

Д. М. Макаренко, О. М. Бугаєнко

УТИЛІЗАЦІЯ ОБ'ЄКТІВ АВІАЦІЙНО-КОСМІЧНОЇ ТЕХНІКИ

2021

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Д. М. Макаренко, О. М. Бугаєнко

УТИЛІЗАЦІЯ ОБ'ЄКТІВ АВІАЦІЙНО-КОСМІЧНОЇ ТЕХНІКИ

Навчальний посібник

Харків «ХАІ» 2021

УДК 629.7.002.8(075.8)
М15

Рецензенти: д-р техн. наук, проф. Д. О. Дьомін,
д-р техн. наук, ст. дослідник Є. О. Рибка

Макаренко, Д. М.

М15 Утилізація об'єктів авіаційно-космічної техніки [Електронний ресурс] : навч. посіб. / Д. М. Макаренко, О. М. Бугаєнко. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2021. – 64 с.

Наведено основні дані щодо процесу утилізації об'єктів авіаційно-космічної техніки. Розглянуто основні методи та засоби утилізації таких об'єктів.

Для студентів вищих навчальних закладів за спеціальністю 101 «Екологія».

Іл. 5. Бібліогр.: 9 назв

УДК 629.7.002.8(075.8)

© Макаренко Д. М., Бугаєнко О. М., 2021
© Національний аерокосмічний
університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут», 2021

1. ОБҐРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗВІДХОДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Вивчення процесів, які відбуваються в біосфері, і господарської діяльності людини, що впливає на неї, показує, що тільки створення екологічно безвідходних і маловідходних виробництв може запобігти зубожінню природних ресурсів і деградації природного середовища. Господарська діяльність людей має будуватися за принципом природних екосистем, які економно витрачають речовину і енергію і в яких відходи одних організмів є місцем існування для інших, тобто здійснюється замкнутий кругообіг.

У XX столітті людство в результаті науково-технічної революції дійшло до техногенного кругообігу речовин, поданому на рис. 1.1.

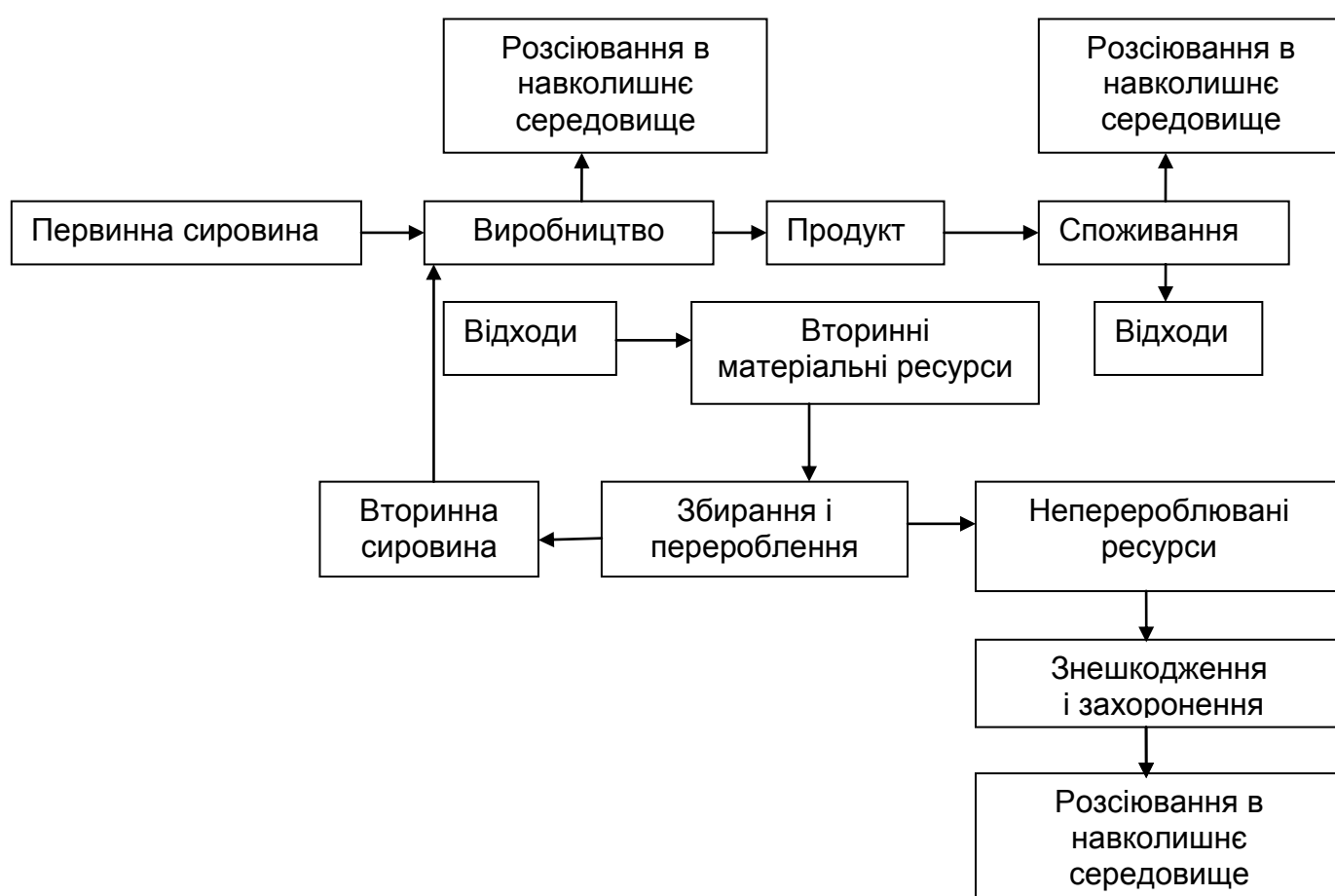


Рис. 1.1. Техногенний кругообіг речовин

З наведеної схеми техногенного кругообігу речовин видно, що на відміну від природних кругообігів він незамкнутий у багатьох частинах.

На практиці обсяги відходів в країні зростають в 2 – 3 рази швидше, ніж об'єкти виробництва і чисельність населення.

Для України ці питання є особливо актуальними, оскільки наявність слабкої сировинної бази призводить до імпорту сировини, а відходи, що

утворюються в результаті її перероблення, на жаль, експортувати не можна. Так, первинні ресурси для виробництва чорних металів в Україні не безмежні, а за більшістю видів кольорових металів вони взагалі відсутні. В експлуатацію залучаються родовища з більш складними гірничо-геологічними і технічними умовами освоєння. У результаті не тільки підвищуються матеріальні, енергетичні й трудові витрати, а й збільшується кількість відходів.

Щорічний обсяг відходів, який припадає на 1 га площі України, в 6,5 разів вище, ніж в країнах ЄС. Щороку в Україні утворюється відходів більше, ніж в 12 країнах ЄС разом взятих. Причому ці цифри не враховують викидів в атмосферу і у водне середовище. Нині об'єм накопичених відходів в Україні наближається до 30 млрд м³. Тільки частина зазначених відходів в обсязі, що не перевищує 10 – 15 % їх обсягу, знаходить застосування як вторинні матеріальні ресурси. Решту складають на поверхневих сховищах, площа яких сягає 160 тис. га, це близько 0,3 % території України. Причому витрати на складування і захоронення відходів становлять майже 20 % вартості продукції. Єдиний вихід із ситуації – застосування так званих «безвідходних технологій». За визначенням Європейського екологічного комітету ООН «Безвідходна технологія – це практичне застосування знань, методів і засобів з тим, щоб у межах потреб людини забезпечити найбільш раціональне використання природних ресурсів та енергії і захистити навколишнє середовище».

У визначенні безвідходної технології мається на увазі не тільки виробничий процес. Це поняття стосується і кінцевої продукції, яка має характеризуватися:

- довгим терміном роботи виробів;
- можливістю багаторазового використання;
- простотою ремонту;
- легкістю повернення у виробничий цикл або переходу в екологічно нешкідливу форму після виходу з ладу.

Теорія безвідходних технологічних процесів базується на двох передумовах:

1) вихідні природні ресурси мають добуватися один раз для всіх всіляких продуктів, а не кожен раз для окремих;

2) створювані продукти після використання за прямим призначенням мають відносно легко перетворюватися на вихідні елементи нового виробництва.

Як наслідок цих передумов є те, що процес перетворення, тобто утилізацію, необхідно закладати на етапі розроблення виробів. Схема такого процесу така:

«Попит» – «Готовий продукт» – «Сировина».

Однак кожен етап цієї схеми потребує витрат енергії, виробництво якої пов'язане зі споживанням природних ресурсів поза замкнутої системи. Другою перешкодою повної замкнутості процесу є знос матеріалів, їх розсіювання в навколишньому середовищі. Протягом довгих століть використання таких матеріалів, наприклад срібла, свинцю, цинку, міді та ін., та їх розсіювання в процесі цього використання в навколишньому середовищі призвели до того, що терміни їх вичерпання із земних надр становлять всього один – два десятки років.

Поняття безвідходної технології є умовним. Під ним розуміють теоретичну межу або граничну модель виробництва, яка у більшості випадків може бути реалізована не повною мірою, а лише частково. У цілому комплексний підхід до оцінювання ступеня безвідходності виробництва має базуватися:

- на урахуванні не стільки безвідходності, скільки ступеня використання природних ресурсів;
- на оцінюванні виробництва, на основі самого звичайного матеріального балансу, тобто на співвідношенні виходу кінцевої продукції і маси сировини, що надійшла, і напівфабрикатів;
- на визначенні ступеня безвідходності за кількістю відходів, що утворюються на одиницю продукції;
- на визначенні співвідношення відходів, що підлягають вторинному переробленню, і відходів, що підлягають знищенню і захороненню.

В останні роки в Україні проблем управління відходами приділяється велика увага. Питання складування, зберігання, розміщення, транспортування, утилізації, ліквідації промислових і побутових відходів регулюються законами України «Про охорону навколишнього природного середовища», «Про забезпечення санітарного та епідеміологічного благополуччя населення», Земельним кодексом України, Водним кодексом України та іншими законодавчими актами і урядовими розпорядчими документами. У березні 1998 року був прийнятий закон України «Про відходи».

Однак для кардинального вирішення проблеми поводження з відходами необхідно створити систему управління відходами.

2. ЗАКОНОДАВЧА І НОРМАТИВНА БАЗИ З ПИТАНЬ УТИЛІЗАЦІЇ

Проблема утилізації відходів в Україні передбачає наявність нормативно-правової та методичної баз, спрямованих на вирішення таких завдань:

- 1) створення рівноваги між розвитком промисловості та стабільністю навколишнього середовища;
- 2) економія природних ресурсів;
- 3) визначення основних правил, умов і вимог поводження з відходами;

- 4) регламентація мінімального утворення відходів;
- 5) попередження попадання в навколишнє середовище шкідливих інгредієнтів.

Відповідно до Конституції України забезпечення екологічної безпеки на її території і підтримання екологічної рівноваги є обов'язком держави. Держава гарантує право вільного доступу до інформації про стан навколишнього природного середовища, а також право на безпечне для життя і здоров'я навколишнє природне середовище.

Більш детальні питання складування, зберігання, розміщення, транспортування, утилізації регламентуються такими законами:

1. Земельний Кодекс України.

Земля є основним національним багатством, що перебуває під охороною держави. Завданням земельного законодавства є регулювання земельних відносин з метою створення умов для раціонального використання та охорони земель, поліпшення природного середовища та охорони прав громадян, підприємств, установ і організацій на землю. Державний контроль за використанням і охороною земель здійснюється Радами народних депутатів, а також Державним комітетом України із земельних ресурсів та Міністерством охорони навколишнього природного середовища.

2. Водний Кодекс України.

Цей кодекс встановлює водно-екологічний правопорядок і забезпечення екологічної безпеки населення України, а також сприяє ефективному, науково обґрунтованому використанню вод та їх охороні від забруднення.

3. Закон «Про охорону навколишнього середовища».

Цим законом визначено екологічні вимоги при використанні природних ресурсів (раціональне і економне використання природних ресурсів; здійснення заходів щодо запобігання забрудненню та негативного впливу на стан навколишнього природного середовища), екологічні вимоги при виробництві, зберіганні, транспортуванні, використанні, утилізації, захоронення токсичних та інших небезпечних для навколишнього природного середовища і здоров'я людей речей. Визначено порядок видачі дозволів на захоронення (складування) відходів і викидів шкідливих речовин у навколишнє природне середовище. Даним законом забороняється впроваджувати і використовувати нову техніку, технології та системи, якщо вони не відповідають вимогам екологічної безпеки.

4. Закон «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення».

Він визначає основні завдання державного санітарно-епідеміологічного нагляду, серед яких: участь у розробленні і контроль за виконанням програм, що стосуються запобігання шкідливому впливу факторів навколишнього середовища на здоров'я населення і нагляд за дотриманням санітарного законодавства.

Говорячи про утилізацію відходів, у першу чергу розуміють використання їх як вторинної сировини, тобто кожен вид відходів має потенційну ресурсну цінність. Однак завжди існують обмеження щодо реалізації відповідного потенціалу – економічні, технологічні, соціальні та ін. До всіляких обмежень належить і рівень потреби в сировині. Тому частина відходів може залишитися за межами ресурсної цінності. Таким чином, для нормативно-правового забезпечення ресурсовикористання проведено угруповання відходів за класами:

1) ресурсно-цінні відходи – відходи, які є конкурентоспроможною вторинною сировиною з огляду на сучасні технічні, економічні, технологічні та інші умови. Для таких відходів установлюється дозвільний порядок надання прав на збирання і використання (ліцензування);

2) потенційно ресурсно-цінні відходи – відходи, які є вторинною сировиною з огляду на найближчу перспективу їх використання. Для цієї групи відходів здійснюється комплекс науково-технічних і маркетингових досліджень з виявлення і визначення їх ресурсної цінності;

3) безперспективні відходи – відходи з невизначеним майбутнім, тобто які не можна утилізувати. Спеціальне регулювання ресурсів для безперспективних відходів не використовується, але обов'язково встановлюються вимоги до їх екологічно безпечного знищення.

Очевидно, що інтерес до різних груп відходів з боку підприємств неоднаковий, тобто найбільшим попитом користуються відходи першої групи і нікого не цікавлять безперспективні відходи. Тому для врегулювання процесу поводження з відходами в Україні введено ще низку законів.

5. Закон «Про відходи», прийнятий у березні 1998 р.

Він визначає всі правові, організаційні та економічні засади діяльності, пов'язаної:

- з попередженням або скороченням обсягів утворення відходів;
- їх збиранням, перевезенням, зберіганням, утилізацією;
- знищенням, знешкодженням та захороненням;
- забезпеченням контролю за цими операціями та нагляду за місцями знищення;
- запобіганням негативному впливу відходів на навколишнє природне середовище та здоров'я людини.

Відповідно до цього закону під відходами розуміють будь-які речовини, матеріали і предмети, які утворюються в результаті людської діяльності і не мають подальшого використання за місцем утворення або виявлення та від яких власник позбувається, має намір або повинен позбутися шляхом утилізації або знищення. Цим законом заборонено змішування або захоронення відходів, для утилізації яких в Україні існує відповідна технологія. Закон України «Про відходи» не поширюється на відносини, що виникають в процесі здійснення операцій з металобрухтом. Тому було прийнято такий закон.

6. Закон «Про металобрухт».

Цей закон регулює відносини, що виникають в процесі здійснення операцій з металобрухтом, який є найважливішою стратегічною та енергозберігаючою сировиною для металургійного виробництва, і спрямований на захист інтересів підприємств вітчизняної металургійної галузі та забезпечення екологічної безпеки навколишнього середовища при утворенні, збиранні та використанні металобрухту. Відповідно до цього закону під металобрухтом розуміють непридатні для прямого використання вироби або частини виробів, які втратили експлуатаційну цінність і містять чорні або кольорові метали або їх сплави, а також вироби з непоправним металевим браком, залишки від виробництва та оброблення чорних і кольорових металів і сплавів. Державне регулювання операцій з металобрухтом здійснюється Кабінетом Міністрів України та Міністерством промислової політики України, для яких законом «Про металобрухт» визначено такі функції:

- 1) забезпечення реалізації державної політики у здійсненні операцій з металобрухтом;
- 2) розроблення проектів нормативно-правових актів, що регламентують здійснення операцій з металобрухтом та затвердження їх відповідно до своїх повноважень;
- 3) видача ліцензій на здійснення операцій з металобрухтом, призупинення їх дії та анулювання ліцензій суб'єктів підприємницької діяльності з металобрухтом у результаті порушення ними умов ліцензійної діяльності;
- 4) проведення аналізу вітчизняних і зарубіжних ринкових пропозицій у частині попиту на металобрухт;
- 5) організація та здійснення контролю за проведенням операцій з металобрухтом.

Реалізація металобрухту, який утворився у військових частинах, військових установах та інших військових формуваннях, здійснюється тільки спеціалізованим підприємством або металургійним і машинобудівним підприємством відповідно до законодавства.

7. Закон «Про вилучення з обігу, переробку, утилізацію, знищення або подальше використання неякісної та небезпечної продукції».

Закон установлює правові та організаційні заходи вилучення з обігу, переробки, утилізації, знищення або подальшого використання неякісної та небезпечної продукції з метою запобігання негативному впливу такої продукції на життя, здоров'я людини і навколишнє природне середовище. До неякісної та небезпечної продукції цей закон відносить продукцію, термін придатності якої закінчився для вживання або використання і продукцію, на яку немає передбачених законодавством документів, що підтверджують якість і безпеку цієї продукції. Дія цього закону не поширюється на власників продукції, діяльність яких пов'язана з виготовленням та участю в побуті військової, мисливської, спортивної

вогнепальної зброї та боєприпасів до неї; вибухових речовин; особливо небезпечних хімічних речовин; ядерного матеріалу та іншої продукції в галузі використання ядерної енергії.

У перелічених вище законах дано визначення основних термінів:

- *небезпечні відходи* – відходи, фізичні, хімічні або біологічні характеристики яких створюють або можуть створити значну небезпеку для навколишнього природного середовища і здоров'я людини та які потребують спеціальних методів і засобів поводження з ними;

- *зберігання відходів* – тимчасове розміщення відходів у спеціально відведених місцях або об'єктах (до їх утилізації або знищення);

- *перероблення відходів* – здійснення будь-яких технологічних операцій, пов'язаних зі зміненням фізичних, біологічних або хімічних властивостей відходів, з метою підготовки їх до екологічно безпечного зберігання, перевезення, утилізації або знищення;

- *утилізація відходів* – використання відходів як вторинних матеріальних або енергетичних ресурсів;

- *знищення відходів* – здійснення операцій з відходами, що не призводять до їх утилізації;

- *перероблення металобрухту* – діяльність, пов'язана із доведенням металобрухту шляхом сортування, пресування, пакетування, дрібнення, різання і т. п. до стану, який відповідає встановленим стандартам, нормам і правилам;

- *утилізація металобрухту* – використання металобрухту як сировини в металургійній або інших галузях виробництва.

Законодавством передбачено створення єдиної системи обов'язкового державного обліку та паспортизації відходів, основаної на стандартах та інших нормативних документах, що регламентують паспортизацію та класифікацію відходів. Тому в міждержавній системі природоохоронних стандартів створено нову групу – ГОСТ 17.9. ... – «Охорона природи. Поводження з відходами», в якій розроблені основні положення управління відходами. Основні стандарти цієї групи:

ГОСТ 17.9.0.1-9 встановлює загальні вимоги до прогнозування утворення відходів, виявлення і надання інформаційних даних про відходи на всіх стадіях життєвого циклу продукції, до нормативних документів на процеси і продукцію, які пов'язані з утворенням і переробленням відходів і до нормативних документів, пов'язаних з наданням даних про відходи, а також з використанням або обміном цими даними.

ГОСТ 17.9.1.1-99 встановлює порядок визначення найменування відходів відповідно до їх стану, процесу утворення, виду економічної діяльності та віднесення відходів до існуючих класів, груп і категорій.

ГОСТ 17.9.0.2-99 встановлює вимоги до складу, змісту, правил і послідовності заповнення технічного паспорта та внесення подальших змін.

Вимоги перелічених вище стандартів поширюються на будь-які виявлені відходи виробництва і споживання (у тому числі на відходи, раніше накопичені на території держави).

Порядок державного обліку та паспортизації відходів встановлюється Кабінетом Міністрів України.

Державний облік відходів – узгоджене документування даних про відходи на всіх стадіях поводження з ними, включаючи первинне виявлення в процесах утворення або в місцях накопичення, бухгалтерське проведення як матеріальних цінностей, відображення в технічній документації за місцем утворення і на об'єктах поводження з відходами, а також у статистичній звітності та інших системах державного територіального чи галузевого управління. Постанова на облік відходів здійснюється на основі класифікатора ДК 005-96.

Інвентаризація в сфері поводження з відходами – складання списків відходів, місць їх утворення і об'єктів поводження з ними.

Класифікація відходів – процес упорядкування даних про відходи, що включає:

- ідентифікацію конкретного виду відходів відповідно до його стану, складу або властивостей через номенклатурну назву;
- кодифікацію за державним класифікатором;
- віднесення до будь-яких інших діючих систем групування (забруднювачів, вторинних ресурсів, токсикантів або інших категорій речовин, матеріалів або об'єктів, а також поділ за видом перероблення, утилізації або знищення).

Паспортизація відходів – послідовне виявлення, документування та уточнення таких даних:

- найменування відходу;
- місце, обсяги і умови утворення;
- технічні характеристики відходів;
- фізико-хімічні властивості;
- технологічні, економічні та інші показники;
- методи вимірювання та контролю;
- технології перероблення, утилізації та зберігання.

Для того щоб уникнути нелегального захоронення відходів або складування їх у недозволених місцях, необхідно здійснювати жорсткий контроль за цими операціями. Необхідно також стежити за місцями і обсягами утворення відходів, способами їх перероблення і підприємствами, що займаються переробленням та утилізацією. У зв'язку з цим створено цілу систему – систему управління відходами (СУВ), основною функцією якої є забезпечення узгодженості між окремими її елементами, засобами і методами управління. В обов'язки СУВ входить установлення розміру тарифу на знищення відходів, що передбачає повернення інвестицій, отримання прибутку, і формування фонду розвитку; вивчення можливості скорочення обсягу відходів і вторинного

використання корисних фракцій; розроблення і вибір найбільш реалістичних технологічних процесів переробки відходів; розробка заходів щодо забезпечення ефективності системи збирання і транспортування відходів; установлення зв'язку і регулювання відносин між підприємствами, які утворюють (збирають) відходи, і підприємствами з їх перероблення (утилізації).

Вся система управління відходами (СУВ) побудована за принципом ієрархії:

Підприємство → Адміністративна територіальна одиниця → Держава

Функціонування СУВ здійснюється за схемою, поданою на рис. 2.1.

Щоб точніше визначити абсолютні обсяги утворення відходів використовують коефіцієнт локалізації відходів. Він показує відомості про збирання та розміщення відходів у спеціалізованому вигляді (тобто кожен вид відходів вже відсортований і ясно, що з ним робити далі). Такий підхід до управління відходами за певним алгоритмом послідовно виявляє і систематизує дані про кожен конкретний вид відходів. Цей процес охоплює весь цикл поводження з конкретним видом відходів і стимулює всіх його учасників як до оптимізації виробничих процесів, що породжують відходи, так і до вибору найбільш ефективних технологій їх перероблення, утилізації або знищення.

Уведення єдиної системи обов'язкового державного обліку та паспортизації може також бути ефективним інструментом контролю безпеки транспортування відходів, особливо при транскордонному переміщенні.

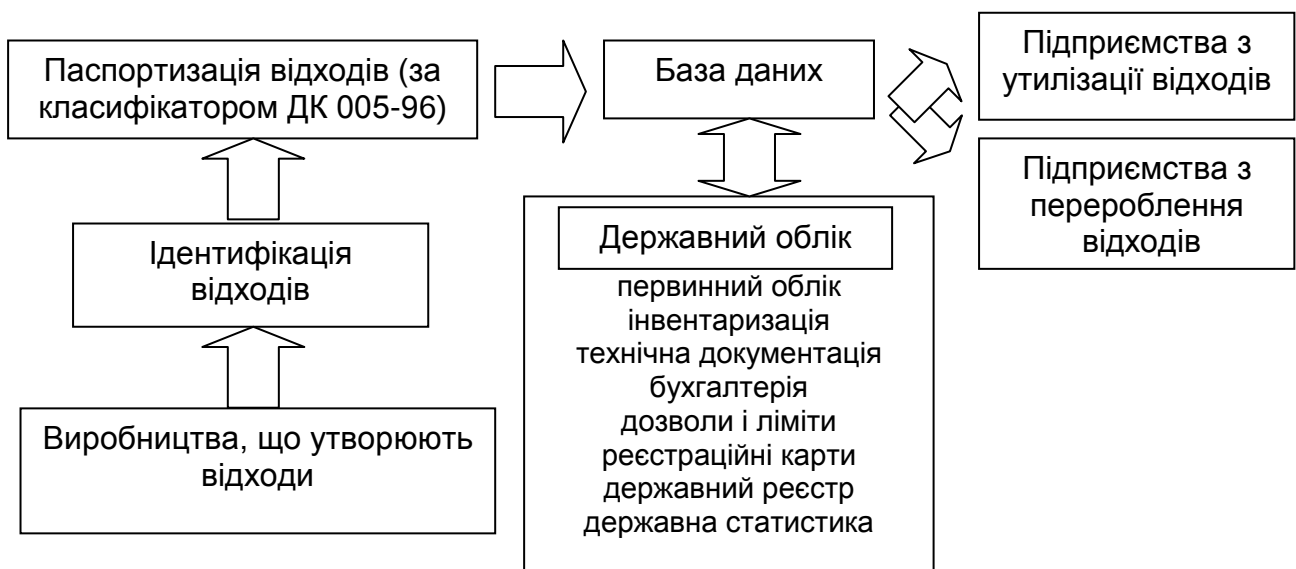


Рис. 2.1. Схема здійснення функціонування СУВ

3. АЕРОКОСМІЧНА ТЕХНІКА ЯК ОБ'ЄКТ УТИЛІЗАЦІЇ

Проблему раціонального перероблення (утилізації) складають морально і фізично застарілі зразки озброєння, військової техніки (ЗВТ), звичайних видів боєприпасів традиційного спорядження, включаючи рідинні та твердопаливні ракети. Найближчим часом належить утилізувати понад 80 тис. ракет і комплектів наземного обладнання, близько 5 тис. різних типів літаків і вертольотів, 8 тис. зразків бронетанкової техніки, 13 тис. систем артилерійського озброєння, 33 тис. оптико-електронних приладів, 1,2 млн одиниць стрілецької зброї, 100 млн артилерійських боєприпасів, 40 тис. бойових частин ракет різного призначення, 20 тис. авіабомб, 65 тис. некерованих авіаційних ракет, 10 тис. торпед і 8 тис. морських мін. Все це без урахування інженерних боєприпасів і боєприпасів інших силових відомств. Сукупно перелічені вище елементи ЗВТ містять: не менше 2 млн т чорного та більше 300 тис. т кольорового брухту, близько 1400 т брухту дорогоцінних металів, включаючи близько 15 т золота, платини і паладію. Зокрема, оброблення артилерійських пострілів з латунними гільзами було виконано до 2000 року на 130 %, а комплексна (повна) утилізація (перероблення) – всього на 25 %. При осередненій масі латунної гільзи, що дорівнює 5 кг, тільки на одному з арсеналів Міноборони без шкоди для боєготовності військ можуть бути утилізовані близько 500 тис. куль, що при вартості брухту гільзової латуні 700 доларів США за тонну може дати дохід не нижче 1,75 млн доларів США. При цьому на території арсеналів без належного закупорювання лежать у порушення всіх норм і правил зберігання 500 тис. снарядів від пострілів унітарного заряджання.

Процес експлуатації будь-якого виробу, в тому числі і АКТ, супроводжується безперервним змінням їх технічного стану. Це зміння обумовлюється діянням на конструкцію постійних і випадкових експлуатаційних факторів. Однак не тільки експлуатація визначає стан (і технічну придатність) виробу, а й час зберігання цього виробу, оскільки процес старіння матеріалу, особливо штучного, часто примушує відмовлятися від його використання. Ці матеріали можуть використовуватися як в самій конструкції, так і у вигляді її корисної складової (наприклад, ВР, пороху, спеціальної рідини тощо). Експлуатаційні фактори призводять до виникнення незворотних структурних змінень у конструкційних матеріалах, зношування деталей, корозії, пошкодження покриттів і, як наслідок, появи несправностей. Накопичення несправностей призводить до необхідності заміни деяких деталей, а потім і всього виробу в цілому.

Довгострокове зберігання вибухових речовин, що знаходяться безпосередньо у виробках (ракетах, снарядах, авіабомбах і т. ін.) є небезпечним вже само по собі.

Але і це не все. Активно розвиваються галузі промисловості, до яких належить авіапромисловість, базуючись на принципах прискореного відновлення продукції, що випускається, і не тільки внаслідок її модернізації, а й у результаті розроблення принципово нових конструкційних рішень, упровадження нових матеріалів і технологій. Істотна відмінність бойової та цивільної авіації полягає в тому, що військова техніка морально застаріває значно швидше, ніж громадянська. Не виробивши свій льотний ресурс, військовий літак або вертоліт стає непридатним для виконання бойових завдань. Під час бойових дій авіаційна техніка використовувалася до моменту її знищення. Цивільний літак зазвичай використовується до моменту вироблення його льотного ресурсу. У будь-якому випадку настає момент, коли літак або вертоліт (цивільний або військовий) використовувати або нераціонально, або просто небезпечно. Разом з цим військовий літак використовується тільки спільно з його боєкомплексом. У місці базування будь-яка льотна техніка обслуговується цілим аеродромним комплексом, що включає злітно-посадкову смугу, обладнання, технічні машини і механізми, системи управління, навігації, спостереження та ін. Використання ракет пов'язане з необхідністю мати техніку для їх запуску або цілі стартові ракетні комплекси – стаціонарні та пересувні.

Є також космічні об'єкти, засоби їх виведення на орбіту, комплекси запуску цих засобів і забезпечення їх польоту. А будь-яка балістична ракета має кілька ступенів, які відкидаються під час польоту, особливо токсичне паливо, громіздку і складну конструкцію. Рационально використовувати об'єкт утилізації АКТ означає:

- систематизувати об'єкти утилізації;
- розробити методики процесу утилізації;
- визначити критерії придатності тих чи інших складових авіаційної техніки для подальшого використання;
- намітити шляхи використання елементів конструкції, комплектувальних деталей, приладів у народному господарстві;
- виявити сировинну цінність об'єкта утилізації;
- визначити складові конструкції, які не мають визначеного майбутнього або небезпечні (наприклад, радіоактивні);
- розрахувати екологічно прийнятний варіант процесу здійснення утилізації;
- мінімізувати час здійснення робіт і залучати мінімальну кількість працюючих;
- здійснити безпеку процесу утилізації для працюючих і навколишнього середовища.

Об'єкт утилізації

Кожен об'єкт утилізації на першій стадії може характеризуватися на основі завдань, які цей об'єкт повинен був вирішити при його використанні. Військові та цивільні літаки і вертольоти призначені для здійснення вантажних і пасажирських перевезень, забезпечення обороноздатності країни, мають або не мають навісне обладнання, комплектуються специфічним навігаційним, радіолокаційним та іншим обладнанням. При експлуатації літальних апаратів виникає необхідність підтримувати їх справність або відновлювати працездатність шляхом виконання спеціальних інженерних і технічних заходів, а також організації їх обслуговування. Місце здійснення цих робіт – безпосередньо аеродроми та аеродромні бокси.

Важливо брати до уваги і те, що при конструюванні військової техніки в першу чергу використовуються нові конструкційні матеріали (наприклад, композити), дорогі метали та прилади. Тому, вирішуючи завдання утилізації конкретного авіаційного об'єкта, потрібно чітко уявляти конструктивні особливості виробу в цілому, знати особливості технології його збирання, комплектність, особливості застосовуваних матеріалів, враховувати потенційну небезпеку для персоналу, всіх складових авіатехніки.

У певному сенсі утилізація – це комплекс проблем, які повинні вирішувати підготовлені фахівці інженерно-технічного профілю і кваліфіковані робітники. Випливає висновок, що ми розробляємо комплекс заходів щодо використання застарілої (що виробила ресурс) техніки, і її утилізація стає комплексним завданням. Надалі, при застосуванні терміна «утилізація» розумітимемо і будемо виходити з критеріїв комплексної утилізації.

Постановка задачі

Постановка завдання визначається безпосередньо типом виробу АКТ, його призначенням, конструкцією, для снаряда – типом бойового спорядження і т. д. Але є принципові відмінності традиційних класифікацій від тих, які потрібно прийняти при розробленні технологій утилізації. Традиційно основна ознака класифікації повітряних суден – їх призначення, яке визначає льотно-технічні дані, зовнішні форми, основні розміри, насиченість устаткуванням. Для утилізації більш важливим є визначення конструктивних ознак: кількості і розташування крил, типу фюзеляжу, форми і розташування оперення, типу, кількості та розташування двигунів, конструкції і розташування шасі. Саме ці ознаки будуть визначати порядок утилізації.

3.1. Літаки і вертольоти

Постановка задачі

У початковому стані маємо літак (вертоліт), визнаний непридатним, списаний за актом спеціальною комісією (див. порядок списання повітряних суден). У будь-якому випадку маємо планер (корпус) ЛА і закріплені (наявні на борту) елементи, системи та агрегати, ресурсні показники яких можуть відрізнятися один від одного і планера ЛА. Отже, за спеціально розробленими методиками необхідно оцінити їх технічний стан і надалі деякі з них можна використовувати повторно після перевірки (ремонту) за прямим призначенням. Для військової техніки таких елементів, систем і агрегатів може бути мало, особливо, якщо вона знімається з озброєння країни. Деякі зразки обладнання можуть бути використані в народному господарстві після відповідних доопрацювань, що є зазвичай більш прийнятним, ніж пряма передача його в утиль. Застосування елементів авіаційної техніки в народному господарстві – одне із завдань, яке необхідно вирішувати в галузі. Отже, ефективне використання елементів ЛА вдруге – прямий шлях отримання додаткового прибутку.

В укрупненому вигляді комплексну утилізацію літального апарата можна подати у вигляді схеми (рис. 3.1).

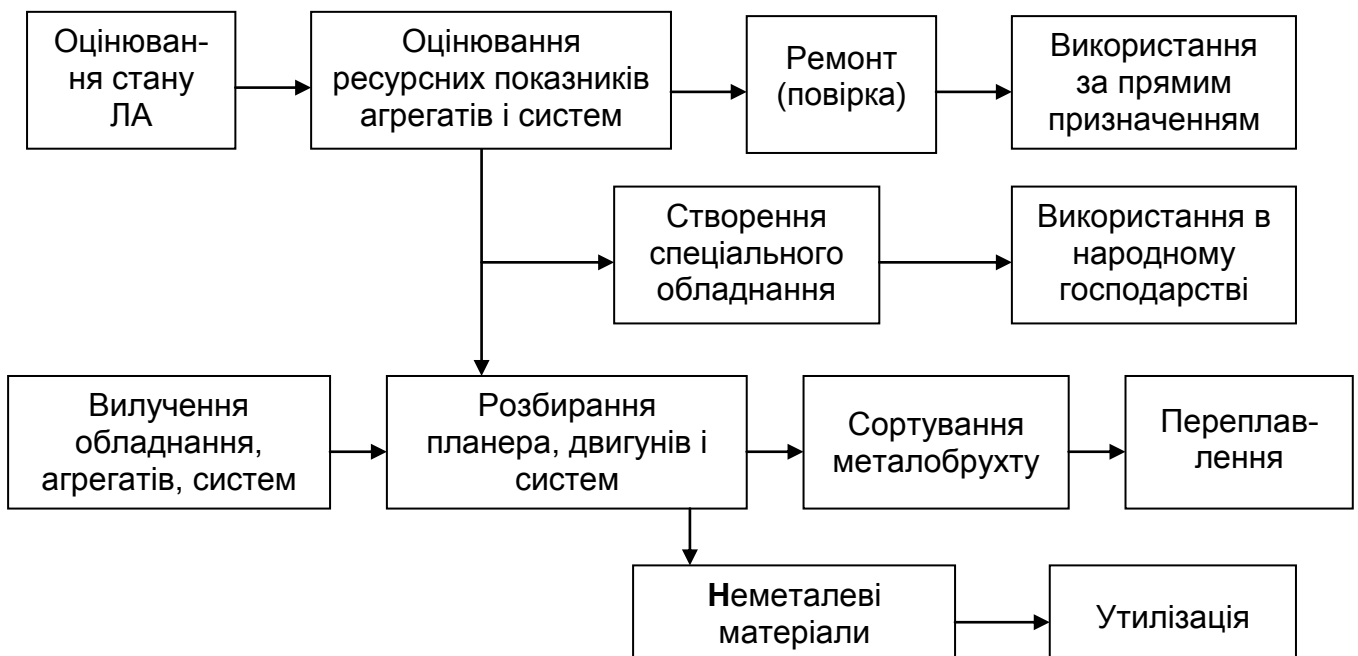


Рис. 3.1. Комплексна утилізація ЛА

Технології утилізації літаків

Конструктивні особливості конкретного літака досить специфічні, однак при підготовці планера літака до утилізації проводять такі роботи:

1. З планера літака знімають ліхтарі та ілюмінатори (якщо вони є), двигуни, обладнання, електроджгути, трубопроводи та печі. Попередньо з баків-кесонів, гальмівних і амортизаційних систем мають бути злиті паливо і заправні рідини і проведена їх нейтралізація і продування. Прилади й устаткування, що містять ртуть та радіоактивні ізотопи, знімають, дотримуючись заходів спеціальної безпеки, і зберігають окремо від інших приладів.

2. Конструкцію військового ЛА перевіряють на радіоактивність.

3. Проводиться маркування матеріалів (або виділення окремих вузлів) елементів планера.

4. Визначаються лінії розрізання планера за попередньо розробленою технологією утилізації, яка має обов'язково враховувати можливість повторного використання (отже, попередити пошкодження) окремого елемента планера.

5. Підготовлюється обладнання і оснащення для здійснення розбирання ЛА.

Устаткування, засоби механізації, оснащення для утилізації ЛА

Виходячи з конструктивних особливостей ЛА, були отримані лінії розрізання виробу на великогабаритні елементи. Однак необхідно розібрати ЛА на такі елементи практично, а це передбачає вибір обладнання, оснащення та інструменту. Цей етап дуже важливий, оскільки саме від виду обладнання залежить:

1) придатність до подальшого використання тих чи інших вузлів і механізмів ЛА;

2) час утилізації;

3) безпека самого процесу;

4) ступінь впливу на навколишнє середовище.

При цьому обладнання оцінюється з огляду на його:

1) технологічність – можливість використання на різних етапах процесу утилізації;

2) економічність – процес використання має бути максимально вигідний у вартісному вираженні;

3) безпеку – мінімальний збиток здоров'ю працюючих і не впливати негативно на навколишнє середовище;

4) ергономічність – максимальну зручність роботи оператора.

Так, при демонтажі обладнання, приладів, агрегатів і систем, які можна видалити з корпусу літального апарата (ЛА) до його оброблення, треба викрутити болти, гвинти, шурупи, видалити шплінти, з'єднувальні

муфти, перекусити і витягнути кабелі, тяги, трубопроводи тощо. Зазвичай, частина обладнання закріплюється стаціонарно, але його також часто потрібно видалити непошкодженим і доводиться вирізати це обладнання ще до оброблення ЛА.

Для всіх зазначених вище операцій можна використовувати як ручний інструмент, так і механізований. Підхід до вибору цього інструменту визначається зазначеними вище принципами. Розрізання самого ЛА на великогабаритні елементи навряд чи доцільно проводити з допомогою немеханізованого інструменту. Але й це не все. Потрібно утримувати відокремлювані елементи і конструкцію ЛА в цілому, розмістити необхідне оснащення і механізований інструмент, а отже, провести технологічне планування виробничої зони утилізації. Для механічного різання різних матеріалів можна застосовувати такі методи, інструмент, обладнання:

1) гільйотинні ножі – на задану високу продуктивність застосування цього методу необхідними є установлення спеціального оснащення для закріплення елементів конструкцій, оброблення однорідних металів. Недоліком таких ножів є створення високого рівня шуму і вібрацій;

2) ручні відрізні машини – зручні у використанні, але мають великі виділення абразивного пилу, підвищений рівень шуму і вібрацій;

3) фрикційні пилки – мають високу продуктивність при різанні високоміцних сталей і сплавів, але потребують стаціонарного установлення і обмежені за площею перерізу оброблюваних матеріалів. З причини великої швидкості різального інструменту не використовується для різання кольорових металів, а це зазвичай є основним конструкційним матеріалом ЛА;

4) електроіскровий метод, незважаючи на високу точність різання метод практично не застосовується через необхідність використання діелектричного середовища (гас) між електродом-інструментом і електродом-деталлю;

5) ультразвуковий метод – потребує подачі робочої суспензії, яка складається з води і абразивних зерен;

6) анодно-механічний метод – необхідна подача електроліту в зону різання;

7) різання струменем плазми – цей метод придатний для різання деталей з тугоплавких матеріалів і легованих сталей, кольорових металів, але потребує застосування стаціонарної установки, яка споживає багато аргону і електроенергії;

8) різання лазером – досить перспективний метод, оскільки можна різати практично будь-які матеріали за будь-якою траєкторією розрізу, і, не дивлячись на високу вартість установки, при досить великих обсягах виробництва може знайти застосування при утилізації АКТ;

9) електродугове різання – широко поширений метод. Недолік – низька швидкість різання, оплавлені й нерівні краї відрізаних елементів;

10) газове різання – використовується повсюдно. Недоліки – такі ж, як і у електродугового різання.

Отже, найбільш прийнятними методами різання виробів на великогабаритні шматки є: ручні відрізні машини, електродугове і газове різання, плазмове різання й різання лазером. Проілюструємо на прикладах:

1. Стратегічний авіаційний комплекс ТУ-95МС

Основним методом утилізації вибрано термогазострумний метод з огляду на можливості різання будь-яких матеріалів конструкції планера на відстані до 100 мм від зрізу сопла різача і ефективність використання в умовах аеродрому як при попередньому різанні на великі відсіки, так і на мірні шматки (див. нижче).

Як пальне використовується пропан, окиснювач – технічний кисень. Швидкість різання Д16Т товщиною 3 мм – не менше 1 м/хв, живлення – 220 В.

2. Утилізація літака Ан-24Б

Основним методом утилізації вибрано плазмовий метод із застосуванням установки плазмового різання ФОД-002.

Виробнича зона утилізації

Розробивши структурну схему утилізації (місця і порядок розбирання і членування), підібравши необхідний інструмент, проводимо планування виробничої зони утилізації.

Утилізацію можна проводити у приміщенні і на відкритому майданчику. Природними перевагами відкритого майданчика будуть:

- 1) відсутність зони обмеження утилізації;
- 2) не потрібно очищення повітря робочої зони;
- 3) свобода маневру техніки, установок, робочих;
- 4) не потрібно капітальних витрат на будівництво будівлі і підведення комунікацій.

Недоліки:

- 1) залежність від погодних умов і часу доби;
- 2) забруднення повітряного басейну в результаті робіт;
- 3) зазвичай захаращення відкритого майданчика продуктами утилізації і невикористаної техніки;
- 4) небезпека використання електричних мереж промислових частот для живлення устаткування і освітлення;
- 5) проблеми охорони виробничої площадки.

Переваги виробничих приміщень:

- 1) відсутність залежності від погодних умов і часу доби;
- 2) можливість використання стаціонарної техніки (у тому числі вантажопідійомної);

3) зазвичай більш раціональне розміщення обладнання і раціональне ведення технологічного процесу;

4) можливість використання будь-якої техніки;

5) організація допоміжних служб виробництва.

Недоліки:

1) великі витрати на капітальне будівництво;

2) необхідні заходи щодо організації штучного освітлення і вентиляції;

3) обмежена зона утилізації;

4) особливі заходи щодо пожежної безпеки і організації шляхів евакуації людей.

У будь-якому випадку відкритий або закритий виробничий майданчик має включати:

1) місце для розміщення самого ЛА і під'їзні шляхи до нього;

2) місце розміщення установки для термогазоструминного різання або установки плазмового різання;

3) живильний компресор;

4) контейнер з піском і баки з водою;

5) вуглекислотну установку пожежогасіння;

6) генератор газу;

7) вантажопідйомне обладнання, драбини, підставки та ін;

8) за необхідності пожежний автомобіль, тягач.

Конкретний перелік обладнання, а отже, і планування виробничої зони визначає директивний технологічний процес утилізації, де вказано всі виконувані операції і необхідний для цього інструмент.

Остаточні етапи утилізації

Отримавши великогабаритні елементи, проводять подальші роботи. Найбільш раціональним є вирізання (знищення) цілих вузлів конструкції, які можна використовувати в готовому вигляді в аналогічних виробках або народному господарстві. На практиці, така утилізація відбувається рідко, і великогабаритні елементи розбирають на мірні шматки, розмір яких визначає переробний завод. У будь-якому випадку робота з великогабаритними елементами утруднена (навантаження, перевезення, пакетування). Розбирання великогабаритних елементів проводиться зазвичай на тих же самих виробничих майданчиках, де розбирається вся конструкція із застосуванням того ж самого обладнання.

На цьому ж етапі проводиться підготовка брухту металів, інших матеріалів і матеріалів без визначеного майбутнього. Мірні шматки очищають від інших матеріалів і марок металів, виконують сортування брухту, контроль його на наявність порожнин, вибухонебезпечних агрегатів, амортизаторів, мастильних матеріалів, радіоактивних елементів. У деяких випадках проводять формування партій брухту за марками металів і його пакетування (за наявності спеціального обладнання). Решта

операції є важливою, але не становить інтересу для технологів: зберігання, навантаження, транспортування і розвантаження металообробу.

4. УТИЛІЗАЦІЯ АВІАЦІЙНИХ БОЄПРИПАСІВ

Утилізація авіаційних боєприпасів повинна здійснюватися на основі «Державної програми утилізації звичайних видів боєприпасів, непридатних для подальшого використання і зберігання» від 20 січня 1995 року № 40, Розпорядження Кабінету Міністрів України від 1 лютого 2012 р. № 57-р «Про затвердження переліку боєприпасів, що підлягають утилізації у 2012 – 2016 роках», Розпорядження Кабінету Міністрів України від 5 грудня 2012 р. № 996-р «Про схвалення Концепції Державної цільової оборонної програми утилізації озброєння, військової техніки та іншого військового майна (крім 294 звичайних видів боєприпасів та компонентів рідкого ракетного палива) на 2013 – 2017 роки» [1, 2]. Ці документи мають безпосередній об'єкт застосування – наявність 470 тис. т боєприпасів з очікуваним приростом 10 – 15 тис. т щорічно. У цій кількості авіаційні боєприпаси становлять 5 %.

Сукупність розроблених технологічних рішень, що забезпечують комплексну утилізацію (перероблення) застарілих зразків ЗВТ, називають для стислості технологією, згідно з якою весь спектр зразків ЗВТ з позицій технологічних рішень щодо їх перероблення поділяють на три основні групи:

1. Складні вироби, що потребують попереднього розбирання на вибухопожежонебезпечні і ті складові, що підлягають сировинному або агрегатному переробленню. Це всі типи ракет, торпед, артилерійських куль і патронів до стрілецького озброєння, інші подібні вироби.

2. Великогабаритні боєприпаси, які вигідно розрізати спеціалізованими, індивідуальними для кожного типу і калібру виробів технологічними зарядами вибухового різання. До них належать боєприпаси, споряджені тротилом з масою заряду більше 70 кг, всі типи і калібри інших боєприпасів, споряджені сумішевими складами на основі тротилу, гексогену, октогену з добавками алюмінієвої пудри, графіту та ін. Вивільнюване в результаті вибухового різання вибухове спорядження боєприпасів на місці переробляється в промислові вибухові матеріали. Метал корпусів після очищення від слідів вибухового спорядження відходить у металообробу.

3. Малогабаритні боєприпаси з масою вибухового спорядження до 10 кг за тротилом екологічно чисто і безпечно знищувати у водному середовищі спеціалізованого басейну. Продукти детонації барботують через воду, вона ж гасить кінетичну енергію уламків, які збираються з дна басейну, сепаруються за сортаментом і реалізуються як металообробу. Оскільки при детонації ряду вибухових сумішей з вільного вуглецю

утворюються кластерні алмази, вода в басейні періодично фільтрується і надходить назад в басейн, залишок йде на перероблення і реалізацію.

Розроблені технологічні рішення [3] передбачають проведення робіт поблизу місць складування силами військовослужбовців, звільнених у запас, що мають навички роботи зі складною військовою технікою та боєприпасами, навчених і атестованих в установленому порядку. Доходи від перероблення боєприпасів істотно поступають до доходів від роботи з брухтом, що містить дорогоцінні і рідкісноземельні матеріали. Зокрема, перероблення бойової частини (БЧ) зенітної керованої ракети, за знищення якої військово-повітряні сили (ВПС) виплачують державному полігону 1500 грн, дозволяє нам отримати продукцію на суму 600 грн, з якої на процес перероблення йде 300 грн, на обов'язкові та "необов'язкові" відрахування – до 200 грн. Необхідність утилізації визначається кількома причинами:

- 1) несправність боєприпасу і непридатність до ремонту;
- 2) відсутність технічних засобів для їх застосування;
- 3) відсутність на забезпеченні ВПС України;
- 4) закінчення терміну служби.

Такий об'єкт утилізації має ряд специфічних ознак:

- 1) різноманітність вибухових речовин (ВР) – більше 40 видів;
- 2) різноманітність конструкцій – більше 300 видів;
- 3) невідомі хімічна і фізична стійкості ВР при тривалому зберіганні;
- 4) використання запалювальних сумішей.

Утилізація великогабаритних боєприпасів. Це зазвичай боєприпаси фугасної або змішаної дії – осколково-фугасної, кумулятивно-фугасної та ін. За належністю до виду Збройних сил – це фугасні й осколково-фугасні авіаційні бомби, бойові частини ракет – зенітних, авіаційних і крилатих, бойові зарядні відділення торпед, ряд інженерних зарядів і всі типи морських, глибинні бомби і т. д. Маса заряду вибухового спорядження в таких боєприпасах вимірюється кілограмами, десятками і навіть сотнями кілограмів. Розроблені технологічні рішення з утилізації такого роду боєприпасів базуються на методах або розмінування в польових умовах, або розснарядження в заводських умовах. Оскільки боєприпаси, які підлягають утилізації, мають термін давності виготовлення, що обчислюється десятиліттями, то практично завжди спроба отримати доступ до вибухового спорядження ускладнюється через те, що нарізні сполучення, через які здійснювалося спорядження боєприпасів, "прикипіли". У межах технології розснарядження великогабаритних боєприпасів з масою спорядження за тротилом більше 70 кг, за складами типу ТГ і/або ТГА більше 8 кг або орієнтовно понад 10 в тротиловому еквіваленті проводиться в польових умовах із застосуванням прийомів, відпрацьованих військовими саперами при розмінуванні. Боєприпаси розрізаються вибухом так, що зберігається їх вибухове спорядження. Зазначені вище обмеження за масою визначаються не технічними, а

економічними причинами – при менших масах заряду витрати на вибухове різання не окупаються виробленою при цьому продукцією: чорного і кольорового металобрухту, промислових вибухових матеріалів. Процес утилізації починається з аналізу конструкції боєприпасу, а за відсутності креслярсько-технічної документації – з проведення габаритних обмірів і виміру товщини стінок корпусу. Далі з використанням методу числового моделювання підбирається технологічний заряд для вибухового різання, оптимальний за вартістю і мінімумом навантаження, що діє на вибухове спорядження. Робіт в області вибухового різання різних елементів конструкцій досить багато. Спочатку з'явився патент США 1964 року з пріоритетом від 1947 року, згідно з яким визначається ідея розрізання корпусів боєприпасів за допомогою вибуху накладних подовжених кумулятивних або лінійних зарядів. У цьому випадку використовується вибухове різання як метод вибухового бездетонаційного розмінування. При роботі з осколково-фугасними і фугасними авіабомбами калібрів 100, 250, 500, 1500 і 3000 кг, споряджених тротилом, на практиці не було підриву або загоряння вибухового спорядження. Робота з бойовими частинами типу 5Б18 і 5Б14Ш, споряджених сумішевим складом ТГ-20, призвела у 6 % випадків до пожежі і навіть вибуху. Встановлено, що до зазначених 6 % входять три категорії випадків:

1) неточність установа персоналом технологічних зарядів вибухового різання в перший день роботи після більш ніж двотижневої перерви в роботі Центру;

2) ймовірне проходження по площині вибухового різання спорядження з великими порами (діаметром від 4 до 12 мм), розташованими в зоні дії ще сильної ударної хвилі, що утворюється в спорядженні боєприпасів при вибуховому різанні його корпусу, на дистанції менше 80 мм від сежі розділу;

3) невідомі змінення в технології спорядження боєприпасів, оскільки однотипні вироби одного конкретного року виготовлення приводили до найбільшої кількості загорянь.

Вибухове різання боєприпасів в Центрі утилізації здійснюється дистанційно на майданчику № 1 в обвалованих і обшитих дошками місцях. При роботі з 5Б14Ш різання було двохстадійним: на першому етапі знімалася осколкова сорочка, на другому – вивільнялося вибухове спорядження. Заряд 5Б14Ш виготовлений методом віброзаливання і являє собою монолітну закристалізовану структуру. Після вибухового впливу він перетворювався на кришиво подібно до того, як дробиться вітрове скло автомобіля. Вручну це кришиво збиралося в крафт-мішки.

На майданчику № 2 кришиво складу ТГ-20 зважується (вручну попередньо очищається від видимих великих включень), потім шляхом додавання тротилу доводиться до складу типу ТГ-50, допущеного до промислового застосування. Далі там же, на майданчику № 2, підготовлене кришиво розплавляється в середовищі церезину в

електроводяних термостатах і надходить на розливання під багаторазові ливарні форми для виготовлення шашок-детонаторів типу ТГУ-1000К. Все технологічне обладнання розміщується в стандартних КУНГах і може переміщуватися в інше підготовлене місце. Однак з досвіду роботи рекомендується розміщувати обладнання в збірно-щитових будиночках, оскільки створення Центру займає не менше півроку, власне робота зі звільнення бази зберігання від надлишків застарілих боєприпасів розраховується терміном від 3 до 5 років. Застосування КУНГу з цієї причини є дорогим, і незручним.

При розрізанні тонких оболонок корпусу боєприпасу, наприклад 5Б14Ш, через кінцевість розмірів виробу виходить, що від точки ініціювання технологічного заряду вибухового різання до деякої відстані вплив, що утворюється при цьому у вибуховому спорядженні, ініціює ударну хвилю (УХ), що проходить по вихідній за своїми фізичними властивостями вибуховій речовині. З поширенням як самої УХ, так і хвилі стиснення за обсягом заряду, що трансформується з неї, відбувається його і мікро- і макроруйнування. З цього випливає, що з якогось моменту в просторі діяння вибухового спорядження вплив технологічного заряду вибухового різання буде здійснюватися за механічно зміненим вибуховим спорядженням, чутливість якого відрізняється від чутливості вихідної ВР. З урахуванням цих явищ розкрій вибухового різання тонкостінних боєприпасів має свої особливості. При розрізанні товстих оболонок корпусу боєприпасу, наприклад ФАБ-3000 або ОФАБ-500, необхідно враховувати той факт, що подовжені кумулятивні заряди мають різну величину бронепробивальності як в околиці точки ініціювання, так і на кінцевих ділянках порівняно з величиною бронепробивальності в зоні поширення усталеної детонаційної хвилі. Крім того, треба розуміти, що запобігти утворенню недорозрізаних корпусів таких боєприпасів, що мають товщину сталевих оболонок, яка становить багато міліметрів, неможливо, і боєприпас, який підлягає переробленню, у цьому випадку доводиться знищувати. Тому знання процесу бронепробивання подовженим кумулятивним зарядом визначає як умови встановлення подовженого кумулятивного заряду (ПКЗ) по лінії розкрою боєприпасу, так і умови його ініціювання.

Для конструкцій боєприпасів, що мають кумулятивні виїмки, стакани під додаткові детонатори або канали для проходження кабельних ліній зв'язку та ін., розкрій вибухового різання конструкції боєприпасу має враховувати також ці його особливості, що практично неможливо зробити без застосування як інструменту дослідження методу числового моделювання задач фізики вибуху і високошвидкісного удару.

Утилізація малогабаритних боєприпасів. Найбільш масовими є малогабаритні боєприпаси, маса вибухового спорядження в яких не перевищує 10 кг. До них належать артилерійські снаряди калібру до 152 мм включно, протитанкові та протипіхотні міни, ручні гранати, бойові

частини від ручних гранатометів, бойові частини некерованих і ряду керованих авіаційних ракет та ін. Зазвичай вони зберігаються в остаточно спорядженому вигляді. Зведення цих боєприпасів до неостаточно спорядженого вигляду, роботи з вилучення вибухового спорядження, маса якого в переважній більшості випадків коливається в межах 100...150 г, безумовно, потребують створення роботизованих поточних ліній або, щонайменше, механізованих автоматів з розбирання. Це дорого і складно в експлуатації. Тому в результаті аналізу різних методів (засобів) розмінування було запропоновано проводити детонаційне знищення малогабаритних боєприпасів у водному середовищі спеціалізованого басейну. При такому технологічному рішенні повністю зберігаються матеріали конструкції корпусу боєприпасу. Під дією детонаційної хвилі вони руйнуються на осколки таким чином, що матеріали з різною акустичною жорсткістю відділяються один від одного. Вода гасить кінетичну енергію уламків, і вони осідають на дно басейну в спеціальну підйомну сітку. Крім того, вода стримує швидкість розширення продуктів детонації, отже, всередині цього газового пузиря довше, ніж при повітряному вибуху, тримається високий тиск, що сприяє повноті завершення хімічних процесів в продуктах детонації.

Басейн являє собою тонкостінну металеву посудину, закопану в зволожений пісок (ґрунт). Стінки басейну в багатьох випадках виконують функцію гідроізоляції, оскільки розрахунок допустимої маси заряду проводиться в межах зони пружності матеріалу стінок. Значне ударно-хвильове навантаження сприймає пісок (ґрунт), що знаходиться за стінками басейну. Неоднорідності, що зустрічаються в ньому (великі камені, пні дерев, скинуті в котлован при засипці басейну тощо) спотворюють симетрію ударно-хвильового навантаження і є причиною скорочення терміну служби басейну через передчасний розрив його стінок. Порядок проведення робіт з вибухової утилізації боєприпасів у водному середовищі басейну полягає у такому:

1. Боєприпас подається від місця утримання денної норми до басейну і підвішується до одного з чотирьох плечей конвеєра карусельного типу, при цьому на боєприпасі встановлюється підривний заряд.

2. Карусель прокручується на 90° таким чином, що цей боєприпас потрапляє до бригадира, який перевіряє підвіску боєприпасу, кріплення підривного заряду, встановлює електродетонатор та приєднує його до бойового ланцюга.

3. Карусель повертається на 90° таким чином, що боєприпас зависає над дзеркалом басейну в районі його осі симетрії, бригадир опускає боєприпас у задану точку басейну (на задану глибину), здійснює підрив і потім піднімає залишки підвіски з води.

4. Карусель знову повертається на 90° , підвіска потрапляє до третього оператора, який знімає залишки попередньої підвіски, навішує нову і готує контакти бойового ланцюга до наступного циклу робіт.

Оболонкою басейну може бути одна з половинок старої залізничної цистерни або списана ємність з-під паливо-мастильних матеріалів місткістю близько 25 – 30 м³ або щось подібне. Допустима маса для таких "басейнів" – в межах 100...150 г у тротиловому еквіваленті. Точка, в якій здійснюється підрив, визначається розрахунковим шляхом з умов відсутності під час вибуху викиду "султана", що призводило б до практично повного викиду продуктів детонації в атмосферу. Попередньо мають бути проведені численні дослідження роботи басейну, динаміки взаємодії ударних хвиль з конструкцією басейну і навколишнім середовищем, динаміки гідропотоків в басейні, впливу бульбашкового захисту і окремих бульбашок на параметри басейну та інші дослідження. На основі отриманих результатів формулюються вимоги і підходи до оцінювання конструкції будь-якої ємності для використання її як основи басейну.

Організація вибуху боєприпасу в басейні здійснюється таким чином, що продукти детонації не викидаються в атмосферу, а барботують. Відразу після вибуху з басейну піднімається "дощик" відкольних шарів води, потім вода "закипає", оскільки до поверхні спливають дрібні бульбашки охолоджених продуктів детонації. Аналіз висхідних газів показав, що значна частина газів розчиняється у воді, надаючи їй слабкокислого характеру.

Ряд вибухових речовин утворює конденсовані продукти детонації у вигляді оксидів алюмінію (для складів типу МС, А-ІХ-2 та ін.) і вуглецевої дрібнодисперсної алмазовмісної шихти (склади типу ТГ). Оскільки час дії високого тиску в газовому пазирі продуктів детонації під час вибуху в водному середовищі більше, ніж в атмосфері, продукти детонації у водному басейні в процесі барботажу інтенсивно охолоджуються, вихід вуглецевої шихти і вміст у ній кластерних алмазів становлять до 8 % (у газовій атмосфері – в межах 4 %). Таким чином, при утилізації досить великого спектру боєприпасів, споряджених складами типу ТГ, з води водного басейну об'ємом 25...30 м³ вдається фільтрувати до 45 кг шихти в день.

Вибухову утилізацію малогабаритних боєприпасів у водному середовищі відрізняють сезонність (вода нагрівається від продуктів детонації), висока екологічність процесу (барботаж газів, вода після фільтрації надходить назад в басейн, інтенсивне випаровування в відколотих шарах і при нагріванні потребує періодичного доливання води, рекультивація – засипання басейну вапном), просте у виготовленні і експлуатації обладнання – карусель, зовні проста і безпечна робота. Продуктами утилізації є лом чорних і кольорових металів, алмазна шихта, яка є основою новітніх і перспективних матеріалів.

Комплексна утилізація конструкцій складних боєприпасів традиційного спорядження. Термін "складні боєприпаси" не використовується в науці про боєприпаси, але він використаний нами для того, щоб у межах вирішення проблем утилізації об'єднати з єдиних

технологічних позицій такі зовні різнопланові вироби, як ракети різних класів – ЗУРи, авіаційні, тактичні й крилаті, ПТКР та ПТКРС, а також артилерійські і мінометні постріли, постріли до систем залпового вогню, торпеди, реактивні глибинні бомби та ін. З наведеного далеко не повного переліку випливає, що розглядаються вироби, які комплектуються як бойовою частиною (бойовим зарядним відділенням або боеголовкою та ін.), так і ракетним двигуном на твердому або/та рідкому паливі. У ряді випадків планер ракети, її бойова частина, ракетні двигуни твердого палива (РДТП) або стартові прискорювачі і паливо для рідинного ракетного двигуна розміщуються в окремій тарі і зберігаються в окремих сховищах в межах технічної території однієї бази зберігання. В інших випадках вироби зберігаються в зібраному вигляді, іноді частково у зібраному вигляді. З цього випливає, що при розробленні технологічного процесу утилізації необхідно передбачати технологічні ділянки (майданчики) для розбирання виробів на складові, безумовно, маючи на увазі, що утилізація проводиться комплексно. Створюваний за технологією "Форпост" Центр комплексної утилізації застарілих зразків ЗВТ може містити технологічні ділянки з утилізації вибухопожежонебезпечних складових, майданчики з дезактивації "мокрих" ракет і залишків рідкого палива в них, а також технологічні рішення щодо дезактивації території і обладнання від слідів гептилу і/або амілу. Кожен Центр оснащується за конкретним місцем розміщення для перероблення конкретного спектру "сировини" як за номенклатурою, так і за обсягами, що дозволяє виробляти максимально високоліквідні продукти утилізації. У загальному випадку процес утилізації полягає в тому, що на полігоні або на території військової частини, що вивільняється, обладнується система виробничих майданчиків, на яких вироби піддаються штатному розбиранню на вибухонебезпечні складові та інші елементи. Залежно від типу вибухопожежонебезпечні складові – боєприпаси – переробляються за технологією великогабаритних або малогабаритних виробів. Технологічне обладнання переміщується і може бути розгорнуто протягом місяця на підготовленій для цих цілей території. На підготовку території (створення за необхідності периметра, захисних валів, укриттів, мереж електроживлення, зв'язку і систем охоронної сигналізації та ін.) необхідно до півроку. Перспективність дрібнодисперсної поверхневої деструкції сумішевих твердих ракетних палив була продемонстрована на двигуні з масою палива близько 3,5 т. Метод дрібнодисперсної поверхневої деструкції полягає у такому:

1. У корпус двигуна з відстикованими передньою і задньою кришками, усередині якого розміщений заряд твердого палива, подається водний розчин гідроксиду натрію.

2. При взаємодії робочого розчину з поверхневим шаром палива відбувається часткове розчинення і хімічна взаємодія, в результаті якої з поверхневого шару видалається до 85...90 % кристалічних і твердих

компонентів (окислювача і металевого пального), а поверхня заряду стає пухкою (губчастою) і легко видаляється механічним способом.

3. Процес відбувається безперервно – робочий розчин взаємодіє з наступним шаром палива і т. д.

4. Продукти руйнування твердопаливного заряду або переходять в розчин, або випадають в осад, а механічно відокремлене з поверхні заряду полімерне кришиво спливає і видаляється з корпусу двигуна в процесі циркуляції робочого розчину.

5. Після поділу продукти утилізації направляються на подальше перероблення з використанням звичайних хімічних технологій та існуючого стандартного устаткування.

До переваг методу слід віднести можливість утилізації зарядів різних форм, розмірів, а також дефектних зарядів (з тріщинами, відшаровуваннями і раковинами). У результаті утилізації виробляються такі продукти: перхлорат калію, що використовується при виробництві миючих засобів, засобів пожежогасіння і сірників; газоподібний водень, який після очищення і осушення закачується в стандартні балони; гранульований сульфат амонію, розфасований в крафт-мішки, використовується в сільському господарстві як добриво; октоген кристалічний (для деяких видів палив); пентагідроксохлорид алюмінію, який використовується як коагулянт у системах очищення води; каучукове кришиво, маркетинг якого опрацьовується. Використовуються такі витратні матеріали: натрію гідроксид, калію гідроксид, хлорид калію, сірчана кислота, соляна кислота. За оцінками для великогабаритних РДТП з масою заряду до 50 т за час 3 – 5 діб забезпечується видалення зарядів з корпусів двигунів, які потім можуть бути використані як ємності для зберігання зерна, паливно-мастильних матеріалів та ін. Нині у межах забезпечення в інтересах протиповітряної оборони (ППО) та військово-морського флоту (ВМФ) комплексних робіт з утилізації рідинних ракетних систем, рекультивації територій і обладнання позиційних районів і баз, що вивільняються, зберігання застарілого озброєння є гостра необхідність детоксикації несиметричного диметилгідразину – гептилу, що забруднює ґрунт, прилеглі водойми, залізобетонні й металеві споруди.

У результаті контакту гептилу з киснем повітря утворюється велика кількість продуктів його неповного окиснення, у тому числі нітродиметиламін, диметилформамід, тетраметилтетразен, первинні й вторинні аміни, а також нітрозодиметиламін, токсичність якого на порядок вище вихідного гептилу. При тривалому контакті гептилу з киснем утворюються високополімерні сполуки – смоли, які важко піддаються подальшому переробленню. Існуючі способи нейтралізації гептилу є технологічно складними, дорогими і не забезпечують повне очищення. Так, при регенерації твердих сорбентів, наприклад силікагелю, адсорбованого гептилу, вони піддаються прожарюванню приблизно при 300 °С. Утворені при цьому продукти неповного окиснення гептилу

негативно впливають на навколишнє середовище, що призводить до нового екологічного ризику. Промивання ємностей трихлоретиленом не забезпечує повного очищення і потребує подальшої регенерації розчинника. Малопридатними є методи, до яких належать створення високих рН-розчинів і введення реагентів, таких як хлорне вапно, що забруднюють навколишнє середовище.

Сукупно проблему поділяють на три основних напрямки:

- 1) негайна, оперативна детоксикація свіжих слідів гептилу;
- 2) очищення металевих ємностей, у тому числі "мокрих" ракет і ракетних двигунів;
- 3) рекультивація ґрунтів і води у водоймах на територіях позиційних районів і баз, що вивільняються.

Важливо зауважити, що роботи зі збереження навколишнього середовища, що розглядаються в цьому випадку, завжди потребують значних бюджетних вкладень.

За рубежом провідні корпорації військово-промислового комплексу і фірми, що спеціалізуються в розробленні авіаційно-космічної та іншої складної техніки, активно використовують обчислювальний експеримент в області фізики вибуху і високошвидкісного зіткнення. З цією метою розробляється низка програмних систем, у більшості своїй реалізованих на дорогих надпотужних ЕОМ типу "Cray-1" і тому малодоступних для широкого кола зацікавлених дослідників.

У процесі розрахунку для кожного інтервалу часу (наприклад, 0,1 мкс) на магнітному носії записуються всі характеристики розрахункового поля для певного тимчасового шару: тиск у кожній точці розрахункового поля (крок на рівні 0,01 мм, більше або менше залежно від заданих вимог), компоненти тензора напружень, щільність, внутрішня енергія (температура) і компоненти вектора масової швидкості частинок середовища. За необхідності для потрібного тимчасового шару на екран монітора або твердий носій (на папір) видається картина стану тиску, щільності або іншого параметра шляхом заданої градації кольорів, вибраних для певного тіла або сукупності взаємодіючих тіл. Чим вище значення даного параметра, тим більш насиченим є зображення на моніторі (на папері).

Порівняння різних варіантів завдань дозволяє досліднику визначити тенденції впливу параметрів завдання на кінцевий результат і вибирати оптимальне рішення як з міркувань фізики явища, так і за конструктивним виконанням, а отже, і за вартістю вирішення завдання.

За допомогою машинно-програмного комплексу "Стерео-Форпост" вирішено ряд практично значущих завдань, наприклад:

- 1) характер руйнування броньових плит різної товщини під час вибуху накладного заряду в двовимірному вісесиметричному наближенні;

2) характер формування кумулятивного ножа литого УКЗ і його впливу на броньовану перепону кінцевої товщини в двовимірному плоскому наближенні та ін.

Спектр вже вирішених завдань, а також тих, які до теперішнього часу знаходяться в стадії вирішення, досить широкий і різноманітний. Ми обмежені тільки продуктивністю наявної у нас обчислювальної техніки. Також потребує доопрацювання технологія виведення результатів, їх графічного подання для задач, що розглядаються у тривимірній постановці.

Результати маркетингу нанодисперсної шихти, що синтезується при утилізації боєприпасів. Використання застарілих боєприпасів як сировини для синтезу нанодисперсних або ультрадисперсних кластерних алмазів (УДА) з економічної точки зору є досить цікавим хоча б тому, що відкривається можливість отримання вихідної сировини для цілої групи перспективних композитних матеріалів.

Фізико-хімічні явища, що визначають процес детонаційного синтезу нанодисперсних алмазів, вивчені ще недостатньо, незважаючи на відносну давність і значну кількість досліджень у цьому напрямку. Процеси, що відбуваються при детонації конденсованих вибухових речовин, вкрай швидкоплинні – 10^{-9} – 10^{-6} с. За миті тиск у певній лагранжевій точці середовища змінюється від десятків гігапаскалей до атмосферного і навіть трохи нижче. Інструментальні дослідження при цьому вкрай ускладнені. Детонаційна хвиля являє собою комплекс ударної хвилі і наступної за нею зони хімічних реакцій, стаціонарність поширення якого визначається динамічною рівновагою між витратами енергії на ударно-хвильове стиснення вихідного ВР, що складається зазвичай з сукупності атомів вуглецю, азоту, кисню і водню, і величиною енергії, що вивільняється при розриві хімічних зв'язків молекули ВР і досягає фронту ударної хвилі і "живить" її. Для бойових вибухових речовин характерним є негативний кисневий баланс.

Як одну з можливих гіпотез фізичної моделі процесу синтезу (утворення) нанодисперсних алмазів за фронтом детонаційної хвилі можна взяти таку схему процесу:

1. Руйнування у фронті детонаційної хвилі молекули ВР призводить до утворення атомарного вуглецю.

2. У міру змінення стану середовища за фронтом детонаційної хвилі "туман" з атомарного вуглецю починає конденсуватися, і подібно до того, як це відбувається з водяною парою, атомарний вуглець конденсується за двома можливими фазами: графіт або алмаз. (Дослідження останніх років показали можливість утворення третьої фази – фулеренів, що являють собою геометрично правильні порожнисті сфери з 60, 70 і 80 атомами вуглецю – C₆₀, C₇₀ і C₈₀. Застосування фулеренів досліджується, і накреслено ряд перспективних напрямків, особливо у лікуванні онкологічних захворювань).

3. Умови формування алмазу такі, що утворюється система кластерів фрактального типу ("іжакоподібні" кристалічні структури з дуже сильно розвиненою поверхнею в межах $300 \text{ м}^2/\text{г}$) розміром в межах 40...60 А або 4...6 нм, що і визначило одну з назв цих алмазів – наноалмази.

4. У міру розширення продукти детонації взаємодіють з атмосферним киснем, і відбувається часткове згоряння як розпечених частинок графіту з утворенням оксидів вуглецю, так і кластерів алмазів з утворенням "вторинного" графіту і оксидів вуглецю.

Детонаційна утилізація боєприпасів у водному середовищі спеціалізованого басейну за технологією призводить до того, що час дії високого тиску в продуктах детонації вибухового спорядження боєприпасів дещо більше, ніж при вибуху безоболонкового заряду такого ж ВР у газовій атмосфері. Позитивний вплив на час синтезу алмазів роблять і наявність у боєприпасі міцної металевої оболонки, і оточуюча боєприпас вода в басейні. У результаті вихід алмазної фази збільшується більш ніж в два рази.

Важливо розуміти, що завдяки високорозвиненій поверхні наноалмазів вони адсорбують як самі себе з утворенням механічно неруйнівних агрегатів розміром 20...50 нм, так і велику кількість різних атомів і молекул і як би оточені "ореолом" з цих молекул. Фільтрація води з басейну дозволяє збирати нанодисперсну шихту, що складається орієнтовно з 50 % нанодисперсного графіту і 50 % наноалмазів. Крім того, в шихті виявляються фулерени на рівні до 0,1 %.

Перелічимо сфери застосування наноалмазів:

1. Електрохімічне покриття різних матеріалів благородними (золото, срібло, паладій) і неблагородними (хром, нікель, цинк, мідь, олово) металами з утворенням метал-алмазної поверхневої плівки (новий композитний матеріал), а також окисдування (анодування) алюмінію і його сплавів. Це додає виробам підвищену захищеність від корозії і механічного стирання, привабливий зовнішній вигляд. Такі покриття мають рівномірну кристалічну структуру, не отруйні, мають незмінні й стабільні електрофізичні властивості. У технологічному процесі може застосовуватися мінімально модифіковане стандартне обладнання.

До переваг метал-алмазного і анодно-оксидного покриттів слід віднести:

- підвищення якості та конкурентоспроможності продукції завдяки утворенню бездефектних малопористих покриттів зменшеної товщини, а також високій мікротвердості і, як наслідок, підвищенню зносостійкості, адгезії і зниженню коефіцієнта тертя;

- збільшення терміну служби інструменту і деталей у 2–10 разів;

- економія металів, енерго- і трудовитрат;

- підвищення продуктивності гальванічних ліній на 20...50 % завдяки підвищенню швидкості осадження і зменшенню товщини покриття;

– поліпшення екологічних характеристик і вироблених матеріалів і процесів їх отримання.

Питома витрата наноалмазів при товщині шару 1 мкм дорівнює $0,2 \text{ г/м}^2$, при оксидуванні – $0,4 \text{ г/м}^2$.

2. Полірування мікроабразивними і полірувальними сумішами.

Наноалмази в мікроабразивних і полірувальних сумішах знаходять застосування при фінішному високопрецизійному поліруванні матеріалів у радіотехніці, електроніці, оптиці, медицині і машинобудуванні. Склади забезпечують отримання досконалої дзеркальної поверхні твердих тіл без дефектів і дислокацій, необхідної площинності, плоскопаралельності, будь-якої геометричної форми. Переваги полірувальних систем з наноалмазами визначаються тим, що:

– надмалий розмір частинок наноалмазів ґарантує мінімальні значення шорсткості поверхні і колоїдну стабільність полірувальних систем;

– хімічна стабільність наноалмазів ґарантує можливість використання хімічно активних присадок і регенерації полірувальних систем;

– мале знімання матеріалу з полірувальної поверхні;

– іонообмінна і сорбційна активність наноалмазів ґарантує іммобілізацію іонних і молекулярних продуктів знімання на поверхні частинок наноалмазу;

– фрактальна структура агрегатів наноалмазу ґарантує регульоване структуроутворення у суспензійних полірувальних системах і відсутність напружених і порушених поверхневих шарів оброблюваного матеріалу;

– наноалмази нетоксичні;

– полірувальні системи з наноалмазами – це підвищення якості та конкурентоспроможності полірувальної продукції, це технологічність полірування важкооброблюваних матеріалів.

Питома витрата наноалмазів дорівнює $1...10 \text{ г/м}^2$ оброблюваної поверхні.

3. Приготування мастильних масел, мастил, мастильно-охолоджувальних рідин (антифрикційні протизносні мастильні композиції).

Застосування наноалмазів для мастил, консистентних мастил, мастильно-охолоджувальних рідин як присадок до моторних і трансмісійних масел, консистентних мастил і мастильно-охолоджувальних рідин знайшли застосування в машинобудуванні, металообробці, двигунобудуванні, судно- і авіабудуванні, на транспорті. Наноалмази в мастилах забезпечують високоякісну седиментаційно-стійку і екологічно безпечну систему з розміром надтвердих частинок менше $0,5 \text{ мкм}$. Переваги алмазних присадок перед масляними композиціями визначаються:

1) підвищенням якості та конкурентоспроможності внаслідок збільшення ресурсу роботи транспортних засобів і устаткування, економії

паливно-мастильних матеріалів, заміни дорогих масел і спеціальних мастил;

2) зниженням моменту тертя на 20...40 % і зношенням поверхонь, що труться, на 30...40 %;

3) швидким припрацюванням пар тертя.

Питома витрата наноалмазів дорівнює 0,01...0,20 г/кг масла.

4. Виготовлення полімерів (плівок, гум, пластмас) і мембран.

Полімери на базі наноалмазів знаходять застосування в авіа-, автомобіле-, судо- і тракторобудуванні, в медицині, хімічній і нафтохімічній промисловості, при виробництві ущільнювачів, запірної арматури різного призначення, при створенні протекторних і антифрикційних плівкових покриттів.

Полімерні композиції посилюють комплекс пружно-міцнісних властивостей у 1,5–2,5 рази. Фтореластомери з наноалмазами мають збільшену стійкість до абразивного зносу в 2–4 рази, а плівки з них мають коефіцієнт сухого тертя менше 0,01. Наноалмази є ефективними стабілізаторами теплового старіння полімерів. Високі адгезійні й когезійні властивості мають епоксидні клеї на основі наноалмазів. Наноалмази використовуються в технологіях полімеризації з розчинів і розплавів, хімічного затвердіння, електронно-променевого, газоплазмового, електростатичного розпилення. Для отримання алмазовмісних композитів використовується стандартне обладнання. Переваги алмазовмісних полімерних композицій такі:

1) підвищення якості та конкурентоспроможності продукції внаслідок підвищення міцності, зносостійкості, стійкості до старіння і абразивних впливів; зниження коефіцієнта тертя на поліфтореластомерах і перфторполімерах і його підвищення на поліізопренах; адаптація матеріалів і покриттів до конкретних технологій і виробів;

2) можливість заміни дорогої полімерної сировини на більш дешеву;

3) економія дорогих і дефіцитних компонентів і матеріалів.

Питома витрата наноалмазів становить 1–5 г/кг гуми (полімеру) або 1–5 г/м² полімерного покриття або плівки.

5. Виготовлення абразивного інструменту.

Традиційна класифікація авіаційних бомб (АБ):

1) авіаційні бомбардувальні засоби ураження (АБЗУ);

2) некеровані авіаційні ракети (НАР);

3) авіаційні керовані ракети (АКР);

4) авіаційні патрони.

При постановці завдання утилізації АБ така спрощена класифікація через низку причин є непридатною, оскільки не дозволяє досить повно оцінити можливі шляхи технології робіт. Застосуємо класифікацію за ознаками.

1. Конструктивно-технологічні ознаки:

1) авіабомби;

- 2) некеровані авіаційні ракети (НАР);
- 3) авіаційні керовані ракети, коректовані авіаційні бомби;
- 4) авіаційні патрони.

2. За видом бойового спорядження – ВР і спеціальні засоби:

- 1) споряджені ВР: тротилом; сумішевими ВР; ВР об'ємного вибуху;
- 2) споряджені засобами спеціального призначення:
 - а) запальними і освітлювальними сумішами;
 - б) стрілоподібними вражаючими елементами (СПВЛ);
 - в) осколковими авіабомбами малого калібра або засобами для створення радіолокаційних перешкод.

Поділ за видом палива ракетних двигунів передбачає тверді й рідкі палива, а також вироби, які мають кілька ступенів з різними видами палив. До цієї ж підгрупи належать АБ з пороховими зарядами. Група, утворена за конструктивно-технологічною ознакою, визначає методи розбирання виробів на елементи, а підгрупа, побудована за типом бойового спорядження, в основному стосується ВР, визначає одноманітні методи вилучення та перероблення для кожного типу ВР. Класифікація дозволяє:

- 1) при розробленні технології утилізації врахувати особливості БП кожного типу і модифікації;
- 2) застосувати одні й ті ж технології утилізації різних типів БП;
- 3) уніфікувати технологічне обладнання;
- 4) підвищити ефективність спеціалізації виробничих потужностей.

Технологічний процес утилізації реактивних снарядів

Виходячи з вищесказаного концепція «Програми» утилізації складається з елементів:

- 1) створення виробництва і перероблення БП, які виконуються внаслідок прибутку від реалізації вторинних матеріалів, отриманих в процесі утилізації;
- 2) державне фінансування створення постійно діючих потужностей і процесу утилізації поточних запасів і БП;
- 3) повторне використання окремих елементів БП за їх прямим призначенням;
- 4) розміщення потужностей утилізації на підприємствах, що виготовляють БП.

Принципова схема робіт з утилізації БП має такий вигляд:

- 1) роботи, що виконуються на базах і арсеналах Міністерства Оборони: розбирання БП на елементи, в результаті якого виходять порох, снаряди (боєголовки), корпуси ракет, гільзи, зривники, засоби займання та ін.;
- 2) роботи, що виконуються на спеціалізованих підприємствах: перероблення порохів і палив для спеціального призначення та товарів

народного споживання; вилучення ВР з корпусів і їх перероблення; реалізація матеріалів.

Проблеми утилізації:

- 1) поводження з ВР і порохами після ґарантійного терміну зберігання;
- 2) вимоги безпеки (у т. ч. і екологічної) до знову розроблюваних технологій, ведення технологічного процесу тощо;
- 3) відпрацювання оптимальних умов і способів вилучення ВР з корпусу ракети для кожної базової технології і конкретної номенклатури за параметрами безпеки, екології, економії.

На першому етапі утилізації БП задіяно обладнання спеціалізованих виробництв, що призначалося для виправлення браку при роззброєнні тротилом снарядів середнього калібру. Недоліки: енергоємність, мала продуктивність, невідповідність екологічним вимогам.

Нині низка підприємств має власні унікальні технології утилізації окремих видів боєприпасів, які можуть вирішувати комплексні завдання розроблення Програм утилізації, а саме: проектування виробництва, постачання і комплектація необхідного обладнання, навчання персоналу, участь у подальшій експлуатації Центрів розроблення зазначених підприємств за екологічно чистою і беззбитковою утилізацією всього спектра боєприпасів традиційного спорядження (споряджених сумішами на основі тротилу, гексогену, А-1Х-1, ТГ та ін.). У діючих центрах впроваджено безліч власних розробок і технологій, серед яких автоматизований верстат для оброблення стрілецько-гарматних набоїв АСРВ-УЗ-23 з продуктивністю 5400 пострілів на годину, мобільний модульно-контейнерний комплекс розснарядження артилерійських боєприпасів з частковим переробленням вибухових речовин, лінія вибухового різання авіаційних бомб кумулятивними зарядами з подальшим вилученням вибухових речовин, верстати для подрібнення трубчастих артилерійських порохів змінною продуктивністю 1000 кг. Вживані технологічні підходи (вибухове різання великогабаритних боєприпасів для полегшення доступу до його спорядження, газоплазмове, гідроабразивне різання, утилізація боєприпасів у водному середовищі, метод індукційного виплавлення зарядів, вилучення вибухових речовин з боєприпасів підвищеної потужності струменем води високого тиску та ін.) дозволяють забезпечити високу безпеку робіт, екологічну чистоту процесів і, що найголовніше, рентабельність виробництва. Отримані в результаті утилізації мідь, латунь, алюміній, чорний метал реалізуються у вигляді металобрухту, вибухові речовини переробляються відповідно до технічних умов для подальшої реалізації в народному господарстві у вигляді вибухових матеріалів, допущених до застосування. Всупереч думці, що склалася про збитковість утилізації боєприпасів, застосування новітніх технологій, що дозволяють повторно використовувати продукти утилізації, в тому числі й перероблені вибухові матеріали, хоча і потребують великих капітальних вкладень, але роблять її економічно вигідною. Загальна

рентабельність (до витрат) існуючих Центрів утилізації боєприпасів залежно від їх типів становить від 40 до 100 %, а термін окупності залежно від завантаження – від 6 до 36 місяців після пуску об'єкта в експлуатацію.

Було розроблено обладнання для обігрівання корпусів снарядів тротилового наповнення і осколкових снарядів роздільно-шашкового спорядження [4]. Впроваджено технології розбирання освітлювальних снарядів і снарядів зі стрілоподібними уражувальними елементами (СУЕЛ); завершується технологічна підготовка з вилучення гексогенових шашок з бронебійних снарядів; ведеться підготовка технологій з розбирання на елементи БП без ВР і вимивання інертним теплоносієм тротилу з авіабомб і бойових частин великого калібру. Особливість проблеми безпеки: можливість випадкового вибуху на етапах зберігання, транспортування, перероблення, вторинного використання видобутих матеріалів. У зв'язку з цим розроблено нормативну базу з охорони праці і безпеки підприємств, на яких здійснюються утилізаційні роботи. Для того щоб почати роботи з утилізації, необхідна базова конструкторсько-технологічна документація.

Структурну схему утилізації авіаційних засобів ураження (АЗУ) подано на рис. 4.1.

Етапи утилізації:

- 1) розбирання БП на складові частини;
- 2) вилучення із складових частин ВР;
- 3) розбирання складових частин на елементи (які можуть повторно використовуватись);
- 4) первинна обробка складових частин і елементів для вилучення сировинних матеріалів;
- 5) технічний огляд складових частин і (або) елементів, що підлягають вторинному використанню;
- 6) вторинна переробка вилучених матеріалів.

На підставі структурної схеми прийнято, що конструкторсько-технологічна документація містить:

- 1) комплект експлуатаційної документації;
- 2) ескізу конструкторську документацію.

Утилізація АБ – завдання складне, потребує максимально високої якості організації технологічного процесу. Всі роботи з утилізації належать до робіт високої складності і підвищеної небезпеки і потребують суворого виконання вимог існуючих постанов та інструкцій з техніки безпеки. Як завжди спосіб утилізації має враховувати можливість вторинного використання продуктів утилізації та їх перероблення, а також й екологічні фактори. Комплексна утилізація визначає найбільш раціональний спосіб процесу, обумовлений конструктивними здатностями виробу і ступенем його придатності.

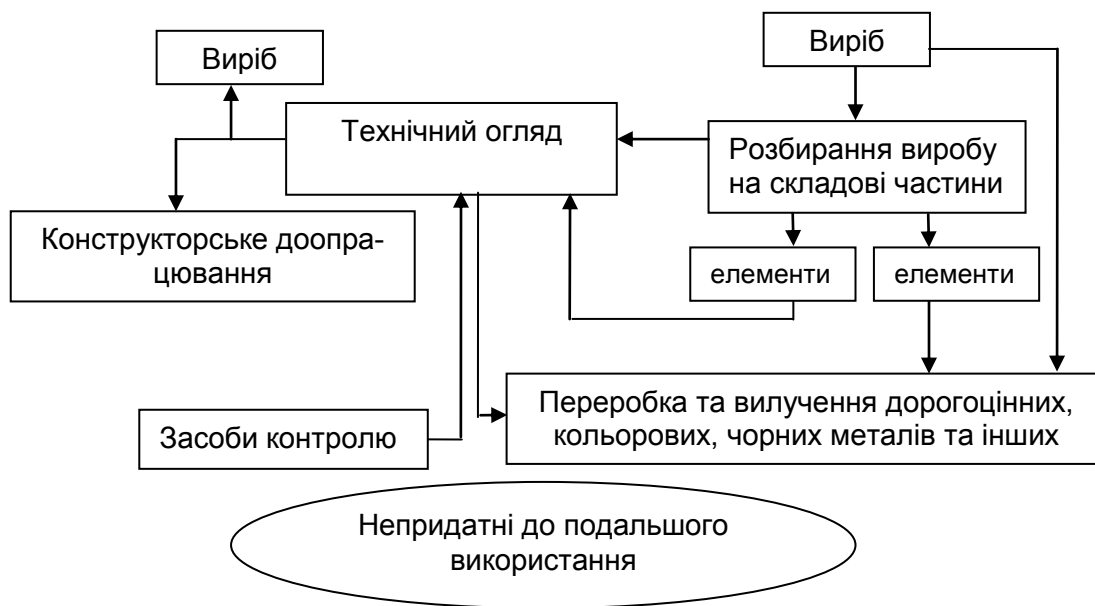


Рис. 4.1. Структурна схема утилізації авіаційних засобів ураження

Технології утилізації АБ

При розробленні технологій роззброєння боєприпасів слід враховувати, що роззброєння боєприпасу передбачає видалення з нього детонатора, відкриття корпусу з метою отримання доступу до ВР, виймання ВР, подальшу утилізацію корпусу і ВР. Якщо передбачена подальша утилізація корпусу зривника, то також передбачаються його розчленування, подальша утилізація корпусу і ВР.

Видалення зривника з корпусу БП може здійснюватися:

- 1) вигвинчуванням вручну або за допомогою механізмів;
- 2) відокремленням вбудованих детонаторів;
- 3) застосуванням кумулятивних зарядів;
- 4) термітним різанням;
- 5) ультразвуковим різанням;
- 6) гідрорізанням;
- 7) механічним різанням.

Відкриття корпусу для забезпечення доступу до ВР здійснюється:

- 1) гідрорізанням;
- 2) вибуховим різанням кумулятивними струменями;
- 3) термітним різанням;
- 4) ультразвуковим різанням;
- 5) розламуванням корпусів у хімічно активних середовищах;
- 6) механічним різанням;
- 7) зломом після попереднього різання;
- 8) хімічним розчиненням корпусів або їх частин;
- 9) електрохімічним травленням;

10) лазерними технологіями.

Вилучення ВР з корпусів БП або їх елементів можна здійснювати такими способами:

- 1) виплавленням;
- 2) вимиванням струменем рідини;
- 3) вибиванням за допомогою механічних засобів;
- 4) навантаженням імпульсом ударної хвилі;
- 5) виточуванням;
- 6) магнітодинамічним впливом;
- 7) розчиненням;
- 8) впливом наднизьких температур.

Перероблення і використання продуктів утилізації:

- 1) вилучені ВР переробляються в промислові ВР;
- 2) повторне використання деяких елементів конструкції для модернізації БП;
- 3) використання елементів конструкції для виробництва цивільної продукції;
- 4) передача металів (чорних і кольорових) в утиль;
- 5) передача елементів конструкції, що містять дорогоцінні метали, на перероблення.

Конкретизуємо перелічені способи оброблення боєприпасів.

На базі вітчизняного обладнання [5] інтенсивно розвивається напрямок із застосування гідро- і гідроабразивного різання за допомогою впливу водяного струменя (з домішкою абразиву) високого тиску до 200 МПа на різні матеріали і елементи конструкції. Спочатку цей спосіб застосовувався як одна з технологій знешкодження аварійних спеціальних боєприпасів. Нині функціонують і розробляються дослідні установки, призначені:

- 1) для безпечного розбирання звичайних боєприпасів, вилучення з них вибухових речовин з подальшою їх утилізацією;
- 2) розрізання твердопаливних ракетних двигунів і вилучення з них палива;
- 3) очищення від поверхневого радіоактивного забруднення елементів конструкцій (корпуси реакторів, теплообмінників);
- 4) більш безпечним розбиранням нафтогазопроводів без застосування газополуменевого різання;
- 5) розкрою листових матеріалів зі скла, кам'яних плит і т. п. на фрагменти практично будь-якої конфігурації;
- 6) санації внутрішніх поверхонь водоводів з подальшим їх захистом від корозії без виймання труб на поверхню;
- 7) екологічно чистого розбирання прокату на металургійних виробництвах.

Гідрорізання дозволяє за допомогою надзвукового струменя рідини різати корпус і за необхідності відокремити детонатор. Надалі можна

вимити ВР з корпусу виробу і утилізувати їх. У зоні різання температура не піднімається вище 90 °С, ширина розрізу незначна. Перспективним є метод струминного очищення і змивання покриттів різного хімічного складу, перфорація отворів у твердих і крихких матеріалах імпульсними рідинними і абразивно-рідинними струменями. Переваги такої технології полягають у тому, що вона дозволяє використовувати порохи самих БП як джерело високого тиску (500...700 МПа) при їх підриванні.

Високошвидкісні струмені рідини раціонально використовувати для оброблення БП великого калібру, наприклад авіабомб.

Для відкриття корпусів БП кумулятивним струменем застосовують подовжені або вісесиметричні кумулятивні заряди, які встановлюються на такій відстані від корпусу боєприпасу, при якому виключається вибух заряду ВР боєприпасів, що розбирають. Для різання корпусів боєприпасів застосовують контактні листові заряди або подовжені кумулятивні заряди, за допомогою яких у споряджених боєприпасах, що розбирають, спричиняють низькопорядкові вибухові процеси, які забезпечують відкриття корпусу боєприпасу. Така технологія має ряд істотних переваг:

- 1) не потрібно складне технологічне обладнання;
- 2) енергетично автономна технологія;
- 3) мінімальна шкода для навколишнього середовища.

Однак існує небезпека при випадковому відхиленні відстані між корпусом і кумулятивним зарядом передачі детонації і вибуху БП.

Ультразвукове розбирання корпусу БП передбачає можливість проробляти отвори для доступу до ВР у корпусах БП, забезпечуючи вибухо-, пожежо- та екологічну безпеку застосування цієї технології у воді.

Процес розбирання БП складається з таких операцій:

- 1) фіксація БП і відкриття його тіла;
- 2) вилучення спорядження, у т. ч. ВР і порохів;
- 3) перероблення спорядження, ВР і порохів і ліквідація вибухонебезпечних властивостей речовин, що ініціюють;
- 4) упакування продуктів перероблення для їх подальшого транспортування і утилізації.

Ультразвуковий метод утилізації є перспективним з огляду на достатню простоту технології, є можливість автоматизації процесу.

Застосування піротехнічних сумішей для розбирання корпусів БП передбачає розподіл і кріплення на його корпусі піротехнічного заряду, його підпалювання, вилучення ВР, збирання і упакування продуктів перероблення для подальшого транспортування та утилізації. Метод вибухонебезпечний, оскільки під час горіння піротехнічної суміші в корпусі БП створюється надлишковий тиск, що приводить до розчленування корпусу, його дроблення і викиду заряду вибухової речовини, а висока температура і розпечені частинки підвищують імовірність загоряння та вибуху ВР, при згорянні піротехнічних сумішей у навколишнє середовище викидаються токсичні речовини. Саме тому відповідно до зазначених вище

причин метод може бути застосований для знищення особливо небезпечних засобів і в значних кількостях.

Розламування корпусів боєприпасів може виконуватися з попередньою підготовкою (надрізування, надпилювання, свердління) або без підготовки. Процес може відбуватися на повітрі, у воді або хімічно активних середовищах. Метод є досить продуктивним.

Механічне різання корпусів БП здійснюється різальним інструментом і є високопродуктивним способом, але дуже небезпечним: необхідна висока точність різання, інтенсивне охолодження. Промислове застосування способу рекомендується для масового оброблення корпусів БП, де ВР знаходяться в тонкостінних оболонках, а також для підготовки корпусів до зламу.

Хімічне і електролітичне розчинення застосовувати не доцільно зважаючи на велику енергоємність такого методу і його екологічну небезпеку. Розбирання корпусів БП лазером можливе при забезпеченні інтенсивного тепловідведення від основного матеріалу. Метод є точним за виконуваними операціями, процес можливо автоматизувати. Перевагами методу є: відсутність механічного та електричного впливу на оброблюваний матеріал, можливість високопродуктивної обробки з малим питомим тепловиділенням і термодетформаціями через високу швидкість різання.

Прогресивна технологія знищення БП – *підривання в герметичних ємностях* з подальшим очищенням газоподібних продуктів вибуху від екологічно небезпечних речовин і утилізацією решти компонентів.

Вилучення із БП вибухових речовин та інших сполук

Деякі з розглянутих методів розснарядження БП дозволяють відразу витягти ВР шляхом відділення її від розкритого корпусу (наприклад, гідрорізання ефективне для оброблення авіабомб). ВР, витягнута з корпусу, може бути повторно використана у народному господарстві.

Зберігання боєприпасів становить постійну загрозу від несанкціонованих вибухів і пожеж, що в ряді випадків призводило до катастрофічних наслідків, пов'язаних із загибеллю людей і непоправними збитками для природи. Крім того, потрібні значні витрати на зберігання боєприпасів і охорону об'єктів, що в умовах недостатнього фінансування Збройних Сил і складної соціальної обстановки в місцях дислокації об'єктів зберігання стає все більш гострою проблемою. При цьому застарілі боєприпаси є державним резервом цінних вторинних матеріалів. Наприклад, артилерійська куля містить високоякісну корпусну сталь, латунну гільзу, вибухову речовину розривного заряду і порох метального заряду. Утилізація боєприпасів полягає у приведенні їх у небойовий стан і вилучення вторинних матеріалів з їх елементів. У разі неостаточно спорядженої артилерійської кулі це зводиться до таких дій:

- 1) поділ снаряда і гільзи (унітарна куля) шляхом механічного виймання снаряда з гільзи;
- 2) вилучення пороху з гільзи;
- 3) вигвинчування капсульної втулки з гільзи;
- 4) вилучення заряду ВР з корпусу снаряда;
- 5) найбільш технічно складною і небезпечною операцією є вилучення заряду зі снаряду.

На арсеналах і базах до останнього часу роззброєння (утилізація) боєприпасів проводилося найбільш «універсальним» методом підривання або спалювання на майданчиках спалювання. При цьому відбувається повна втрата вторинних матеріалів, включаючи порох, що використовуються при випалюванні ВР, і навіть сталі корпусу при його підриванні. На деяких арсеналах практикувалася виплавка заряду гострою парою через вічко корпусу снаряду. Розплав ВР разом з конденсатом зливали на землю, а потім спалювали. Застосування таких способів утилізації є абсолютно неприйнятним з огляду на екологічну безпеку у зв'язку з тим, що при спалюванні і підриві в атмосферу надходить велика кількість викидів, що містять діоксини, а при виплавці утворюється конденсат, що містить розчинену і зважену ВР, яка потрапляє до ґрунтових вод.

На базі споряджувальних заводів колишнього Міністерства машинобудування у кінці 80-х – початку 90-х рр. були організовані виробництва роззброєння, основані на способі виплавки заряду методом нагрівання корпусу боєприпасу парою або водою. За низкою причин ці виробництва виявилися вкрай збитковими. У зв'язку з низькою теплопровідністю ВР непряме нагрівання заряду через стінку є неефективним. Час виплавки залежно від калібра становить 0,5 – 3 год, питома витрата теплоти дуже велика. Однак основним фактором, що визначає збитковість заводських виробництв утилізації, є триразовий порівняно з рядовими вантажами залізничний тариф на перевезення небезпечних вантажів (13-та категорія) від місць зберігання до місць перероблення.

У низці країн, у тому числі й в Україні, намагаються реалізувати досить універсальний спосіб вимивання заряду струменями води при високому тиску (60...500 МПа). У результаті утворюється пульпа ВР, яка містить не менше 50 % води, що ускладнює його повторне використання, а також велику кількість води, яка скидається, що потребує ретельного очищення для використання в циклі вимивання (не більше 50 мг/л частинок фракції до 50 мкм). Скидання такої води в очисні споруди є неприпустимим, оскільки присутність тротилу та гексогену в природних проточних водоймах не допускається діючими санітарними нормами. Крім того, обладнання з високими робочими параметрами є дуже дорогим і ненадійним у роботі, що компенсується дублюванням насосних установок на кожній робочій позиції. Таким чином, найбільш раціональною є

організація утилізації боєприпасів безпосередньо в місцях їх зберігання на арсеналах і базах на основі технологій, які не потребують застосування води як робочого тіла або контактного теплоносія і відповідають правилам безпеки ведення робіт.

Найбільшу частку боєприпасів, що підлягають утилізації, становлять боєприпаси, споряджені тротилом. Тому розроблення екологічної та ефективної технології вилучення тротилу є найбільш актуальним. Виходячи з вимоги максимальної продуктивності і теплової ефективності при обробленні боєприпасу слід забезпечити найкращі умови для контакту робочого тіла з речовиною, що вилучається. З цією метою робоче тіло вводиться в ємність виробу у вигляді струменів, що омивають відкриту поверхню заряду. Теплоносій як робоче тіло для вилучення тротилу має відповідати таким вимогам:

- 1) хімічна сумісність з тротилом;
- 2) висока температура кипіння;
- 3) низька леткість;
- 4) відмінна від тротилу щільність;
- 5) низька токсичність;
- 6) низька в'язкість розплаву;
- 7) флегматизуючий вплив на ВР;
- 8) низька температура плавлення;
- 9) висока теплоємність;
- 10) відносна дешевизна і доступність.

Найбільшою мірою цим вимогам відповідають парафіни. Вирішальними властивостями парафінів як оптимального робочого тіла для вилучення тротилу є практично повна взаємна нерозчинність їх розплаву і дворазова різниця в щільності (щільність розплаву тротилу – $1,45 \text{ кг/дм}^3$, розплаву парафінів $0,7 - 0,72 \text{ кг/дм}^3$). Нині вітчизняними підприємствами з використанням зазначених властивостей парафінів розроблені технологія та установка для вимивання тротилу, на основі яких організовано дослідно-промислове виробництво роззброєння артснарядів калібру 76...152 мм. Установка для вимивання являє собою порожнистий корпус, заповнений розплавом парафіну, який обігрівається введенням в корпус змійовиком. На торцевих кришках корпусу закріплено відцентровий насос і патрубок для змивання тротилу. На верхній кришці корпусу розміщено шість вузлів вимивання з висувними форсунками. Як теплоносій для нагрівання парафіну застосовується термостійке масло або пара.

Парафін в корпусі установки розплавляють і підтримують його температуру трохи вище температури плавлення тротилу. Снаряди з вивернутою технологічною пробкою встановлюють вічком вниз на вузли вимивання. Після вмикання насоса розплав парафіну через форсунки нагнітається в ємність снарядів, при цьому кожна форсунка автоматично відстежує поверхню тротилу, яку розмиває. Змитий тротил у вигляді

емульсії в парафіні стікає в корпус установки, де відбувається гравітаційне розділення емульсії. Освітлений парафін повертається в цикл вимивання, а тротил опускається в нижню частину корпусу і через сифон виводиться назовні.

Час вимивання заряду становить 5 хв для калібра 76 мм і 20 – 25 хв для калібра 152 мм. Технологія вимивання забезпечує повне вилучення заряду з корпусів з простою і складною геометрією ємності. Вилучений тротил містить не більше 0,5 % парафіну, що відповідає вимогам до тротилу промислового призначення. Повністю відсутнє скидання технологічної води. Установка легко переналагоджується на інші типи боєприпасів, включаючи, наприклад, авіабомби масою до 500 кг, шляхом замінення вузлів вимивання, які стикуються з виробом. Розроблено мобільне виробництво утилізації боєприпасів з розміщенням технологічного обладнання в стандартних 20-футових морських контейнерах. Таким чином, створена екологічно нешкідлива і високопродуктивна установка для вилучення тротилу з артилерійських боєприпасів.

Однак для тротилівмісних БП найбільш ефективним є розроблений метод виплавки ВР з використанням внутрішнього обігрівання водяною парою або спеціально підібраним рідким теплоносієм. У цій технології можна застосувати водяну пару, що подається усередину БП (вода рециркулює). Тротил після кристалізації можна використовувати повторно як компонент промислових ВР. Застосовуються також інші рідкі теплоносії, такі як парафін, церезин, силіконове масло, які теж можуть використовуватися повторно. Як зовнішній теплоносій використовується водяна пара. Процес здійснюється в секційних антидетонаційних ваннах прямокутного перерізу з вбудованими паровими теплообмінниками, які одночасно виконують роль антидетонаційної броні вкладишів. Передача детонації між ваннами виключається розміщенням їх на певній відстані і заповненням проміжків між ними залізобетоном. Застосування водяних ванн з паровим обігріванням і мінімальним об'ємом води ґарантовано виключає перегрівання (понад 100 °С) при будь-яких несправностях системи і в той же час дозволяє значно зекономити енергоресурси. Однак існує ймовірність аварійного зливання тротилівмісних рідин безпосередньо в ґрунт і через нього в ґрунтові води.

З погляду екології ідеальним рішенням є використання як теплоносій безпосередньо тротилу або парафіну. Тротил піддається всім способам спорядження (залиття, пресування, шнекування) і роззброєння. Тротил в ізольованому вигляді вибухобезпечний, термічно стабільний в рідкій і газовій фазах, має необхідну гнучкість пари. Його використання як теплоносій дозволить забезпечити екологічну безпеку утилізації БП. Обігрівання боєприпасу при виплавці тротилу можна здійснити і без рідкого теплоносія шляхом індукційного нагрівання. Цей метод екологічно

безпечний, надійно відтворюється, легко регулюється і автоматизується, забезпечує нешкідливі умови праці.

Виплавою не можна вилучити з корпусу БП гексоген- і октогенвмісні ВР, у цьому випадку такі ВР можна витягти, наприклад, виточуванням. Метод є високопродуктивним, безпечним, екологічно нешкідливим, має низьку енергоємність. Ефективним і перспективним є імпульсний метод, застосування якого дозволяє видалити ВР з корпусу БП за допомогою ударної хвилі від зосередженого заряду, яка поширюється через передавальне робоче середовище. Силові чинники впливу характеризуються великою інтенсивністю і короткочасністю. Імпульсний вплив збуджує в матеріалі розривного заряду багаторазові пружні хвилі стиснення-розтягнення, що призводить до руйнування заряду. Величина прикладеного імпульсу незначна і гарантує безпеку процесу і збереження властивостей ВР, що вилучаються, які можна використовувати за прямим призначенням без додаткової переробки.

За допомогою ультразвукових технологій можна видалити зривники снарядів дрібного і середнього калібрів. Цей процес удається автоматизувати і здійснювати без присутності оператора.

Новий метод роззброєння БП – магнітодинамічний, при якому в циліндричних оболонках снарядів створюються пластичні деформації під дією електромагнітного поля, що дозволяє видалити заряд ВР без порушення його цілісності. Є дані для оцінювання параметрів магнітних полів, які забезпечують це пластичне деформування металевої оболонки. Магнітодинамічний метод можна застосовувати для вилучення кумулятивних зарядів з феромагнітних корпусів.

Вибивання спорядження можна застосовувати для оболонок з бризантними ВР, однак цей метод є небезпечним, особливо в умовах відсутності достатніх відомостей про властивості ВР після тривалого зберігання.

Розчинення ВР в рідинах є можливим теоретично, оскільки процес розчинення досить тривалий, відомі розчинники ВР не завжди безпечні за токсичністю, пожежо- та вибухонебезпечністю.

Кріогенні технології дозволяють безпечно охолодити виріб у спеціальній камері, в якій під дією низьких температур ВР розчиняється, а прикладені вібрації руйнують її і подрібнюють. Таким чином, отримують ВР для промислового використання.

Розглянуті вище методи вилучення ВР з БП дозволяють зробити висновки про те, що найбільш перспективними є магнітодинамічний і гідроструминний методи, але можливі й альтернативні розробки інших методик.

Існує безліч підходів до вирішення проблем і розроблення методів утилізації (ліквідації) ракетних двигунів на твердому паливі (РДТП). Останнім часом поряд з фундаментальними і прикладними проблемами охорони навколишнього середовища велику увагу приділяють

розробленню методів зниження викидів в атмосферу токсичних речовин при дослідженнях, відпрацюваннях, експлуатації та знищенні ракет, боєприпасів та іншої військової техніки. Основним способом знищення ракет і їх агрегатів згідно з чинними відомчими інструкціями є підриг їх зарядом вибухової речовини. Саме так знищувалися паливні заряди і ракети середньої і малої дальності за Договором про обмеження стратегічних наступальних озброєнь

Розгляд технологій утилізації АБ проводимо на прикладах утилізації некерованих авіаційних реактивних снарядів і авіабомб, які розроблені найбільш детально і застосовуються на практиці, причому утилізація авіабомб, особливо великих калібрів, економічно вигідна і не потребує додаткових фінансових вкладень від держави.

Характеристика виробу С-5. Це авіаційний реактивний снаряд калібру 57 мм. Ракети типу С-5 поставляються на зберігання і зберігаються в неостаточно спорядженому вигляді з пластмасовими пробками, встановленими у вічко під детонатор (зривники поставляються і зберігаються окремо в тарі і встановлюються на виріб при підготовці до застосування). Снаряди протирадіолокаційної дії і зі СУЕЛ поставляються на зберігання в остаточно спорядженому вигляді з вбудованими детонаторами. Авіаційний реактивний снаряд типу С-5 складається з двох основних частин: бойової частини (БЧ) і порохового реактивного двигуна (ПРД).

Елементи конструкції БЧ:

- 1) корпус БЧ (сталь 10, 15, 20, маса – 1,5 кг, сплав АМг6М, маса – 0,12 кг) – несуча деталь;
- 2) обтікач (Д16Т, маса – 0,09 кг) – аеродинаміка снаряду;
- 3) воронка (мідь, маса – 0,1 кг);
- 4) розривний заряд (ВР А-IV-I);
- 5) втулка (Д16Т);
- 6) капсюль-детонатор (КД-П-21);
- 7) шашка детонатора (тетрил);
- 8) лінза, пробка (фенопласт);
- 9) втулка з'єднувальна (сталь 30ХГСА, маса – 0,08 кг).

Елементи конструкції ПРД:

- 1) реактивна камера (сталь 30ХГСА, маса – 0,85 кг);
- 2) сопло (сталь 30ХГСА);
- 3) упор (сталь 50);
- 4) перо (сталь 30ХГСА);
- 5) пороховий заряд (нітрогліцериновий порох);
- 6) кружок (папір);
- 7) діафрагма з кільцем (латунь Л63);
- 8) дно з вилкою (латунь, мідь) – герметизація снаряду.

Технологічний процес

1. Оцінювання експлуатаційної придатності.

Не допускаються до застосування снаряди, що мають тріщини, вм'ятини, сильну корозію, слабке нарізне з'єднання, що мають збиту різь вічка під детонатор, снаряди з погнутими перами стабілізатора, зі зруйнованим дном снаряду, з простроченим терміном зберігання – потенційні об'єкти утилізації (наголошено – не утилізуються!).

2. Процедура від'єднання БЧ від реактивної камери і витягування запальника (небезпечно, дистанційно!). Пожежонебезпека П-II (дренчерна система пожежогасіння).

3. Вилучення порохової шашки з реактивної камери (особливо небезпечно!, вручну!). Пожежонебезпека П-II (дренчерна система пожежогасіння та БАПС).

4. Розбирання бойової частини (небезпечно!, дистанційно!). Пожежонебезпека П-IIа (дренчерна система пожежогасіння та БАПС).

5. Від'єднання сопла зі стабілізатором від ПРД (безпечно, вручну).

6. Розбирання сопла зі стабілізатором на елементи (безпечно, вручну).

Процес розбирання НАР характеризується спеціальними вимогами пожежо- та вибухобезпеки.

При оцінюванні придатності виробу до утилізації потрібно оцінити несучу здатність елементів конструкції БП. Тому необхідно мати дані про змінення робочих параметрів фізико-механічних властивостей тих елементів конструкцій, які визначають їх працездатність або стійкість до механічних впливів при демонтажі БП на стенді, що має два силових кільця: заднє – запобігає сходженню зі стенда виробу у разі аварійного спрацьовування реактивного двигуна; переднє – для закріплення виробу по зовнішній поверхні реактивної камери при від'єднанні від неї бойової частини разом зі з'єднувальною втулкою і для закріплення бойової частини по її зовнішній поверхні при згвинченні з'єднувальної втулки. При цьому до переднього кільця прикладають такі зусилля, які можуть створити момент тертя, що перевищує обертальний момент, необхідний для згвинчування з'єднувальної втулки з реактивної камери і БЧ, і в той же час не навантажували ВР.

Авіабомби

Підготовка авіаційних бомб до розбирання виконується на спеціальних майданчиках, які розміщуються з урахуванням умов безпеки і забезпечення своєчасної доставки підготовлених авіабомб на ділянку розбирання. Зазначено, що в цій технології передбачається більш простий спосіб видалення ВР з корпусів авіабомб – виплавлення. Зазвичай такий метод можна застосовувати для виробів, споряджених ВР типу тротил (ТНТ). Сумішеві сполуки типу К-2, ТГАФ-5М, ТОКАФ, ТА-77/23 і ТГ-2УФ при

виплавлення втрачають однорідність і процес їх виплавлення є технічно складним. Майданчик підготовки авіабомб має забезпечувати в'їзд і виїзд транспортних засобів під'їзними коліями з твердим покриттям; розвантаження (навантаження) авіабомб із застосуванням засобів механізації; тимчасове зберігання авіабомб. Майданчик також повинен мати електроосвітлення у вибухонебезпечному виконанні і систему електропостачання.

Як заходи безпеки передбачено, що входні двері мають блокування для виключення присутності у блоці робочих при роботі механізмів стенда; роботи з розбирання здійснюються двома виконавцями; управління процесом здійснюється дистанційно; дозволяється проводити роботи тільки з одним виробом.

Технологічне планування ділянки з підготовки авіабомб до вилучення тротилу показано на рис. 4.2.

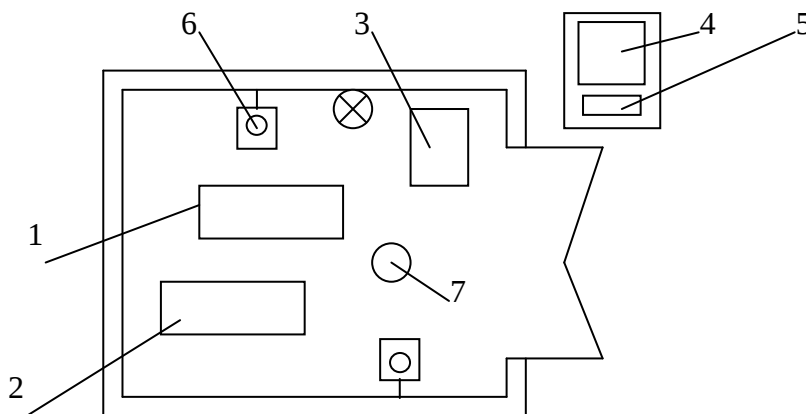


Рис. 4.2. Планування ділянки з підготовки АБ до вилучення тротилу
1 – стенд для розбирання АБ калібрів 100 – 500; 2 – стенд для розбирання АБ калібрів 1500 – 3000; 3 – стіл; 4 – пульта управління; 5 – монітор; 6 – телекамера; 7 – підведення стисненого повітря; 8 – підведення пари

Зовнішній огляд АБ проводиться для відбраковування небезпечних виробів за візуальними ознаками: АБ вважаються непридатними для розбирання, якщо мають тріщини або вм'ятини більше 5 мм на корпусі, а також течі спорядження.

5. КЛАСИФІКАЦІЯ ОБ'ЄКТІВ ЗА ВИДОМ МАТЕРІАЛУ

При утилізації об'єктів аерокосмічної техніки (АКТ) утворюється велика кількість різних цінних матеріалів, які можна використовувати повторно, а також матеріалів, повторне використання яких неможливе. Із застарілих об'єктів АКТ витягуються також матеріали, не придатні до подальшого застосування, але й не розкладаються в ґрунті, тим самим завдаючи шкоди навколишньому середовищу. І ті, й інші види матеріалів, які одержують із застарілої техніки, необхідно переробляти: одні – для їх

подальшого застосування; інші – для уникнення забруднення навколишнього середовища. При утилізації об'єктів АКТ витягується велика кількість сталей і сплавів, кольорових металів (найбільш часто зустрічаються алюміній, магній, мідь, свинець) і їх сплавів, композиційні матеріали, гуми, технічні рідини, палива, ВР і порохи [6] .

Під *металобрухтом* розуміють металеві вироби, обладнання, машини або їх металеві частини тощо, не придатні для подальшого використання. Перероблений металобрухт – це брухт, підготовлений відповідно до вимог стандартів і технічних умов для використання в металургійному та ливарному виробництвах. Первинна обробка брухту і відходів – сортування, оброблення та приведення брухту і відходів металів і сплавів до відповідних мас і розмірів. До продукції перероблення брухту і відходів металів і сплавів залежно від стану вихідної сировини і вимог до готової продукції належать:

- 1) габаритні кускові брухт і відходи;
- 2) пакети;
- 3) брикети;
- 4) шихтові зливки;
- 5) подрібнена стружка.

Продукція перероблення брухту металів називається *вторинними металами*. Найпоширеніший спосіб перероблення металобрухту – газове різання. В цьому випадку застосовуються газові різачи різної конструкції, а продукт перероблення – кусковий брухт необхідних розмірів. Пакетування застосовується для перероблення брухту і відходів у вигляді листової обрізі, штамповки, дроту, побутового брухту, металоконструкцій і т. д. Максимальна товщина пакетованого металобрухту, а також параметри готової продукції – пакетів визначаються моделлю використовуваного преса. Ножичне різання – механізований спосіб перероблення негабаритного брухту і відходів металу (літакового брухту, суднових гвинтів і т. п.), який здійснюється на алігаторних, гільйотинних і гідравлічних ножицях. Брикетування – один із способів перетворення стружки на шматок металобрухту. Дроблення здійснюється на стружкодробильних агрегатах і застосовується для перероблення стружки. Переплавлення – спосіб перероблення стружки легованих сталей і сплавів в невеликих дугових електрод печах.

Через те що частина металу, яка надходить на брухтопереробне підприємство, знаходиться у змішаному вигляді, то практично всі технологічні процеси перероблення металобрухту починаються з підготовки брухту (відбір шматків, що не підлягають такому виду переробки, відбір кольорового брухту тощо). Таким чином, у місцях утворення брухту і відходів чорних (кольорових) металів і сплавів необхідно передбачати поряд з заходами щодо забезпечення повноти їх згоряння заходи щодо запобігання засміченню чорних металів кольоровими або кольорових – чорними, засміченню неметалічними

домішками, а також заходи щодо запобігання змішуванню металів і сплавів різних марок. Іншими словами, вторинні метали і сплави мають здаватися і поставлятися споживачеві розсортованими за видами, групами або марками відповідно до вимог нормативних документів. Сорткування відбувається двома способами: за зовнішньою ознакою і магнітною сепарацією. У першому випадку сорткування відбувається на механізованих круглих столах або на конвеєрних установках і лініях. Стіл застосовується для сорткування брухту і відходів розміром до 250 мм. Сировину завантажують краном у пористий бункер стола. При обертанні стола сировина з бункера рівномірно вивантажується на робочу поверхню стола. По колу стола стоять лотки, на які робочі скидають розсортований матеріал. Конвеєри дозволяють сортувати великий лом. У другому випадку застосовуються електромагнітні шківни і залізовіддільники для вилучення з брухту і кускових відходів феромагнітних предметів.

Заготівля і постачання брухту і відходів за певними групами сплавів дозволяють направляти їх на отримання аналогічних, близьких за своїм характером, сплавів. Залежно від лінійних розмірів усі вторинні метали поділяються на габаритні й негабаритні брухт і відходи. До габаритних належать брухт і відходи, габарити яких відповідають вимогам стандартів і технічних умов, відповідно негабаритні – брухт і відходи, які не відповідають вимогам стандартів. Не допускається постачання споживачеві габаритних вторинних металів, змішаних з негабаритними. Відповідно до стандарту, зазначеного вище, вторинні чорні метали і сплави класифікують за такими ознаками:

1) за вмістом вуглецю:

а) сталеві брухт і відходи, вторинні чорні метали, що містять до 2 % вуглецю;

б) чавунні брухт і відходи, вторинні чорні метали, що містять більш 2 % вуглецю;

в) брухт і відходи поза класом;

г) за наявністю легуючих елементів вторинні метали поділяють на дві категорії:

–А – вуглецеві брухт і відходи (що не містять легуючих елементів);

–Б – леговані брухт і відходи (містять легуючі елементи);

Нормативні документи встановлюють показники якості вторинних чорних металів за їх складом, ступенем чистоти, габаритами і масою. Відповідно до цього стандарту брухт і відходи мають поставлятися замовнику у вигляді кускового брухту і відходів певних розмірів і маси, брухту для пакетування або пакетів.

Кускові брухт і відходи мають бути зручними для завантаження плавильних агрегатів. У зв'язку з цим існує п'ять видів сталевих брухту і відходів, що відрізняються один від одного складом, ступенем чистоти і розмірами шматків [7].

Сталеві брухт і відходи № 1. Засміченість такого брухту нешкідливими домішками не має перевищувати 2 % за масою. Маса шматка має бути не менше 0,5 кг, але не більше 40 кг. Розміри шматка відповідно до стандарту не мають бути більше 300 × 200 × 150 мм.

Сталеві брухт і відходи № 2. До цієї групи належать не тільки кускові брухт і відходи, а й шихтові зливки. Допускається засміченість нешкідливими домішками до 1 % за масою, а маса шматків такої групи повинна бути не менше 2 кг. Довжина виступів прямолінійних шматків має бути до 100 мм, а розміри шматка – не більше 600x350x250 мм. Для всіх кускових відходів, крім відходів цієї групи, товщина металу повинна бути не менше 6 мм. У такому випадку стандартом встановлено товщину металу від 8 мм.

Сталеві брухт і відходи № 3. В такому виді відходів допускається наявність сталевих скрапу із засміченістю не більше 5 %, однак, при відвантаженні він не повинен змішуватися з іншими відходами та брухтом, оскільки засміченість нешкідливими домішками кускового брухту і відходів не повинна перевищувати 1,5 % за масою. Встановлені розміри шматка цієї групи відходів не повинні перевищувати 800x500x500 мм. Допускаються швелери і двотаври з товщиною стінки не менше 4 мм в кількості не більше 20 % від маси партії. Довжина виступів прямолінійних шматків не повинна перевищувати 100 мм, як і у випадку з відходами № 2. Маса шматка має бути не менше 1 кг.

Сталеві брухт і відходи № 4. Дрібні кускові відходи метизного та інших виробництв, брухт виробів метизного виробництва (костилі, болти, гайки та ін.) За розмірами шматок не має перевищувати 200x150x100 мм і бути масою не менше 0,025 кг, але не більше 20 кг. Для такого виду встановлено найменшу величину засміченості нешкідливими домішками, яка не повинна перевищувати 0,5 % за масою.

Негабаритні сталеві брухт і відходи (для перероблення). Кускові брухт і відходи, а також сталевий скрап, для яких засміченість нешкідливими домішками не має перевищувати 3 % за масою. Перш ніж використовувати такий брухт у металургійному або ливарному виробництві, його розміри і ступінь чистоти необхідно поставити у відповідність до вимог стандарту для вторинних металів.

Сталевий брухт і відходи для вакуумних, електронно-променевих і плазмових печей не мають бути горілими, роз'їденими кислотами і проіржавленими і не мати наліт іржі. Ні в одному з перелічених вище видів сталевих брухту і відходів легований брухт не повинен змішуватися з вуглецевим, і більш того має бути тільки однієї групи або марки. Не допускається віднесення дроту і виробів з дроту до кускових брухту і відходів.

За своїм складом і ступенем засміченості нешкідливими домішками брухт для пакетування поділяють на два види:

1) брухт для пакетування № 1, до складу якого входять чисті сталеві листові, смугові, сортові відходи і відходи трубного виробництва із засміченістю не більше 1 %;

2) брухт для пакетування № 2, що складається з чистих сталевих листових, смугових і сортових відходів, а також відходів легкого промислового та побутового брухту, труб, металоконструкцій, дроту і виробів з неї, причому в цьому випадку допускається засміченість нешкідливими домішками до 2 %.

В обох випадках метал не має бути лудженим, емальованим, оцинкованим або покритим іншим кольоровим металом, горілим, роз'їденим кислотами і проржавілим (наліт іржі допускається). Не допускається також наявність брухту та відходів кольорових металів і змішування вуглецевих сталей з легованими.

Максимальні лінійні розміри відповідно до стандарту не мають перевищувати 3500x2500x1000 мм, при цьому товщина металу має бути не менше 6 мм.

Оскільки пакети пресуються з брухту для пакетування, то вимоги за ступенем чистоти, що ставляться до брухту для пакетування, є справедливими і для пакетів. Розміри пакетів відповідно до стандарту мають бути не більше 2000x1050x750 мм, при цьому їх маса має бути від 40 кг. Залежно від вмісту домішок і щільності пакетів існує такий розподіл:

1) пакети № 1 – пакети з чистих легковагих сталевих відходів, в яких вуглецева стружка не допускається, а легована допускається тільки в пакетах з легованих металовідходів. Щільність таких пакетів має бути не менше 2000 кг/м³, а вміст нешкідливих домішок не має перевищувати 1 % за масою;

2) пакети № 2 і пакети № 3 – пакети з легких сталевих відходів і брухту відповідно високої щільності (не менше 1800 кг/м³) і низької щільності (не менш 1200 кг/м³). За стандартом у таких пакетах допускається стружка, однак, якщо замовник вимагає, то стружка має бути відсутня. Вміст нешкідливих домішок не має перевищувати 2 % за масою.

Вторинні метали поставляють до приймання партіями. Партією брухту і відходів високолегованих сталей і спеціальних сплавів вважається кількість брухту і відходів, що відвантажується в одній одиниці упаковки. Приймання проводиться за масою металу. Для визначення габаритів і маси вторинних чорних металів виконують їх вимірювання і зважування. Щільність пакетів визначають як відношення маси пакета до його об'єму. Для визначення вмісту легуючих та інших елементів, обмежених у відповідних стандартах, проби відбирають не менше ніж з п'яти місць партії.

Кожна партія вторинних чорних металів [8] має супроводжуватися документом, що засвідчує їх відповідність вимогам стандарту, і відвантажувальним документом, в якому має бути зроблено напис: для легованих брухту і відходів – «Брухт легований для переплавки» або

«Брухт легований для переробки», для вуглецевих – «Брухт вуглецевий для переплавки» або «Брухт вуглецевий для переробки». Брухт і відходи високолегованої сталі і спеціальних сплавів мають відвантажуватися в упакованому вигляді. При цьому до партії брухту та відходів, крім відвантажувального і супровідного документів, додають маркувальний ярлик, на якому вказують масу, групу відходів або марку металу.

Як було зазначено раніше, характеристика брухту і відходів кольорових металів і сплавів і вимоги до них за якістю, фізичними ознаками, хімічним складом, габаритами і засміченістю встановлено ГОСТ 1639-78. Відповідно до цього стандарту брухт і відходи кольорових металів і сплавів поділяють за найменуваннями металів; за фізичними ознаками – на класи; за хімічним складом – на групи і марки сплавів; за показниками якості – на сорти.

За фізичними ознаками розрізняють:

- 1) клас А – брухт і кускові відходи металу і його сплавів;
- 2) клас Б – стружка, яка утворюється під час виготовлення і оброблення деталей;
- 3) клас В – порошкоподібні відходи вольфраму, кобальту, молібдену і їх сплавів;
- 4) клас Г – інші відходи, які не відповідають фізичним ознакам зазначених вище класів.

Однак є ще брухт і відходи свинцевих акумуляторів, які належать до класу АЛ, листова обрізь титану і його сплавів належать до класу З, кабелі – до класу Ж, інший складний брухт – до класу І.

За хімічним складом брухт і відходи поділяють на групи і марки. Кількість груп для кожного виду металу різна і кожну групу поділяють на сорти.

За показниками якості виділяють три сорти брухту і відходів кольорових металів:

Перший сорт – найбільш якісний брухт і відходи, які не потребують спеціальної підготовки для металургійної переробки. Вони повинні мати високий вміст металу (наприклад, в алюмінії і алюмінієвих сплавах – не менше 96 %, в магнії і магнієвих сплавах – не менше 85 %, в міді і мідних сплавах – не менше 97 %), певну масу і розміри.

Другий сорт – брухт і відходи, що складаються зі сплавів однієї групи або марки, але з більшою засміченістю, ніж у 1-му сорті.

Третій сорт – брухт і відходи, що поставляються за групами сплавів. Вони мають домішки з чорних металів, більшу засміченість, ніж у 2-му сорті. Такі брухт і відходи не можуть бути безпосередньо спрямовані на переплавку, оскільки їх необхідно піддавати первинній обробці.

Брухт і відходи кольорових металів і сплавів, поділені за класами, групами та сортами, називаються сортним брухтом і відходами. Маса брухту і кускових відходів кольорових металів і сплавів всіх груп має бути не більше 10 кг з товщиною металу не менше 3 мм, а розміри – не більше

600x600x1000 мм. Розміри шматків низькоякісного брухту і відходів не повинні перевищувати 1000x1000x2000 мм. Дріт, обрізь труб, листів, стрічок, фольга, провідники струму повинні поставлятися в пакетах або в'язках, при цьому маса їх не повинна перевищувати 100 кг для алюмінію і алюмінієвих сплавів і 250 кг – для інших металів і сплавів.

Вимоги, що ставляться до брухту і відходів титану та його сплавів, дещо відрізняються від вимог, висунутих до вищеперелічених кольорових металів. Для брухту і кускових відходів титану та титанових сплавів першого сорту розміри шматка не мають перевищувати 60x60x60 мм, а маса повинна бути від 0,1 до 1 кг. Поверхня має бути без візуально виявлених тріщин, надривів і розшарувань, а також без слідів вогневого різку. Маса шматків другого сорту має знаходитися в межах від 1 до 250 кг. До третього і четвертого сортів належать брухт і кускові відходи, які не відповідають вимогам перших двох сортів. Для класу 3 (листова обрізь титану і титанових сплавів) відповідно до стандарту товщина металу повинна знаходитися в межах 5...15 мм.

Для алюмінію, магнію і титану наявність оксидів цих металів є засміченістю.

Складний брухт поділяють на п'ять груп:

- 1) освинцьований кабель і дроти з мідною жилою;
- 2) освинцьований кабель і дроти з алюмінієвою жилою;
- 3) кабель з алюмінієвою оболонкою і мідною жилою;
- 4) кулі свинцеві з мельхіоровою і біметалічною оболонками;
- 5) кадмієво-нікелеві акумулятори.

Брухт і відходи кабельної продукції являють собою складну сировинну групу: кабель броньований і неброньований у свинцевій і алюмінієвій оболонках.

В усіх типах кабельних відходів струмопровідні жили виготовлені з міді марки М0 і М1 або алюмінію марки А1 і А2, а свинцева оболонка – зі свинцю марки С-3. Металева оплітка виконується зі сталєвої стрічки різних марок легованої сталі товщиною 0,3...1,0 мм і шириною 55...60 мм або дроту діаметром 4...5 мм. Як ізоляційні матеріали застосовують гуму, полімери, різні тканини, папір, бітум, смоли. За вимогами стандарту для всіх груп і сортів довжина шматка має бути не більше 1,5 м.

Оброблення кабелю і провідників струму проводять на механічних верстатах і спеціалізованих лініях з отриманням товарних продуктів за видами металу і відділенням ізоляційних матеріалів, які підлягають повторному використанню в промисловості. Попередньо для оброблення нарізані шматки кабелю сортують за діаметрами 10...30, 40...50, 50...80, 80...150 мм і за видом металу оболонки (свинець, алюміній) і струмопровідної жили (мідь, алюміній). Відомо, що низка матеріалів – низьковуглецева сталь, цинк, полімери, гума та деякі інші – при низьких температурах стають крихкими і легко дробляться. У той же час мідь, алюміній, свинець, магній при глибокому охолодженні практично не

втрачають пластичності. Змінення пластичності сталі, полімерів і гуми дозволяє при глибокому охолодженні подрібнювати ці матеріали, а зазначені вище метали залишаються подрібненими. Таким чином, змішаний брухт чорних і кольорових металів, а також брухт кабелю (метали, гума, полімери) можуть бути охолоджені і роздроблені. Подальше перероблення проводять окремо.

Перероблення *аккумуляторного брукту* у важких середовищах і гідросепарація. Акумуляторний брухт містить важкі компоненти (різні форми свинцю) і легкі неметалеві компоненти (ебоніт, поліетилен, поліхлорвініл та ін.).

Технологічна схема така:

- 1) дроблення аккумуляторного брукту;
- 2) магнітна сепарація заліза;
- 3) мокра класифікація з виділенням тонкодисперсного шлаку;
- 4) збагачення у гідроциклоні.

Технологія дозволяє отримати три кінцеві продукти:

- 1) свинцево-сурм'янистий сплав з вмістом 91...92 % металу;
- 2) продукт з вмістом свинцю 62...68 %;
- 3) продукт з легкими компонентами неметалічних матеріалів.

Брухт свинцевих акумуляторів обробляють на механізованих лініях. Нині застосовують дві технології. За однією з них аккумуляторний брухт краном завантажують у бункер, а з нього живильником – у шокуючу дробарку. Подрібнений до 200 мм брухт надходить на сортувальний конвеєр, на якому вручну відбирають великі шматки моноблоків, сторонні предмети і залізо. За іншою технологією відпрацьовані акумулятори завантажують на пластинчастий конвеєр, за допомогою якого їх подають на гідравлічні прес-ножиці. На ножицях обрізають верхню частину акумулятора, клеми і перемички. З моноблока видаляють решітки з сульфатно-окисним набиванням, а верхню частину направляють у молоткову дробарку. Суміш подрібненого свинцю і органіки направляють у пневмосепаратор для поділу суміші на металеві та органічні компоненти. Відповідно до вимог стандарту брухт і кускові відходи свинцевих аккумуляторних батарей першого сорту повинні мати такий вміст металу: свинець, свинцево-сурм'янисті сплави в сумі – не менше 90 %, другого сорту – не менше 85 %, третього – від 80 % і для четвертого сорту – нижче 80 %). Як і у випадку з чорними металами і сплавами, брухт і відходи кольорових металів приймають партіями, які мають складатися з брукту і відходів одного найменування металу, одного виду, класу, однієї групи або марки сплаву, одного сорту, що відправляються на одну адресу, і супроводжуватися одним документом про якість (паспортом), оформленим у чотирьох примірниках. Приймання відходів кольорових металів і сплавів усіх класів, груп і сортів проводять за масою нетто металу.

Підприємства та організації заготовляють, здають, переробляють та переплавляють вторинні сталі і сплави, повинні перевіряти їх на

вибухонебезпечність і видаляти з них всі предмети, що містять вибухонебезпечні горючі й легкозаймисті речовини. Вибухові пристрої та засоби підривання необхідно здавати у розібраному вигляді, і вони не повинні мати заряди запальників, детонаторів порохового наповнювача. Ємності всіх типів і розмірів (балони, бочки тощо) і всі порожнисті предмети (наприклад, циліндри двигунів) мають бути очищені і доступні для огляду внутрішньої поверхні. Ємності вузлів машин (двигуни, коробки передач і т. ін.) також необхідно звільняти від залишків пального та мастильних речовин. Всі види військової техніки здаються в металобрухт розібраними і очищеними від паливних і мастильних речовин, а боєприпаси, що знаходяться в них, тверді палива, які ініціюють та інші вибухові речовини, повинні бути видалені; рідини з гідравлічних, гальмівних та інших пристроїв повинні бути злиті. Брухт і відходи військової техніки мають транспортуватися і складуватися окремо від решти брухту. Пакети з цього брухту повинні транспортуватися і зберігатися окремо по партіях. З міркувань безпеки поводження з брухтом і відходами металів і сплавів не слід збирати і переробляти радіоактивні брухт і відходи металів і сплавів; відходи металів справляють токсичну дію на організм людини (слід працювати з токсичними відходами в респіраторі). Необхідно дотримуватися вимог з безпеки при зварювальних і вогневих роботах поблизу місць зберігання стружки магнію і магнієвих сплавів, стружки титану і титанових сплавів.

6. УТИЛІЗАЦІЯ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ

Обрізки стверділого матеріалу не піддаються утилізації, оскільки ступінь ствердіння полімеру в композиті висока, вміст наповнювача важкий.

Перспективним способом утилізації є деполімеризація використовуваної в композиційних матеріалах (КМ) смоли, тобто перетворення високомолекулярного продукту на низькомолекулярний. Такий процес деполімеризації можна здійснити за допомогою водного розчину вуглекислого газу при високій температурі і тиску. Також пропонується розділяти матеріали розчиненням шарів зв'язувальним розчинником, займати нейтральну позицію у термодинамічному сенсі стосовно до кожного з роз'єднуваних матеріалів. Для цього можна використовувати суміш алкіленкарбонатів, які досить активні й характеризуються зниженою токсичністю. Відходи з плоских КМ піддають попередній обробці, щоб процес подрібнення був більш легким, наприклад шляхом охолодження до температур нижче температури склування або шляхом застосування неорганічних наповнювачів. Подрібнений регенерат можна безперервно екстрагувати у відповідних розчинниках [9].

Механічна підготовка матеріалу

У першу чергу вивчався вплив послідовності і порядку накладення шарів у багатошарових пластах на швидкість деформаційного розтріскування і розвиток дефектів у пластинах при монотонному і циклічному навантаженнях. Доведено, що руйнування починається на межі розділу фаз і проходить у дві стадії:

- 1) порушення зв'язку смола – волокно;
- 2) утворення поперечної тріщини, при цьому визначаються товщина і показник заломлення матеріалу тріщин у полімері.

Наступним етапом підготовки є вибір способу нешкідливої утилізації твердих, рідких і газоподібних відходів при температурі 673...1873 К внаслідок їх зв'язування керамічними масами або амонісилікатними частинками.

Далі відбувається перероблення відходів, що утворюються при обробленні заготовок з армованих пластиків.

На основі енергетичного критерію руйнування запропоновано метод розрахунку критичних крутних моментів для КМ, що містять розшарування. За допомогою визначеної питомої роботи розшарування можна описати залежність критичного крутного моменту від довжини і глибини залягання розшарування в КМ.

Розглянуто механізм виникнення ушкоджень (розтріскування, розшарування) шаруватих пластиків під впливом деформацій розтягування, механічних навантажень, ударів при аварії або в процесі експлуатації, зовнішнього впливу, наявності внутрішніх дефектів.

Усі неконструкційні полімерні матеріали, що застосовуються у виробі АКТ, можна поділити на дві групи:

- 1) термопласти – це зазвичай декоративні елементи (оздоблення салонів літаків і т. п.);
- 2) реактопласти – силові й конструктивні елементи.

Термопласти допускають багаторазовий перехід з твердого стану у в'язко-текучий. Найбільш відомий представник термопластів – поліетилен. Реактопласти здатні одноразово перейти з рідкого стану в твердий, після чого вивести їх з цього стану практично неможливо. Очевидно, що через відмінності у властивостях термопластів і реактопластів способи їх перероблення будуть неоднакові. Отже, перед поставленням на перероблення полімерні матеріали необхідно сортувати, причому проводити сортування доцільно на місцях утворення такого роду відходів.

Для сортування і розділення різних типів пластмас застосовують такі методи:

- 1) флотаційний;
- 2) гравітаційний;
- 3) електростатичний.

Флотаційний розподіл здійснюється шляхом селективного регулювання змочування поверхні пластмас.

Гравітаційний розподіл буває сухим (на повітрі) і мокрим (у воді або розчині). За допомогою гравітаційного методу всі полімери можна поділити на три групи:

- 1) поліолефіни (поліетилен, поліпропілен, тобто плівки, питома вага яких менше 1 г/см^3);
- 2) полістироли (питома вага яких дорівнює 1 г/см^3);
- 3) ПВХ (полівінілхлориди, питома вага яких більше 1 г/см^3).

При *електростатичному розподілі* подрібнені частинки діаметром близько 10 мм пропускаються між електродами, що знаходяться під високою напругою, і поділ відбувається завдяки різній силі тяжіння (практично всі пластмаси – діелектрики, але у момент подрібнення частинки труться одна об одну і набувають електромагнітних властивостей.

Труднощі вторинної переробки реактопластів полягають у тому, що вони мало здатні до деполімеризації, не плавляться і не розчиняються в органічних розчинниках, однак містять деяку кількість незв'язаного олігомера, що дозволяє використовувати їх як реакційно-здатні наповнювачі. Вироби з реактопластів утилізуються шляхом руйнування, дроблення і класифікації отриманих матеріалів на три фракції: до 0,5 мм; до 30 мм; довгомірні пасма волокон.

Основні шляхи використання відходів реактопластів:

- 1) додавання подрібнених відходів до стандартних прес-композицій;
- 2) введення подрібнених відходів у заливальні композиції, в яких як сполучні можуть бути використані синтетичні смоли, бетон, бітум і т. ін.;
- 3) виготовлення прес-матеріалів (пресування між прокладними листами, у прес-формах);
- 4) формування просочених сполучним матеріалів із сумішами будівельних матеріалів;
- 5) введення у спінені композиції;
- 6) використання як наповнювач для полімерних композиційних матеріалів і лаків, фарб, клеїв;
- 7) використання як наповнювач для несилкових виробів з полімерних матеріалів;
- 8) використання для зміцнення дорожніх покриттів, залізобетонних конструкцій і для армування малонавантажених виробів з композиційних матеріалів.

Для утилізації виробів з термопластів застосовують такі методи:

- 1) захоронення (контрольоване і неконтрольоване);
- 2) спалювання. Системи спалювання розрізняються залежно від того, спалювані чи чисті відходи (тільки пластмаси) або їх суміші (розроблені спеціальні види печей для спалювання відходів: з обертовим подом, з

циркулюючим і псевдорозрідженим потоками, з розпиленням, з вогнетривкими насадками);

3) фото- і біодеструкція (для водорозчинних полімерів). Біодеструкція здійснюється:

а) введенням біодеградуєчого компонента, розпад якого здійснюється під дією ультрафіолетового випромінювання або певного кислотного середовища, процес відбувається після певного часу;

б) використанням мікроорганізмів, що переробляють полімери.

Фотодеструкція досягається введенням спеціальних фотоактиваторів, що відповідають таким вимогам:

а) повинні бути чутливими до довжини хвилі, меншої за довжину хвиль сонячного спектра;

б) мають забезпечувати пластмасі життєвий цикл від 3 місяців до 5 років;

4) переробка.

Основний технологічний прийом при переробленні термопластів – це подрібнення. Подрібнення визначає об'ємну щільність, сипучість і розміри частинок вторинного матеріалу. Існують технології подрібнення із застосуванням криогенної техніки. Якщо забруднені вироби надходять на перероблення, то перед переробленням їх доводиться очищати такими методами:

1) сухе видалення пилу;

2) прання;

3) оброблення розчинниками (вони мають обов'язково проходити регенерацію);

4) розчинення полімерів.

7. УТИЛІЗАЦІЯ АВТОШИН, ПАЛИВА, ТЕХНІЧНИХ РІДИН

Створено бародеструкційний метод подрібнення зношених автомобільних шин. Метод оснований на явищі «псевдозрідження» гуми при високому гідростатичному тиску. Гумово-текстильне кришиво відділяється від металевго корда, який витягується з робочої камери преса у вигляді металевго брикету і використовується як металобрухт, а гума подрібнюється до необхідної фракції. Товарні фракції гуми використовуються як компонент асфальту при дорожньому будівництві; додаються до різних резино-технічних сумішей і т. ін. Розроблена і випробувана у дослідно-промисловому масштабі технологія отримання порошкоподібного активованого вугілля з використанням як вуглевмісної сировини гумового кришива від використаних автомобільних шин з фракційним розміром 3...12 мм.

За такою технологією перероблення вихід активованого вугілля становить 10...12 % від вихідної сировини. Активоване вугілля з гумового кришива може знайти застосування в багатьох галузях народного

господарства: освітлення і очищення технологічних розчинів у технологічному синтезі, флотація руд корисних копалин, очищення стічних вод, науглецьовування при підготовці питної води.

Рідина для запобігання обмерзанню (РЗО) являє собою водний розчин етиленгліколю (пропіленгліколю). РЗО становлять небезпеку для організму людини, тварин, мікроорганізмів ґрунту і води, оскільки гліколь, що міститься в цій рідині, може окиснюватися до речовин, ступінь токсичності яких дуже висока. Відпрацьовані РЗО розбавлені водою (сніг, лід, іній) і забруднені продуктами згоряння палива, нафтопродуктами, пилом, частинками лакофарбових матеріалів та іншими механічними домішками. У результаті цього змінюються їх фізико-хімічні властивості, і вони не придатні для подальшої експлуатації без попереднього очищення. При обробленні суден РЗО відпрацьована рідина збирається на дренажному майданчику і стікає в збірник, звідки насосом відкачується в накопичувач-відстійник. З накопичувальної ємності рідина подається на установку очищення, в яку через дозатор надходить коагулянт. Очищена РЗО надходить в ємність готового розчину, де змішується з вихідною концентрованою РЗО. Регенеративна рідина подається насосом на заправку спецмашин, а осад, що утворився, піддають механічній обробці (фільтр-прес, вакуум-фільтр).

Технологічна схема утилізації змивів нафтових відходів передбачає:

1) відкачування відходів зі ставків-відстійників і повну їх ліквідацію шляхом засипання глинистим ґрунтом, що має забезпечити сприятливі умови для життєдіяльності нафтоокиснювальних бактерій і виключити можливість забруднення ґрунту;

2) використання нафтовідходів як компонентів котельного та пічного палива, а також отримання бітумів і мастик різного призначення.

Вартість змивних нафтовідходів (ЗНВ) на порядок нижче вартості просочувального бітуму, що поставляється нафтопереробними заводами.

Окиснення зневоднених ЗНВ за відсутності добавок через 4,5 години призводить до створення бітуму з температурою розм'якшення 98 °С, тобто з показниками якості, що відповідають покривному бітуму. Нині вже існує технологічний регламент виробництва дорожніх, будівельних і покривельних бітумів з нетрадиційної сировини (ЗНВ) в присутності каталітичних добавок. Полімер-бітумні мастильні композиції широко застосовуються в спорудженні відповідальних ділянок автомобільних доріг, гідроізоляції стиків будівельних конструкцій і т. д. Зневоднені ЗНВ, окиснені в каталітичному процесі до бітумів, являють собою колоїдно-дисперсну систему, структура якої при з'єднанні з полімерами може різко змінюватися аж до повного руйнування.

8. УТИЛІЗАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ АЕРОДРОМУ І ПУСКОВИХ КОМПЛЕКСІВ

Аеропорт – це комплекс споруд і устаткування, розташованих на спеціально підготовленій земельній ділянці, призначеній для забезпечення технологічних процесів з обслуговування пасажирських, вантажних і поштових перевезень, а також організації та обслуговування польотів повітряних суден. Для забезпечення безпеки і регулярності польотів аеродроми обладнують спеціальними радіотехнічними та світлосигнальними системами. На службово-технічній території аеропорту знаходяться: аеровокзальний комплекс, споруди авіаційно-технічної бази (ангари, виробничі будівлі), вантажні склади, склади паливно-мастильних матеріалів (ПММ), споруди бази аеродромної служби та ін. Військові аеродроми мають також склади боєприпасів, засоби, що забезпечують маскування об'єкта, і засоби ППО.

Пускові ракетні комплекси можуть бути стаціонарні і пересувні. Пересувний комплекс – це засіб доставки ракети в точку пуску, забезпечення і управління запуском ракети і власне сама ракета. Стаціонарний (особливо шахтного типу) – капітальна споруда з мережею комунікацій, яка зазвичай знаходиться під землею і захищена від ураження противником.

Комплекс заходів з підтримки справності повітряних суден (ПС) або відновлення їх працездатності називається технічним обслуговуванням (ТО). Нині ТО є немислимим без засобів механізації. Неможливо, наприклад, без високопродуктивних машин заправити в стислий час необхідні 72 тонни палива в баки літака Іл-76, не можна без підйомників обслужити вузли навішування рулів висоти на літаку Ту-154, неможливо демонтувати або встановити без вантажопідйомних машин авіаційний двигун масою кілька тонн. Зараз в аеропортах застосовують 250 типів засобів механізації та 70 з них при ТО ПС. За класифікаційними ознаками засоби механізації для ТО поділяються:

1) на аеродромні агрегати і машини забезпечення оперативного обслуговування:

- а) заправні й зарядні машини;
- б) джерела енергії (засоби запуску);
- в) теплотехнічні машини;
- г) засоби буксирування і забезпечення стоянки;
- д) збиральні та мийні машини;

2) засоби механізації періодичного обслуговування:

- а) засоби доступу до зон літака;
- б) монтажні та підйомно-транспортні засоби;
- в) контрольно-діагностичні та ремонтні;
- г) засоби захисту і зберігання ПС;
- д) допоміжний інвентар.

З огляду на те, що аеропорт – спорудження довгострокове, експлуатується десятиліттями, то і всі зазначені кошти можуть використовуватися довго, ремонтуватися і піддаватися заміні у міру необхідності. Утилізація спецмашин і механізмів при цьому не відрізняється від утилізації будь-яких інших машин і механізмів, тобто вони піддаються розібранню, різанню і утилізації металобрухту.

Спецмашини і механізми виконують такі технологічні операції: заправку літаків ПММ, запуск авіадвигунів, підігрівання авіадвигунів і кондиціонування кабін літаків, буксирування літаків і їх кріплення на стоянці, прибирання салонів і очищення зовнішніх поверхонь, монтаж і демонтаж окремих частин літака, інструментальний контроль стану окремих систем і агрегатів. Типи спецмашин і агрегатів визначаються за їх конкретним призначенням або принципом роботи. Так, *заправні і зарядні машини* за призначенням поділяються на такі типи: паливозаправники, маслозаправники, водоспиртозаправники, повітрозаправники, киснезаправники, системи централізованої заправки. *Джерела енергії включають:* аеродромні пересувні і стаціонарні блоки живлення, установки повітряного запуску, установки для перевірки гідросистем. *Теплотехнічні машини* – моторні підігрівачі і аеродромні кондиціонери повітря. *Засоби блокування* – автомобільні та спеціальні літакові тягачі, буксирувальні пристрої, упорні колодки для коліс, швартувальні стропи і т. д. *Мийні та прибиральні машини* – спецмашини з підйомним салоном для прибирання кабін літаків, машини для промивання санітарних вузлів, агрегати і засоби для миття зовнішніх поверхонь літака, видалення пилу, бруду, обмерзання, снігу. *Засоби, що забезпечують доступ до зон літака*, – самохідні площадки з шарнірною стрілою або телескопічною вишкою, драбини, сходи, трапи, спеціальні доки з рухомими секціями. *Монтажні й підйомно-транспортні засоби* об'єднують підйомники і домкрати для підйому літака при регламентних перевірках і заміні коліс шасі; підйомники для монтажу-демонтажу авіадвигунів і об'ємного бортового обладнання, електрокари, візки для перевезення літакового устаткування і окремих його частин, а також різні знімачі, траверси, стропи і т. д. *Контрольно-діагностичні та ремонтні засоби* містять контрольно-вимірювальну апаратуру, спеціальні пульти і стенди, пересувні лабораторії для випробувань і контролю літакового устаткування, а також інструмент та пристрої для виконання всіх видів робіт з профілактики і поточного ремонту ПС. *Засоби захисту та зберігання ПС* – це чохли і заглушки для ізоляції від зовнішнього середовища окремих частин і агрегатів літака, установки і пристрої для прокачування і консервації систем, контейнери для зберігання літакового устаткування.

Засоби механізації пасажирських перевезень бувають: внутрішньовокзальні, вокзальні та перонні. Усередині вокзальне обладнання зазвичай оновлюється при реконструкції аеровокзалу; у першу чергу оновлення належить до засобів обслуговування пасажирів

(кошти реєстрації квитків і багажу, обладнання для передачі інформації щодо комплектування рейсів, апаратура візуальної та звукової інформації пасажирів та ін.). Обладнання може бути використано для навчання персоналу або піддаватися утилізації. Механізація поштово-вантажних перевезень здійснюється за допомогою стаціонарних і пересувних механізмів і машин для вантажно-розвантажувальних робіт на вантажному дворі, у внутрішньоскладських приміщеннях і на вантажному пероні. У першу чергу це виловні навантажувачі, автокрани і транспортери. З огляду на те, що деякі елементи цих машин (акумулятори, стрічки транспортерів і т. д.) потребують періодичної заміни, доводиться вирішувати питання їх утилізації.

Управління повітряним рухом здійснюється за допомогою наземних радіотехнічних засобів: радіонавігаційне, радіолокаційне та радіозв'язкове обладнання. Зазвичай таке обладнання збирається за блоковим принципом і може замінюватися в процесі експлуатації, а утилізація конкретного радіоелектронного об'єкта проводиться за принципами, вказаними нижче. Територією аеродрому проходять електричні мережі, що складаються з трансформаторних підстанцій і ліній різних напруг. Лінії електропередачі на території аеропорту в основному кабельні, а жили алюмінієві або мідні, які становлять велику матеріальну цінність. Однак видалення ізоляційних матеріалів з жил є дуже утрудненим, особливо якщо використовуються герметичні покриття (оболонки зі свинцю, пластмаси або рідко – зі сталі).

Багато в чому розгляд питань утилізації обладнання аеродромів стикається з проблемами утилізації стартових ракетних комплексів, і метод їх підризу економічно є неприйнятним. Маючи незалежні енергетичні джерела, досконале радіоелектронне обладнання, можна вирішити на місці питання демонтажу, членування наявних конструкцій і устаткування для вторинного використання, продажу або перероблення в сировинне джерело. Узагальнюючи вищесказане, можна зробити такі висновки:

- 1) обладнання аеродромів і пускових комплексів є ресурсно-цінним об'єктом;
- 2) його утилізацію можна здійснити на тих же технологічних майданчиках і з використанням того ж обладнання, що й при членуванні ЛА;
- 3) виконання утилізації буде економічно доцільним і завдаватиме мінімальної шкоди навколишньому середовищу.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Про схвалення Концепції Державної цільової оборонної програми утилізації озброєння, військової техніки та іншого військового майна (крім 294 звичайних видів боєприпасів та компонентів рідкого ракетного палива) на 2013 – 2017 роки: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 5 грудня 2012 р. № 996-р [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.kmu.gov.ua/kmu/control/uk/cardnpd>
2. Про затвердження переліку боєприпасів, що підлягають утилізації у 2012 – 2016 роках: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 1 лютого 2012 р. № 57-р [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.kmu.gov.ua/kmu/control/uk/cardnpd>.
3. Комплексная утилизация обычных видов боеприпасов : сб. докл. – М. : ЦНИИИТИКПК, 1997. – 234 с.
4. Промышленные взрывчатые вещества на основе утилизированных боеприпасов / Ю. Г. Щукин Б. Н. Кутузов, Б. В. Мацеевич, Ю. А. Татищев. – М. : ОАО «Недра», 1998. – 319 с.
5. Крысин, Р. С. Современные взрывчатые вещества местного приготовления / Р. С. Крысин, В. Н. Домничев. – Днепропетровск : Наука и образование, 1998. – 140 с.
6. Юрченко, А. Е. Вторичные материальные ресурсы цветной металлургии. Лом и отходы (образование) : справочник / А. Е. Юрченко. – М. : Экономика, 1984. – 229 с.
7. Юрченко, А. Е. Вторичные материальные ресурсы черной металлургии (образование и использование) : справочник. В 2 т. / А. Е. Юрченко. – М. : Экономика, 1986. – 344 с.
8. Войчак, А. В. Ассортиментный справочник по промышленному сырью и материалам / А. В. Войчак, В. М. Мальченко. – М. : Экономика, 1991. – 184 с.
9. Вторичное использование полимерных материалов : сб. ст. / под ред. Е. Г. Любешкиной. – М. : Химия, 1985. – 192 с.

ЗМІСТ

1. ОБҐРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗВІДХОДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ.....	3
2. ЗАКОНОДАВЧА І НОРМАТИВНА БАЗИ З ПИТАНЬ УТИЛІЗАЦІЇ.....	5
3. АЕРОКОСМІЧНА ТЕХНІКА ЯК ОБ'ЄКТ УТИЛІЗАЦІЇ.....	12
4. УТИЛІЗАЦІЯ АВІАЦІЙНИХ БОЄПРИПАСІВ.....	20
5. КЛАСИФІКАЦІЯ ОБ'ЄКТІВ ЗА ВИДОМ МАТЕРІАЛУ.....	46
6. УТИЛІЗАЦІЯ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	54
7. УТИЛІЗАЦІЯ АВТОШИН, ПАЛИВА, ТЕХНІЧНИХ РІДИН.....	57
8. УТИЛІЗАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ АЕРОДРОМУ І ПУСКОВИХ КОМПЛЕКСІВ.....	59
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....	62

Навчальне видання

**Макаренко Дмитро Миколайович
Бугаєнко Олег Михайлович**

УТИЛІЗАЦІЯ ОБ'ЄКТІВ АВІАЦІЙНО-КОСМІЧНОЇ ТЕХНІКИ

Редактор Н. М. Сікульська

Зв. план, 2021

Підписано до видання 10.12.2021

Ум. друк. арк. 3,6. Обл.-вид. арк. 4. Електронний ресурс

Видавець і виготовлювач

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського

«Харківський авіаційний інститут»

61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17

<http://www.khai.edu>

Видавничий центр «ХАІ»

61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17

izdat@khai.edu

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів
видавничої продукції сер. ДК № 391 від 30.03.2001