнування зарядів ТРП в СКД, що унеможливує їх транспортування та значно ускладнює процес утилізації.

Враховуючи те, що зміни фізико-механічних характеристик ТРП насамперед пов'язані з поступовим розкладанням полімерної матриці, а інтенсивність процесів розкладання істотно збільшується за високих температур для прогнозування властивостей і параметрів ТРП був запропонований спосіб прискорених випробувань матеріалів і виробів на старіння

(патент №79631). Суть способу полягає в проведенні теплового «старіння» випробовуваних матеріалів, тобто їх витримки протягом певного проміжку часу при підвищеній температурі. У основу прискорених випробувань тепловим старінням зразків закладений принцип збільшення швидкості фізико-хімічних процесів, що протікають в зразках при підвищеній температурі. Тривалість теплового старіння τ_{cm} в днях складає

$$\tau_{cm} = 365,25 \cdot \tau_{зб} \cdot \exp\left[-\frac{E \cdot (T_{cm} - T_{зб})}{R \cdot T_{cm} \cdot T_{зб}}\right], \quad (9)$$

де $\tau_{зб}$ - тривалість додаткового терміну зберігання, роки; E – енергія активації процесу теплового старіння, Дж/моль; R – універсальна газова постійна, Дж/моль·град; T_{cm} , $T_{зб}$ - температура теплового старіння та зберігання, К;

Спосіб прискорених випробувань був апробований на паливі окремих СКД в 2002 році. Після закінчення визначеного терміну зберігання були вилучені і досліджені зразки ТРП з вибраних СКД. Результати, отримані шляхом прискорених випробувань, досить добре узгоджуються з результатами дослідження параметрів і властивостей ТРП після їх зберігання, що дозволило використовувати цей спосіб для прогнозування змін властивостей і параметрів ТРП на майбутній період та підтвердити справедливність третього наукового положення.

У зв'язку з необхідністю подальшого зберігання СКД в 2009 році був проведений комплекс лабораторно-експериментальних досліджень характеристик ТРП СКД всіх ступенів. При дослідженнях спочатку проводилися дослідження вилученого з СКД ТРП, а потім здійснювалося штучне старіння палива і визначалися характеристики палива після старіння. Враховуючи те, що фізико-механічні характеристики палива ряду СКД є близькими до критичних і подальше їх значна зміна може призвести до руйнування зарядів і стрибкоподібної зміни параметрів ТРП, при проведенні випробувань моделювалося штучне старіння палива на три роки.

Результати досліджень показали, що терміни безпечного зберігання і подальших робіт із СКД 1-ї та 2-ї ступені без загрози для екосистеми в районі розташування сховищ і об'єкту утилізації ТРП можуть бути продовжені до 2012 року і більше за умов дотримання регламентованих умов за температурою і вологістю в сховищах для СКД. У зв'язку з істотною зміною фізико-механічних характеристик ТРП ряду СКД 3-ї ступені, необхідно провести їх вибірку для утилізації починаючи з 2010 року.

Утилізація ТРП повинна проводитися технічно і екологічно безпечними методами, з урахуванням економічної доцільності. ТРП усіх СКД має в своєму складі перхлорат амонію та бризантні ВР (октоген чи гексоген). Наявність перхлоратів у промислових ВВ різного призначення, призводить до утворення хлористого водню і поліхлорірованих діоксинів. Тому використання вилученого з СКД ТРП в якості добавки до промислових ВР може бути тільки після вилучення з його складу перхлората амонію.

Враховуючи викладене, для визначення технології вилучення і переробки ТРП, розроблені критерії оцінки екологічної і технічної безпеки. За-

пропонований алгоритм вибору технології вилучення і переробки ТРП, який дозволяє диференціювати ТРП і продукти його переробки на всіх етапах утилізації за рівнем екологічної і технічної безпеки з визначенням класу і підкласу небезпеки, а також контролювати фізико-хімічну стабільність і токсичність продуктів переробки. (рис. 2)

Прийнята з урахуванням екологічних вимог технологія утилізації РДТП, включає: контроль стану ТРП і відбір СКД на утилізацію; транспортування СКД з сховищ до ОУП, гідромеханічне вилучення ТРП із СКД; подрібнення та стабілізацію вилученого ТРП; глибоку переробку ТРП з метою вилучення водорозчинних окислювачів і бризантних ВВ; використання компонентів ТРП, що залишилися після вилучення з нього водорозчинних окислювачів і бризантних ВВ, як високоенергетичного наповнювача емульсійних ВВ; вторинну переробку вилучених з ТРП продуктів для використання в новій ракетній техніці та при виготовленні нових ВР і засобів підривання.

П'ятий розділ присвячено розробці екологічно безпечної технології та обґрунтуванню безпечних режимів основних процесів утилізації РДТП.

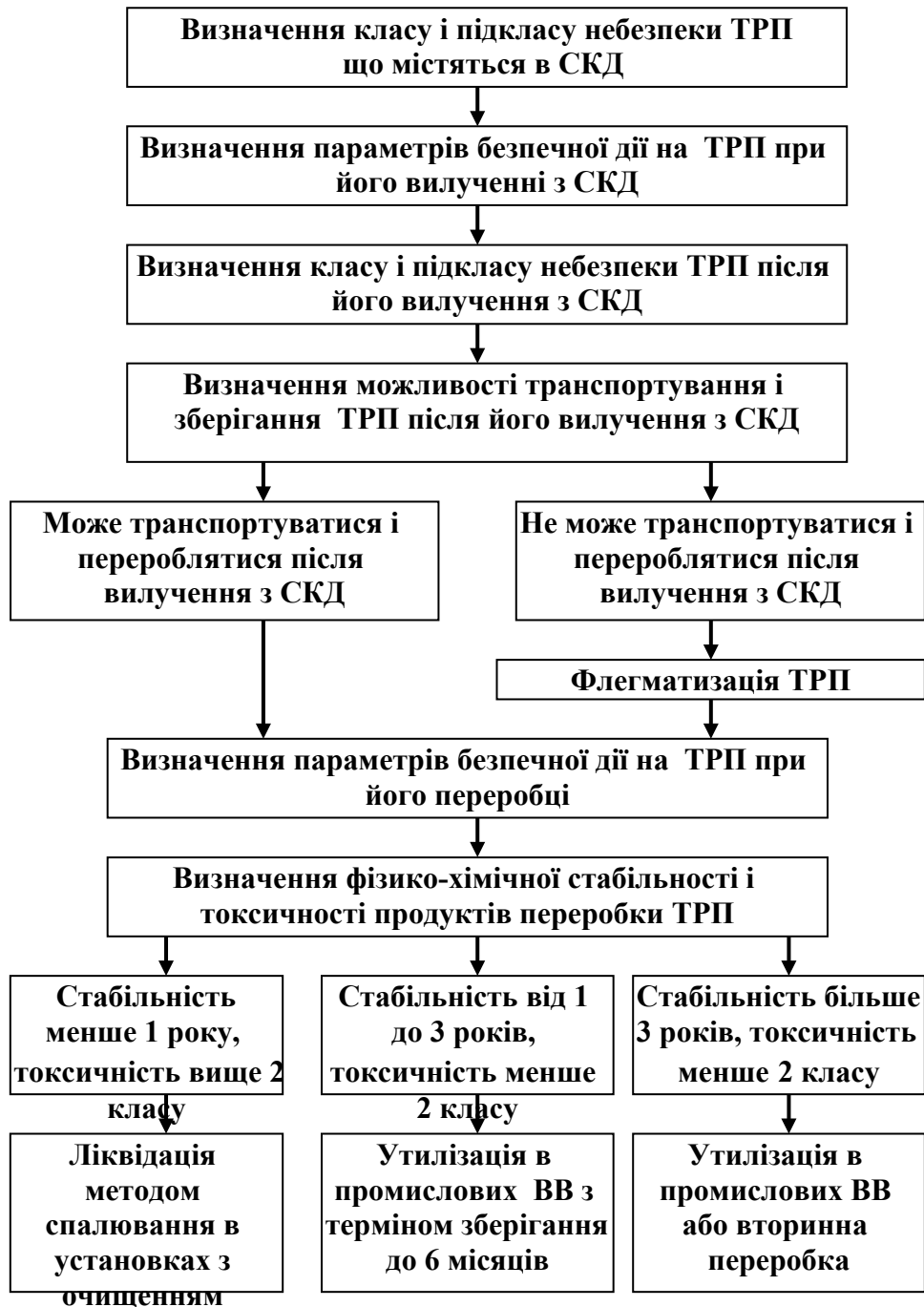


Рис. 2. Алгоритм вибору технології вилучення і переробки ТРП.

При гідромеханічному вилученні ТРП із СКД робочі параметри струменя повинні забезпечувати фізичне руйнування структури ТРП без ініціації процесів їх екзотермічного розкладання (займання, вибуху). Визначення параметрів безпечної дії на поверхню ТРП проводилося на експериментальній установці, що моделює імпульсний високошвидкісний водяний струмінь. Схема експериментальної установки представлена на рис. 3.

Високошвидкісний водяний струмінь формувався шляхом виштовхування води, об'ємом 5 мл, під дією порохових газів через соплову насадку. Реєстрація швидкості струменя здійснювалася швидкісною відеокамерою. В ході експериментів оцінювався вплив швидкості струменя на ініціацію займання або вибуху зразків ТРП, а також контролювався характер їх руйнування.

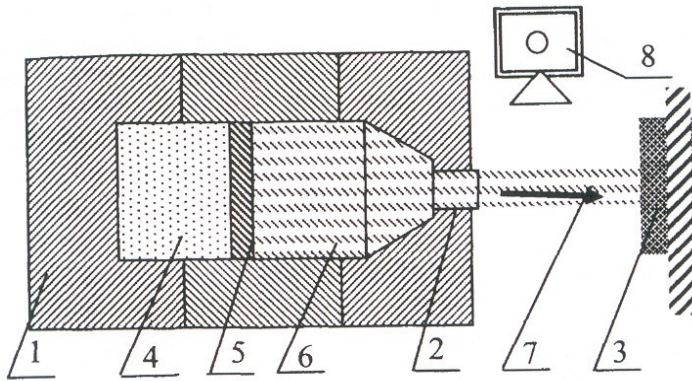


Рис. 3. Схема експериментальної установки: 1 - корпус, 2 - соплова насадка, 3 - зразок, 4 - порох (порохові гази), 5 - поршень, 6 - вода, 7 - водяний струмінь, 8 - відеокамера.

При виконанні експериментів визначено, що водяний струмінь, який має швидкість до 2,0 км/с, при дії на поверхню зразків ТРП не призводить до ініціації їх займання або детонації. Розрахунковий рівень тиску, що створюється високошвидкісним струменем води, складає при цьому 1500-2000 МПа. Критична швидкість водяного струменя, що призводить до вибухової ініціації зразків найбільш чутливого ТРП 3-го ступеня, складає більше 3,5 км/с. Випадків займання зразків палива від інших СКД не спостерігалось.

Для встановлення параметрів процесу вилучення та властивостей вилучених продуктів проведені дослідження характеристик ТРП в умовах, що моделюють гідровимивання палива. Визначено, що для формування відокремлюваних шматків і сегментів ТРП достатньо струменя робочої рідини з тиском в діапазоні від 30,0 до 60,0 МПа залежно від міцності ТРП. Такий тиск забезпечує більш ніж 30 кратний запас безпеки щодо критичного тиску. У вказаному діапазоні тиску струменя робочої рідини, визначена продуктивність процесу гідровимивання від 100 до 500 кг/год. залежно від фізико-механічних властивостей ТРП (рис. 4).

Продуктивність, кг/год.

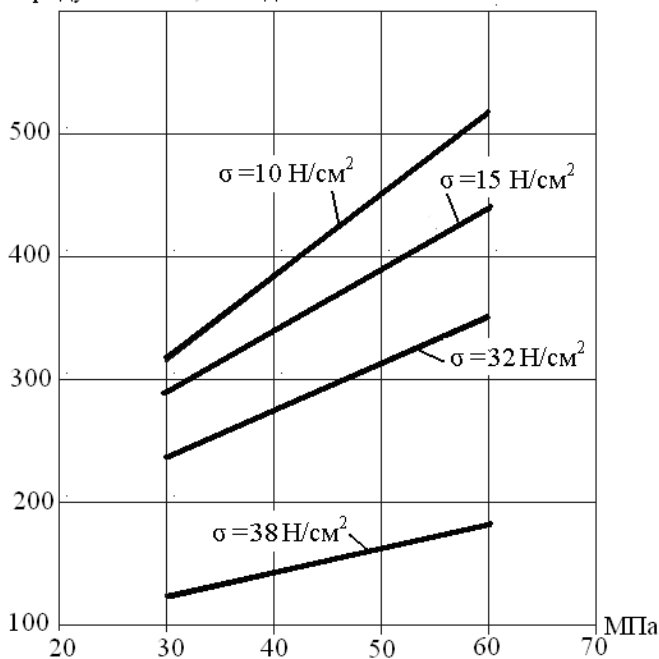


Рис. 4. Продуктивність при гідровимиванні ТРП різної міцності.

Для встановлення параметрів і властивостей вилучених продуктів проведені дослідження їх характеристик в умовах, що моделюють гідровимивання.

Аналізу піддавалися зразки ТРП, зволожені питною і технічною водою. В результаті було встановлено, що чутливість до удару та тертя зразків ТРП після зволоження порівняно з початковими зразками палива як правило знижується. Проте для всіх зволжених зразків ТРП чутливість до тертя залишається вищою за критерійний параметр в 80 Н. Відповідно вилучене паливо не може бути допущено до транспортування і переміщення в подрібненому вигляді без флегматизуючих розчинів.

З метою недопущення можливості утворення перенасичених сольових розчинів в системі оборотного водопостачання і виділення з них кристалічних продуктів, здатних призвести до виникнення аварійних ситуацій в процесі гідровимивання палива, досліджено процес насичення рідини водорозчинними окислювачами при багаторазовому циклуванні та встановлені граничні умови, за яких не утворюються насичені розчини.

З врахуванням результатів виконаних досліджень розроблена схема технологічного процесу вилучення ТРП із СКД методом гідровимивання, виконано проектування та виготовлення обладнання. Гідровимивання ТРП було запропоновано здійснювати із СКД, який розміщується під кутом до 60 градусів, що забезпечує виведення вилучених продуктів з робочої зони гідромонітора (рис. 5).



Рис. 5. Устаткування для гідромеханічного вимивання ТРП з корпусів ракетних двигунів:
1 - корпус двигуна; 2 – гідропідіймник; 3 - штанга гідромонітора; 4 - конвеєр.

Досліджені властивості подрібненого і зволоженого в процесі гідровимивання палива. Встановлено, що чутливість до механічних дій та електростатичних розрядів дрібної фракції ТРП і зовнішнього шару крупних шматків ТРП, істотно нижче ніж чутливість початкового сухого ТРП. В той же час чутливість до цих збурень внутрішніх шарів крупних шматків ТРП, зберігається близькою до чутливості сухого палива, що обумовлює необхідність транспортування вилученого ТРП на дільницю механічного подрібнення в стабілізуючих розчинах.

В процесі гідровимивання помітні газовиділення зафіксовані тільки на зразках палива СКД 2-ї та 3-ї ступені, відібраних з крупної фракції, при температурах 60°C та 80°C. У решті випадків газовиділення не зафіксовані.

Для подальшої глибокої переробки вилученого з СКД палива і використання як напівфабрикату для виробництва емульсійних ВР його необхідно подрібнити та застабілізувати. Подрібнення в середовищі стабілізуючих розчинів

дозволяє отримувати стабілізоване паливо менш чутливе до удару і тертя. Одночасно процес подрібнення дозволяє перевести певну частину водорозчинних компонентів з палива в робоче середовище.

З урахуванням властивостей вилученого з СКД ТРП розроблена схема технологічного процесу подрібнення і стабілізації палива і вибрані параметри роботи устаткування, що забезпечують безпеку процесу і мінімізацію шкідливої дії об'єкту подрібнення на навколишнє середовище. Як робоча рідина для подрібнення ТРП використовувалася вода, отримана після гідромеханічного вилучення палива.

Відомі запатентовані технології утилізації ТРП не передбачають вилучення з ТРП окислювачів і високоенергетичних компонентів. Тому для вилучення і повторного використання водорозчинних окислювачів і октогену необхідно розробити технологію глибокої переробки ТРП, яка повинна забезпечувати максимально повне вилучення указаних компонентів палива при низьких витратах і високому рівні екологічної і техногенної безпеки процесу вилучення.

Для вилучення водорозчинних окислювачів використаний метод дії на подрібнене ТРП водних середовищ при підвищених температурах (60-80°C) при інтенсивному перемішуванні з подальшим вилученням водорозчинних компонентів. Для збільшення глибини вилучення і збільшення концентрації водорозчинних окислювачів в робочих рідинах передбачається багатократне їх циклування. Обґрунтовані режими вилучення, що не допускають насичення рідин і утворення кристалів окислювача.

Для здешевлення процесу вилучення водорозчинних компонентів з рідини рекомендовано комбінований метод. На першому етапі для концентрації водного розчину використовується метод упарювання. На другому етапі передбачається вилучення окислювачів з отриманої суспензії методом кристалізації при понижених температурах. Для розділення суміші окислювачів (перхлорату амонію та динітроаміду амонію) запропоновано метод конверсії в калієві похідні, що дозволяє отримати стабільні і малочутливі окислювачі композиційних матеріалів.

З урахуванням властивостей ТРП після подрібнення і стабілізації, розроблена схема технологічного процесу вилучення водорозчинних окислювачів і виконаний підбір і розробка технологічного устаткування, при цьому використані конструкції, в яких відсутні елементи і деталі механічної дії (удар, тертя).

Проведені дослідження ТРП після вилучення з нього водорозчинних окислювачів показали високу чутливість отриманих продуктів до зовнішніх збурень, тому їх транспортування і зберігання повинні здійснюватися відповідно до правил, прийнятих для безпечного транспортування і зберігання ВР.

Досліджені різні способи виділення октогена з ТРП після вилучення водорозчинних окислювачів і запропоновані технологічні схеми із застосуванням азотної кислоти та діметилсульфоксида. Аналіз технологій вилучення октогена, показав, що при зіставних техніко-економічних показниках процесів при вилученні октогена з ТРП із застосуванням азотної кислоти істотно зростає вірогідність виникнення аварій і аварійних ситуацій, унаслідок застосування агресивних рідин, а крім того в процесі деструкції компонентів палива відбу-

вається виділення токсичного діоксиду азоту. Враховуючи це, з метою запобігання забрудненню довкілля токсичними газами і проміжними токсичними продуктами при виникненні аварій, був вибраний метод із застосуванням діметилсульфоксида та розроблена схема технологічного процесу вилучення октогену. Дослідження властивостей ТРП після вилучення з нього водорозчинних окислювачів і октогену показали, що полімерна крихта з алюмінієм не є вибухонебезпечною. Вона придатна для транспортування і тимчасового зберігання до подальшого її застосування при температурах не вище 40°C для забезпечення стабільності системи.

У шостому розділі приведені результати дослідження впливу об'єкта утилізації РДТП на довкілля. При цьому виконано аналіз основних технологічних процесів, у тому числі транспортування СКД зі сховищ, вимивання ТРП та його подрібнення, вилучення водорозчинних окислювачів та октогену, а також сукупності прийнятих технологічних, планувальних та організаційно-технічних заходів, спрямованих на зниження шкідливого впливу процесів утилізації на довкілля.

Для мінімізації впливу ОУП на довкілля передбачені наступні технологічні рішення: застосування сучасного технологічного устаткування, що відповідає світовим стандартам; застосування апаратури, що забезпечує створення замкнутого водооборотного циклу; застосування локального очищення стічних вод; влаштування піддонів під ємкісним устаткуванням для збору витоків; утилізація твердих виробничих відходів методом спалювання з подальшим двоступеневим очищенням продуктів згорання; виключення витоків в інженерних комунікаціях; оснащення устаткування контрольно-вимірювальними приладами і запобіжними пристроями; виключення утворення і виділення в атмосферу забруднюючих речовин.

На всіх об'єктах утилізації ТРП передбачається система організаційно-технічних заходів, яка направлена на створення безпечних умов проведення технологічного процесу і запобігання аваріям, обмеження їх масштабів і наслідків, таких як: постійне спостереження і періодичний контроль за станом устаткування в процесі його експлуатації; оснащення об'єкту системою захисту від прямих ударів блискавок, вторинних її проявів і занесення високого потенціалу; застосування устаткування, при експлуатації якого не утворюються джерела запалення; використання технологічних процесів і устаткування, що задовольняють вимогам електростатичної безпеки; суворе дотримання технологічної дисципліни та вимог безпеки; розробка системи протиаварійних заходів та попередження надзвичайних ситуацій; дистанційне керування технологічним процесом; виконання вимог чинних санітарних, екологічних і будівельних норм, правил і стандартів.

Виконані розрахунки та результати постійного моніторингу території зон впливу ОУП, який виконується екологічною службою підприємства, показали, що заходи, передбачені при будівництві всіх об'єктів утилізації ТРП, дозволять забезпечити нормативний стан навколишнього середовища в районі їх розміщення, а прийнятий технологічний процес і устаткування дозволять практично виключити шкідливу дію ОУП на довкілля.

Величина екологічного ризику ОУП визначалась як

$$R(\lambda) = 1 - \exp(-\lambda T), \quad (11)$$

де λ - сумарна інтенсивність екологічних відмов; T - термін експлуатації об'єкту.

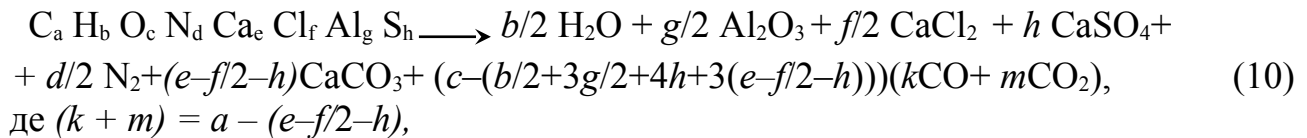
Розраховані значення екологічного ризику виникнення локальної пожежі в корпусі складають $R(\lambda) = 0,0084$, а ризику виникнення особливих умов експлуатації внаслідок помилки персоналу $R(\lambda) = 0,00044$.

У цьому розділі викладені результати дослідження впливу емульсійних ВР з продуктами переробки ТРП на довкілля при проведенні вибухових робіт.

Досліджено вплив на енергетичні характеристики і токсичність продуктів вибуху емульсійних ВР при використанні в якості високоенергетичних добавок ТРП всіх ступенів і продуктів їх глибокої переробки.

Дослідження показали, що із збільшенням вмісту ТРП та продуктів його глибокої переробки в рецептурі емульсійних ВР зростає енергія вибуху і зменшується кисневий баланс. Одночасно з цим знижується вміст оксидів азоту у викидах. Що стосується оксиду вуглецю, то помітне зростання його концентрації спостерігається при вмісті ТРП в ВР 10% і більше (рис. 6).

Згідно зі схемою протікання процесів при вибуховому перетворенні



виконані термодинамічні розрахунки емульсійних ВР з продуктами переробки ТРП, які показали відсутність в продуктах хімічного і вибухового перетворення цих ВР не тільки фуранових, хлорорганічних і діоксинових речовин, але і простих хлорвуглеводнів або їх фрагментів, які можуть бути джерелом утворення вказаних речовин.

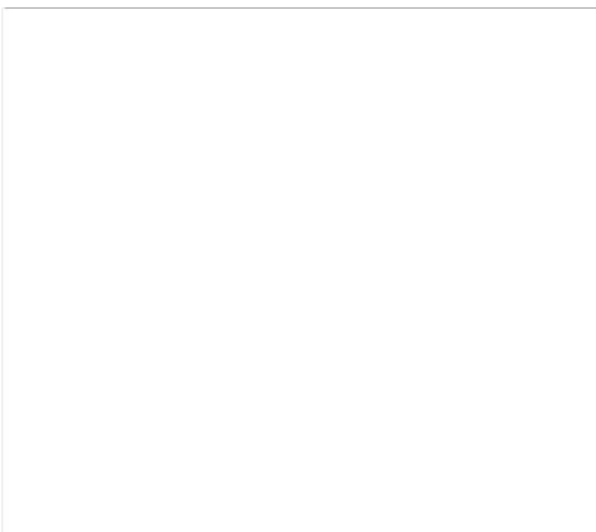


Рис. 6. Залежність викидів токсичних газів від вмісту ТРП 1-ї ступені в ЕВР:

■ - оксиду вуглецю; ◆ - оксидів азоту

Встановлений найбільш раціональний діапазон вмісту продуктів глибокої переробки ТРП в ЕВР, що забезпечує високі енергетичні характеристики при мінімальному впливі на довкілля продуктів вибуху. Поведені виробничі випробування ЕВР марки «ЕРА» з продуктами переробки ТРП і отримані результати екологічного моніторингу. Узагальнені дані стосовно впливу вибухових робіт на повітряне середовище наведено в табл. 4. Підвищення концентрації шкідливих речовин в ґрунті і у воді в період випробування не виявлено.

Таблиця 4

Концентрація речовин в повітряному середовищі в період з 2007 по 2009 рр.

Речовина	Вимоги		Концентрація речовини, $C_{пр}$, мг/м ³		
	ГДК _{мр} , мг/м ³	по фону в СЗЗ, мг/м ³	до вибуху	після вибуху	
				через 2-3 с	через 30 хв.
СО	5,0	2,0	відсут.	1,1-2,2	відсут.
NO _x	0,085	0,034	0,02-0,028	0,024-0,042	0,02-0,025
НСІ	0,2	0,08	відсут.	відсут.	відсут.
Хлорбензол	0,1	0,04	відсут.	відсут.	відсут.
Пил (алюмосилікати)	2,0-4,0	0,8-1,6	0,2-0,8	500-900	< 2,0

За результатами проведених випробувань та екологічного контролю були визначені оптимальні параметри технологічного процесу виготовлення ЕВР марки «ЕРА» з продуктами глибокої переробки ТРП, що забезпечили безпеку виконання технологічних операцій і дозволили виключити негативний вплив на довкілля даного типу ВР, тим самим було підтверджено справедливність четвертого наукового положення.

Результати досліджень використані на ДП «НВО «Павлоградський хімічний завод» при розробці технологічних схем та обладнання об'єктів вилучення, подрібнення та глибокої переробки ТРП, на яких нині здійснюється екологічно безпечна утилізація РДТП МБР РС-22 та промислове виробництво з використанням продуктів глибокої переробки ТРП різних модифікацій емульсійних ВР марки «ЕРА» й неелектричної системи ініціювання зарядів вибухових речовин «Пріма-ЕРА».

ВИСНОВКИ

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, в якій вирішена важлива наукова проблема розробки та обґрунтування екологічно безпечного методу та технології утилізації, знятих з озброєння міжконтинентальних балістичних ракет з двигунами твердого палива, на основі встановлених закономірностей зміни вибухових та фізико-хімічних властивостей твердого ракетного палива при наднормативних термінах його зберігання, закономірностей зміни цих властивостей при подальшому зберіганні палива та в процесі його переробки, закономірностей впливу палива та продуктів його переробки на енергетичні характеристики та токсичність продуктів вибуху емульсійних ВР, що забезпечило виконання вимог нормативно-правових актів з екологічної безпеки в місцях розміщення об'єкту утилізації та використанні продуктів утилізації.

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

1. Виконано аналіз існуючих методів утилізації РДТП і стану досліджень щодо забезпечення екологічної безпеки робіт при утилізації непридатних для подальшого використання чи знятих з озброєння виробів з ВР. Проведено оцінку економічної доцільності та екологічних наслідків використання різних методів утилізації РДТП МБР РС-22 на території України. Встановлено, що ліквідація СКД методами відкритого спалювання і підривання призводить до істотного наднормативного забруднення атмосферного повітря над територією,

віддаленою від об'єкту ліквідації палива на відстані 50-100 км з урахуванням рози вітрів та забруднення ґрунту продуктами згорання і для умов України є неприйнятною.

2. Виконано аналіз екологічної ситуації в районі передбачуваного розташування об'єкту утилізації РДТП на території ДП НВО «ПХЗ». Показано, що при оцінці впливу ОУП на довкілля його не можна розглядати ізольовано від наявних в регіоні інших техногенних об'єктів, поточного значення показників, що характеризують якість навколишнього середовища і перспектив їх зміни, тому, враховуючи високу насиченість району техногенними об'єктами і порівняно невеликий період часу існування ОУП, для оцінки його впливу на екологічну ситуацію в регіоні необхідне проведення всебічного факторного аналізу, з врахуванням різноманітності чинників, їх рівня і особливостей взаємодії.

3. Розроблено методику визначення рівня сукупного впливу на довкілля шкідливих чинників техногенних об'єктів, що характеризуються односпрямованою, антагоністичною і адитивною дією, та обґрунтовано використання методу групового обліку аргументів при оцінці поточного впливу ОУП на навколишнє середовище, що дозволяє підвищити достовірність оцінки за наявності значної кількості техногенних об'єктів в районі знаходження ОУП та обмеженому числі спостережень.

4. Запропоновано методику оцінки аварійної небезпеки ОУП, яка враховує очікувані економічні збитки при виникненні аварій і імовірнісну природу їх виникнення, та імовірнісну модель виникнення аварії типу «Вибух» на ОУП, що дозволяє прогнозувати поведінку об'єкту на підставі результатів обстеження стану устаткування, обслуговуючого персоналу та навколишнього середовища. Враховуючи унікальність ОУП і відсутність статистичних даних щодо більшості чинників, які підлягають аналізу, для визначення основних параметрів, що характеризують роботу ОУП, запропоновано використовувати метод експертних оцінок.

5. Виконано дослідження властивостей і складу ТРП різних типів після тривалого наднормативного зберігання СКД, а також прискорені кліматичні випробування ТРП, які дозволяють прогнозувати вказані властивості на найближчий період. Показано, що термін безпечного зберігання, транспортування і подальших робіт із СКД 1-ї та 2-ї ступені може бути продовжений до кінця 2012 року за умови дотримання температури і вологості в сховищах відповідно до вимог технічних умов на вироби при зберіганні. Встановлена черговість утилізації СКД.

6. Науково обґрунтовано екологічно безпечний метод утилізації ТРП від МБР РС-22 для умов України заснований на гідромеханічному вилученні ТРП з корпусів двигунів і подальшому використанні палива для виготовлення промислових ВР та запропоновано технологічну схему утилізації ТРП, яка включає: контроль стану ТРП і відбір СКД на утилізацію; гідромеханічне вилучення ТРП із СКД; стабілізацію вилученого ТРП і його подальшу глибоку переробку з метою вилучення водорозчинних окислювачів і бризантних ВР; використання компонентів ТРП, що залишилися, як високоенергетичного наповнювача ему-

льсійних ВР: вторинну переробку продуктів вилучених з ТРП для використання в новій ракетній техніці і при виготовленні нових ВР та засобів підривання.

7. Розроблено технологічну схему і обґрунтовані режими процесу вилучення ТРП із СКД, за яких забезпечується безаварійна робота обладнання та мінімізується шкідливий вплив ОУП на довкілля, у тому числі за параметрами та режимами роботи устаткування та складом і параметрами рідини, що використовується для гідровимивання ТРП, які становлять: верхня гранична безпечна межа тиску рідини становить 2257,8 МПа; робочий тиск рідини – від 30,0 до 60,0 МПа; продуктивність в залежності від виду ТРП – від 100 до 500 кг/год.; кут нахилу СКД при вимиванні ТРП – 60 градусів.

8. Проведено дослідження властивостей подрібненого і зволоженого в процесі гідровимивання палива, а також властивостей робочої рідини і інтенсивності газовиділення в процесі вимивання ТРП. Встановлено, що чутливість до зовнішніх збурень дрібної фракції і поверхневого шару крупних шматків ТРП, істотно нижче від початкової чутливості сухого палива, в той же час чутливість внутрішніх шарів крупних шматків ТРП, зберігається близькою до чутливості сухого палива. Помітні газовиділення зафіксовані тільки на зразках наповнювача СКД II і III ступені, відібраних з крупної фракції, при температурах 60°C і 80°C. З урахуванням досліджень розроблені схеми технологічних процесів подрібнення і стабілізації палива та обґрунтовані параметри роботи устаткування, що забезпечують мінімізацію шкідливої дії вказаних процесів на навколишнє середовище.

9. Розроблено схеми технологічних процесів глибокої переробки палива, що забезпечують вилучення з ТРП водорозчинних окислювачів і октогену. Обґрунтовані режими вилучення і вибрані параметри роботи устаткування, що забезпечують безпеку процесу і мінімізацію шкідливої дії об'єктів глибокої переробки на навколишнє середовище. Проведено дослідження властивостей продуктів глибокої переробки ТРП. Показано, що отримана в результаті глибокої переробки ТРП полімерна композитна крихта з алюмінієм не здатна до вибухового перетворення і придатна для використання як високоенергетичний наповнювач емульсійних ВВ, зокрема при механізованому способі заряджання свердловин за допомогою зарядних машин.

10. Проведено екологічну оцінку впливу об'єктів утилізації ТРП на довкілля. Показано, що заходи, передбачені при будівництві всіх об'єктів утилізації ТРП, та запропоновані технологічні рішення дозволять забезпечити нормативний стан довкілля в районі їх розміщення. Ймовірність виникнення аварії на ОУП, здатної призвести до зверхнормативного забруднення довкілля, не перевищує 10^{-6} .

11. Досліджено вплив на енергетичні характеристики і токсичність продуктів вибуху емульсійних ВР добавок усіх видів ТРП і продуктів глибокої переробки. Встановлено, що для виключення утворення оксидів азоту і мінімізації вмісту окислу вуглецю у продуктах вибуху кисневий баланс ВР має бути в межах від -0,2 до -2,0%, а вміст полімерної крихти з алюмінієм не повинен перевищувати 5%. При цьому теплота вибуху ВР становить понад 3700 кДж/кг.

12. Виконано термодинамічні розрахунки ВР з продуктами переробки

ТРП, які показали відсутність в продуктах хімічного і вибухового перетворення таких ВР хлорорганічних речовин.

13. Проведено екологічний моніторинг при застосуванні емульсійних ВР марки «ЕРА» з продуктами глибокої переробки ТРП на буропідливних роботах в кар'єрах, який дозволив визначити оптимальні параметри технологічного процесу виготовлення ВР, що забезпечують безпеку виконання технологічних операцій на всіх його етапах і виключити негативний вплив на стан навколишнього середовища продуктів детонації таких ВР.

Комплекс проведених досліджень дозволив провести проектування і будівництво ОУП на території ДП НВО «ПХЗ» і починаючи з 2010 р. приступити до повномасштабного, екологічно безпечного процесу утилізації РДТП МБР РС-22.

Основні результати дисертації викладені в наступних працях:

1. Устименко Е.Б. Безопасность процессов утилизации ракетных двигателей твердого топлива. Монография / Е.Б. Устименко, Л.Н. Шиман, В.И. Голинько. – Днепропетровск: «Лири ЛТД», 2011. – 383 с.
2. Устименко Е.Б. Оценка экологических последствий ликвидации ракетных двигателей твердого топлива методом открытого сжигания / Е.Б. Устименко // Науковий вісник НГУ. - 2008 - №4. - С. 89-94.
3. Устименко Е.Б. К вопросу об экологических последствиях утилизации ракетных двигателей твердого топлива методом взрывания / Е.Б. Устименко // Науковий вісник НГУ. - 2008 - №5. - С. 78-83.
4. Устименко Е.Б. Экологические последствия альтернативных способов ликвидации ракетных двигателей твердого топлива / Е.Б. Устименко // Сб. науч. тр. НГУ. – 2008. – №30. – С. 262-267.
5. Устименко Е.Б. Экологический мониторинг при применении эмульсионных взрывчатых веществ марки «ЕРА» / Е.Б. Устименко // Вісник Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут”. Серія “Гірництво”: Зб. наук. праць. – Київ: НТУУ “КПІ”, 2008. - Вип. 175. - С. 101-106.
6. Устименко Е.Б. Экологические последствия использования взрывчатых веществ с компонентами смесового твердого ракетного топлива / Е.Б. Устименко, В.И. Голинько // Сб. науч. тр. НГУ. – 2011. – №36. – С. 205-212.
7. 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.
8. Устименко Е.Б. Факторы безопасного применения водосодержащих ВВ с продуктами утилизации ТРТ / Е.Б. Устименко, Л.Н. Шиман, Л.И. Подкаменная // Вісник КДПУ ім. М. Остроградського. – 2008. – № 5, ч. 2. – С. 112-115.
9. 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 КДПУ ім. М. Остроградського. – 2008. – №1. – С. 103-106.

10. Шиман Л.Н. Формирование комбинированных скважинных зарядов ВВ при взрывных работах на дневной поверхности / Л.Н. Шиман, Е.Б. Устименко, А.Л. Кириченко // Вісник КГПУ ім. М. Остроградського. – 2008. – №6, ч. 1. – С. 114-117.
11. 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.
12. 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 // Metallurgical and Mining Industry. – 2008. – № 6. - С. 61-64.
13. 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.
14. 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.
15. 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. М. Остроградського. – 2009. – № 2, ч. 1. – С. 86-89.
16. 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
17. 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. М. Остроградського. – 2007. – №5. – С. 87-90.
18. 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.
19. 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 ДонНТУ. – 2010. – №2. – С. 5-10.
20. 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:

Наук.-вироб. зб. – Кременчук: КДПУ ім. М. Остроградського. – 2010. – № 2. – С. 61-67.

21. Устименко Е.Б. Определение безопасных режимов воздействия на заряды СТРТ с учетом энергетической оценки их чувствительности / Е.Б. Устименко, Л.Н. Шиман, В.С. Дудко, П.В. Швидько // Зб. наук. пр. Національної гірничої академії України, №8. – Дніпропетровськ: 1999. – С. 114-116.

22. Устименко Е.Б. Технологические параметры процессов для безопасной утилизации высокоимпульсных ТРТ / Е.Б. Устименко, Л.Н. Шиман // Космическая техника. Ракетное вооружение. Научн. техн. сб. - 2011. - №4. - С. 53-58.

23. Устименко Е.Б. Оценка внутренних параметров влияния эмульсионных ВР, в т.ч. с продуктами переработки твердых ракетных топлив, на окружающую среду при их использовании на взрывных работах / Е.Б. Устименко, Т.Ф. Холоденко, М.А. Устименко // Сучасні ресурсозберігаючі технології гірничого виробництва: Наук.-вироб. зб. – Кременчук: КДПУ ім. М. Остроградського. – 2009. – №2. – С. 62-71.

24. Челтонов М.М. Кинетика процесса экстрагирования водорастворимого компонента из композиционного материала при его гидромеханической обработке / М.М. Челтонов, Е.Б. Устименко, Л.И. Подкаменная, Г.И. Ищук // Химия и химическая технология. Научн.-техн. сб. - 2011. - №4. - С. 100-106.

25. Кириченко А.Л. Развитие детонационных процессов скважинных зарядов малочувствительных промышленных ВР при инициировании от патронов боевиков / А.Л. Кириченко, Е.Б. Устименко, Л.Н. Шиман, О.В. Колтунов // Науковий вісник НГУ. – 2011. – № 4. – С. 59-63.

26. Устименко Е.Б. Использование конверсионных продуктов утилизации боеприпасов и ракет при модернизации и обновлении ракетных двигателей / Е.Б. Устименко, Л.Н. Шиман, Л.И. Подкаменная, Г.И. Ищук // Системи озброєння і військова техніка. – Харків, ХУПС, 2010, №1 (21). – С. 240-242.

27. Пат. 79631А, МПК G01N17/09, F06B33/04. 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; опубл. 15.07.04, Бюл. № 6.

28. Пат. 37990А, МПК 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.

29. Пат. 40139А, МПК 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.

30. Пат. 37991А, МПК 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.

31. 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. М. Остроградського. – 2008. – №1. – С. 100-103.

32. 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. М. Остроградського. – 2007. – №5. – С. 113-117.

33. 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. М. Остроградського. – 2008. – №1. – С. 97-100.

34. Шиман Л.Н. Опыт механизированного зарядания 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. М. Остроградського. – 2008. – №1. – С. 94-97.

35. Дудко В.С. Оценка чувствительности к механическим воздействиям СТРТ подлежащих утилизации / В.С. Дудко, Л.Н. Шиман, Е.Б. Устименко, П.В. Швыдько, Р.С. Крысин // Вести Академии инженерных наук Украины. - 1999, Вып. 4. - С. 63-74.

36. Устименко Е.Б. Экологические аспекты использования эмульсионных взрывчатых веществ с продуктами переработки твердых ракетных топлив при взрывных работах // Е.Б. Устименко, В.И. Голинько // Чрезвычайные ситуации. Промышленная и экологическая безопасность. – 2011. - № 1-3 - С. 87-96.

37. Шиман Л.Н. Аспекты использования ТРТ в составах промышленных ВВ / Л.Н. Шиман, Е.Б. Устименко, Л.И. Подкаменная // Матер. междунар. конф. «Утилизация боеприпасов». – Шостка: ГосНИИХП, 2002. – С. 45-46.

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

39. Устименко Е.Б. Оценка экологических последствий использования эмульсионных взрывчатых веществ марки «ЕРА» с компонентами смесового твердого ракетного топлива / Е.Б. Устименко, В.И. Голинько // Школа подземной разработки. – Д.: Национальный горный университет, 2008. – С. 272-277.

40. Устименко Е.Б. Воздействие струей высокой энергии на ВВ и ТРТ / Е.Б. Устименко, Л.Н. Шиман, Л.И. Подкаменная // Матер. междунар. конф. «Комплексная утилизация обычных видов боеприпасов». – Красноармейск: КНИИМ, 2003. – С. 48-51.

41. Устименко Е.Б. Оценка безопасного воздействия струй при гидромывании ВМ / Е.Б. Устименко, Л.Н. Шиман, Л.И. Подкаменная // Матер. междунар. конф. «Комплексная утилизация обычных видов боеприпасов». – Красноармейск: КНИИМ, 2003. – С. 117-120.

42. Устименко Е.Б. Гидромониторное извлечение смесевых ТРТ из ракетных двигателей / Е.Б. Устименко, Л.Н. Шиман, Л.И. Подкаменная // Матер. межд. конф. «Комплексная утилизация обычных видов боеприпасов». – Красноармейск: КНИИМ, 2005. – С. 157-160.

43. 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.

44. 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.

45. 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.

46. 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.

47. 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.

48. Голинько В.И. Экономические аспекты утилизации твердого ракетного топлива методом открытого сжигания / В.И. Голинько, Е.Б. Устименко // Матер. міжнар. наук.-практ. конф. «Проблеми і перспективи інноваційного розвитку економіки України». – Д.: НГУ, 2008. – Т.1. - С. 171-173.

49. Голинько В.И. Экологические последствия ликвидации смесового твердого ракетного топлива методом открытого сжигания / В.И. Голинько, Е.Б. Устименко // Матер. міжнар. наук.-практ. конф. "Екологічні проблеми техногенно-навантажених регіонів». – Д.: НГУ, 2008. – С. 205-207.

50. Устименко Е.Б. Опыт промышленного использования на открытых горнах работ и оценка продуктов взрывчатого превращения эмульсионных ВВ, содержащих продукты переработки ТРТ / Е.Б. Устименко, Л.Н. Шиман, М.А. Устименко // Матер. межд. конф. «Высокоэнергетические материалы: демилитаризация, антитерроризм и гражданское применение». – Бийск, 2008. – С. 109-113.

51. Shuman L. Disposal and destruction processes of ammunition, missiles and explosives, which constitute danger when storing / L. Shuman, Y. Ustimenko // Advanced Research Workshop "Counteraction to chemical and biological terrorism at a

national and local level in the East Europe countries". – Dnepropetrovsk, 2009. – P. 147-152.

52. 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 // Матер. межд. конф. «Высокоэнергетическая обработка материалов». – Днепропетровск: Арт-Пресс, 2009. – С. 219-228.

53. 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.

Особистий внесок автора в роботах, опублікованих у співавторстві полягає в: обґрунтуванні екологічно безпечного методу утилізації ТРП [1]; визначенні рівнів забруднення довкілля при використанні емульсійних ВР з продуктами глибокої переробки ТРП [6,16,33,39]; визначенні складу та обсягів продуктів вибухового перетворення емульсійних ВР з ТРП різних ступенів та продуктами глибокої переробки ТРП [8,9,19,23,45]; обґрунтуванні можливих напрямків використання продуктів переробки ТРП [7,26]; визначенні впливу різних продуктів переробки ТРП на характеристики емульсійних ВР та процес вибухового перетворення їх зарядів [10-13,25,32,34,37,53]; визначенні впливу продуктів переробки ТРП на термічну стійкість емульсії [14]; розробці алгоритму та оцінці безпеки процесів при використанні енергонасичених продуктів вилучених з ТРП [15,17,50,52]; визначенні впливу умов використання ВР з компонентами ТРП на утворення продуктів вибухового перетворення [18,20,35,49]; розробці методик дослідження чутливості ТРП до ініціюючих імпульсів та оцінці результатів досліджень [21,34,39,41,51]; розробці суттєвих ознак винаходів [27-30]; розробці технологічних схем та дослідженні кінетики процесу вилучення бризантних ВР та водорозчинних окислювачів з ТРП [24, 31]; визначенні параметрів та характеристик ТРП при гідродинамічному вилученні із корпусів двигунів [22,42-44,46]; розробці технологічних схем та визначенні параметрів впливу при вилученні ТРП із корпусів двигунів [22,46]; визначенні рівнів забруднення довкілля при використанні різних методів утилізації РДТП [47,48].

АНОТАЦІЯ

Устименко Є.Б. Наукове обґрунтування екологічно безпечного методу та технології утилізації ракетних двигунів твердого палива. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – «Екологічна безпека». – Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет». – Дніпропетровськ, 2012.

У дисертації виконано аналіз існуючих методів утилізації ракетних двигунів твердого палива та стан досліджень щодо забезпечення екологічної безпеки робіт при утилізації вибухонебезпечних виробів та речовин. Проведена оцінка економічної доцільності та екологічних наслідків використання різних методів

утилізації ракетних двигунів на території України. Розроблено методику визначення рівня впливу на довкілля шкідливих чинників об'єкту утилізації палива, обґрунтовано методику оцінки впливу об'єкту на стан навколишнього середовища за наявності інших техногенних об'єктів і обмеженому числі спостережень та методику оцінки аварійної небезпеки об'єкту утилізації палива.

Виконано дослідження властивостей палива різних ступенів після тривалого наднормативного зберігання двигунів та прогноз їх змін у майбутньому. Розроблені технологічні схеми і обґрунтовані безпечні режими процесів вилучення, подрібнення, стабілізації та глибокої переробки палива. Обґрунтовані режими роботи і параметри устаткування, що забезпечують мінімізацію шкідливої дії об'єкту утилізації палива на довкілля. Досліджений вплив на енергетичні характеристики і токсичність продуктів вибуху емульсійних ВР добавок палива усіх ступенів і продуктів його глибокої переробки. Проведена екологічна оцінка впливу об'єктів утилізації палива на довкілля та екологічний контроль при застосуванні емульсійних ВР з продуктами глибокої переробки палива.

Ключові слова: безпека, екологія, утилізація, ракетні двигуни, тверде ракетне паливо, технологія, вибухові речовини, моніторинг.

АННОТАЦІЯ

Устименко Е.Б. Научное обоснование экологически безопасного метода и технологии утилизации ракетных двигателей твердого топлива. - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 21.06.01 – «Экологическая безопасность». - Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет». - Днепропетровск, 2012.

В диссертации выполнен анализ существующих методов утилизации ракетных двигателей твердого топлива и состояние исследований относительно обеспечения экологической безопасности работ при утилизации взрывоопасных изделий и веществ. Проведена оценка экономической целесообразности и экологических последствий использования различных методов утилизации ракетных двигателей на территории Украины.

Разработана методика определения уровня влияния на окружающую среду вредных факторов объекта утилизации топлива. Обоснованно методику комплексной оценки влияния объекта на состояние окружающей среды при наличии множества техногенных объектов и ограниченном числе наблюдений, а также методику оценки аварийной опасности объекта утилизации топлива.

Выполнены исследования свойств и состава топлива различных ступеней после длительного сверхнормативного хранения двигателей, а также ускоренные климатические испытания топлива, позволяющие прогнозировать изменение указанных свойств на ближайший период. Установлен срок безопасного хранения и последующих работ с двигателями, а также очередность их утилизации.

С учетом экологических требований разработана технология утилизации двигателей, которая включает: контроль состояния топлива и отбор двигателей на утилизацию; гидромеханическое извлечение топлива из корпусов двигателей; стабилизацию извлеченного топлива и его последующую глубокую переработку с целью извлечения водорастворимых хлорсодержащих окислителей и бризантных ВВ; использование оставшихся компонентов топлива в качестве высокоэнергетического наполнителя эмульсионных ВВ, вторичную индивидуальную переработку извлеченных из топлива продуктов для использования в новой ракетной технике и при изготовлении новых ВВ и средств взрывания.

Проведены исследования свойств измельченного и увлажненного в процессе гидровывывания топлива, с учетом которых разработаны технологические схемы и обоснованы безопасные режимы процессов извлечения, измельчения и стабилизации топлива. Разработаны схемы технологических процессов глубокой переработки извлеченного топлива. Проведены исследования свойств продуктов глубокой переработки топлива.

Проведена экологическая оценка воздействия объектов утилизации ракетных двигателей на окружающую природную среду. Показано, что мероприятия, предусмотренные при строительстве всех объектов утилизации, позволят обеспечить нормативное состояние окружающей среды в районе их размещения.

Исследовано влияние на энергетические характеристики и токсичность продуктов взрыва добавок топлива всех ступеней и продуктов его глубокой переработки. Проведены термодинамические расчеты эмульсионных ВВ с продуктами переработки топлива и выполнена сравнительная факторная оценка применения эмульсионных ВВ с продуктами переработки топлива с другими ВВ. Установлен наиболее рациональный диапазон содержания продуктов глубокой переработки топлива в эмульсионных ВВ, обеспечивающий требуемые энергетические характеристики при минимальном влиянии на окружающую среду продуктов взрыва. Проведено экологический контроль при применении эмульсионных ВВ с продуктами глубокой переработки топлива при производстве буровзрывных работ на карьерах, подтвердивший результаты исследований.

Ключевые слова: безопасность, экология, утилизация, ракетные двигатели, твердое ракетное топливо, технология, взрывчатые вещества, мониторинг.

ABSTRACT

Y. Ustimenko Scientific ground ecologically of safe method and technology utilization rocket engines hard fuel. – Manuscript.

The dissertation on the scientific degree of doctor engineering science in speciality 21.06.01 – «Ecological safety» – National mining university, Dnepropetrovsk, 2012.

In dissertation the analysis of existent methods utilization rocket engines hard fuel and state researches is executed in relation to providing ecological safety works during utilization explosive wares and matters. The estimation of financial viability and ecological consequences the use different methods utilization rocket engines is conducted on territory Ukraine. The method of determination level influence on the

environment harmful factors object utilization fuel is developed, grounded method estimation influencing object on the state environment at presence great number objects and the limited number supervisions and method estimation emergency danger object utilization fuel.

Research of properties fuel different degrees after the protracted storage engines and prognosis their changes is executed in the future. Technological charts are developed and the safe modes of processes exception, grinding down, stabilizing and deep processing fuel are grounded. Office hours and parameters are grounded equipments which provides minimization of harmful action object utilization fuel on an environment. Influence is probed on power descriptions and harmfulness products of explosion emulsive explosives additions fuel all degrees and products him deep processing. The ecological estimation influencing objects utilization fuel is conducted on an environment and ecological monitoring at application emissive emulsive with the products the deep processing fuel.

Keywords: safety, ecology, utilization, rocket engines, hard rocket fuel, technology, explosives, monitoring.

УСТИМЕНКО Євгеній Борисович

НАУКОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНОГО МЕТОДУ ТА
ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ РАКЕТНИХ ДВИГУНІВ ТВЕРДОГО ПАЛИВА

(Автореферат)

Підписано до друку 11.03. 2012. Формат 60x90/16. Папір
офсетний. Умовн. друк. арк. 2,0. Обліково-видавн. арк. 2,0.
Тираж 120 екз. Замовлення № . Замовлене.

Державний ВНЗ «Національний гірничий університет»

