

УДК 621.311

Смалько М.А.**АСПЕКТИ СТВОРЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ УТИЛІЗАЦІЇ ТВЕРДИХ МЕТАЛЕВИХ РАДІОАКТИВНИХ ВІДХОДІВ**

Проаналізовано вимоги, запропоновані принципові рішення та описані аспекти по створенню модульних комплексів для утилізації металевих радіоактивних відходів і по їх роботі.

Ключові слова: металеві радіоактивні відходи, утилізації, дезактивація.

Смалько М.А.**АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ УТИЛИЗАЦИИ ТВЁРДЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ**

Проанализированы требования, предложены принципиальные решения и описаны аспекты по созданию модульных комплексов утилизации металлических радиоактивных отходов и по их работе.

Ключевые слова: металлические радиоактивные отходы, утилизация, дезактивация.

Smalko M.**ASPECTS ARE DESCRIBED FOR CREATIONS OF MODULAR COMPLEXES OF DECONTAMINATION OF METALLIC RADIOACTIVE WASTES**

Requirements are analyzed, fundamental solutions offer and aspects are described for creations of modular complexes of decontamination of metallic radioactive wastes and their work.

Keywords: metallic radioactive wastes, utilization, decontamination.

При експлуатації промислових об'єктів технологічні цикли яких зв'язані з радіоактивними матеріалами, відбувається утворення радіоактивних відходів (РАВ). До таких РАВ також відносяться тверді радіоактивні відходи, в тому числі і металеві. Вони утворюються на таких об'єктах в процесі експлуатації та технічного обслуговування обладнання, а також при виконанні ремонтних робіт, модернізації і т. д. [1, 2]. Практично, як і усі РАВ, металеві відходи з часом накопичуються в місцях тимчасового зберігання на самих підприємствах, де вони утворилися. Це зумовлено тим, що на сьогоднішній день в країні відсутні спеціалізовані підприємства, які централізовано займалися б переробкою, утилізацією та захороненням таких відходів. А на самих підприємствах, де утворюються такі РАВ, процес їх дезактивації виконується в ручну в силу відсутності спеціалізованого обладнання. Застосування ручних способів призводить до підвищених дозових навантажень на персонал, який ці процеси виконує та значно ускладнює, а часто і унеможливує регенерацію розчинів, які при цьому використовуються, що призводить додатково до утворення рідких РАВ з високою концентрацією радіонуклідів.

З метою вирішення зазначених проблем, в тому числі зменшення дозових навантажень на персонал та мінімізації кількості рідких РАВ, які при цьому утворюються, пропонується використовувати модулі у вигляді закінчених конструктивних вузлів, із котрих формуються технологічні універсальні комплекси утилізації низькоактивних металевих РАВ, які легко пристосовуються до конкретних умов та потреб підприємства, до того ж забезпечується повторне використання технологічних розчинів шляхом включення в склад комплексів спеціалізованих модулів їх приготування та регенерації.

Модулі таких комплексів, як зазначено вище виконуються у вигляді закінчених конструктивних вузлів, які легко формуються в технологічні лінії, обладнання яких може розміщуватися в одному або в декількох приміщеннях. При цьому вони розташовуються таким чином, щоб шляхи руху РАВ до та після дезактивації не співпадали та не перетиналися. Модулі, які у своєму складі містять ванни які забезпечують виконання основних технологічних процесів дезактивації РАВ, зазвичай об'єднуються в автоматичні технологічні лінії. В приміщеннях, в яких розміщується обладнання комплексів встановлюється один або декілька кранів, які повністю забезпечують технологічний цикл роботи комплексу.

До базового складу таких комплексів зазвичай входять основні модулі, які безпосередньо зв'язані з технологічним процесом дезактивації РАВ, а також допоміжні модулі, які забезпечують роботу комплексу в цілому. На рис. 1 представлено примірне розташування обладнання подібного комплексу з базовим складом модулів. До базового складу таких комплексів зазвичай входять наступні модулі: електрохімічної дезактивації 1; ультразвукової дезактивації в кислому розчині 2;

проміжного ополіскування 3; ультразвукової дезактивації в лужному розчині 4; форсункового ополіскування та сушки 5; гідро - абразивної дезактивації 13; приготування та регенерації розчинів 11; пост радіоактивного контролю 14 та перевантаження 15 РАВ з кошиків у транспортні контейнери.

До такого комплексу металеві РАВ на обробку подаються завантаженими в технологічні кошики. Кошики виконуються у вигляді просторових решітчастих конструкцій з матеріалів, які стійкі до розчинів, які використовуються в технологічних процесах. При завантаженні до кошиків металеві РАВ сортуються за розмірами та формою. Це робиться для того, щоб при укладанні фрагментів РАВ до кошиків їх положення забезпечувало максимальний доступ розчину до всіх їх забруднених поверхонь при обробці. Металеві РАВ, які мають більші розміри або складні форми можуть проходити процеси фрагментації на спеціальному обладнанні для отримання необхідних розмірів та форм. Після заповнення кошиків відповідними РАВ, ця партія передається до комплексу на обробку. При цьому кошик з партією РАВ, які надійшли на обробку встановлюються на приймальний стіл 7.

Приймальний стіл 7 зазвичай на рівні з модулями електрохімічної дезактивації 1, ультразвукової дезактивації в кислому розчині 2, проміжного ополіскування 3, ультразвукової дезактивації в лужному розчині 4, форсункового ополіскування та сушки 5, а також входять (рис. 1) до складу автоматичної технологічної лінії комплексу. Для переміщення кошиків з партіями РАВ між модулями такої лінії в процесі їх обробки над нею розміщується кран-маніпулятор 6, який забезпечує її роботу в автоматичному режимі. Така лінія разом з краном-маніпулятором 6 накривається захисним екраном 8 у вигляді металевого ковпака, що забезпечує біологічний захист для персоналу та роботу вентиляційної системи, яка запобігає вибивання в парів з модулів у приміщення. Для цього під захисним екраном 8 вентиляційною системою створюється незначне розрідження, що забезпечує видалення парів при роботі ван та відкриванні їх кришок. Два крайні модулі таких автоматичних ліній екраном не накриваються, оскільки ці модулі є місцями передачі кошиків з РАВ між зоною дії крана-маніпулятора 6 лінії та загального крана 12 приміщення. В даному випадку це приймальний стіл 1 і модуль форсункового ополіскування та сушки 5. Крім того до складу таких ліній можуть входити інші або конструкції. Наприклад (рис. 1) для проходу персоналу при обслуговуванні модулів, які входять до складу лінії, повздовж неї розміщується площадка 9, яка забезпечує можливість зручного виконання таких робіт.

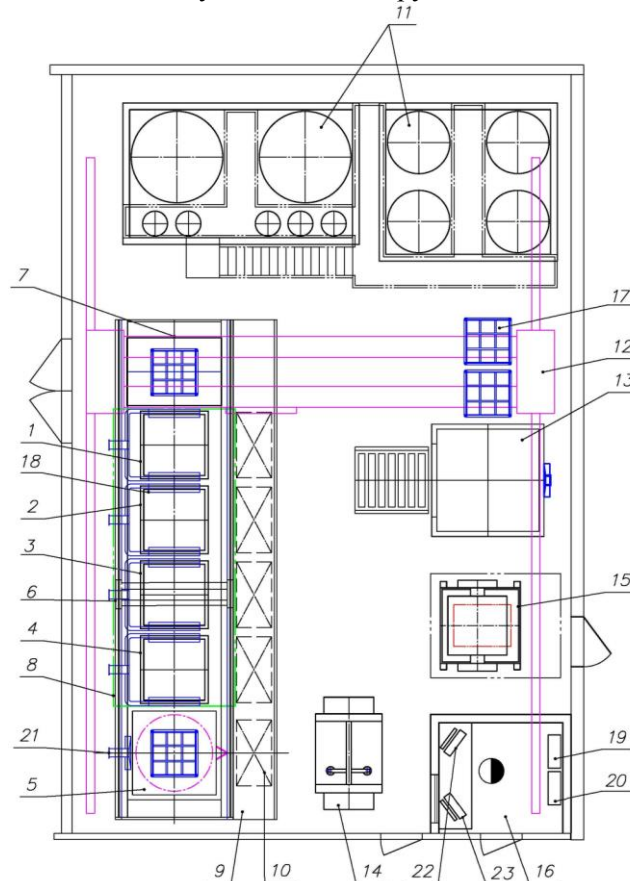


Рис. 1. Примірне розташування обладнання комплексу

Конструктивні елементи таких модулів в тому числі і їх ванни виконуються з матеріалів, котрі стійкі до дії розчин, які використовуються в технологічних процесах, що відбуваються в них. Ванни модулів на бічних стінках та дні містять ультразвукові генератори, котрі забезпечують активацію процесів, які відбуваються в них. Як зазначено вище, кожний модуль виконуються у вигляді закінченого конструктивного вузла. Це досягається тим, що до складу кожного модуля на рівні з ваннами обов'язково також входять проміжні баки, насоси, фільтри та інше обладнання, котре забезпечує повністю технологічні процеси в ньому. Усі такі конструктивні елементи модуля разом з ванною розміщуються на одній рамі.

Ванни зверху закриваються кришками, конструкція яких виконуються в залежності від конструкції крана-маніпулятора 6, захисного екрана 8 та висоти стелі приміщення в яких встановлюється дане обладнання. При обмежених умовах кришка ванни для відкриття зсовується в сторону по направляючим або складається пополам при чому дві частини, на які вони розділені, у свою чергу складаються також пополам. Коли обмежень не має, кришка кріпиться на осях на боковій стінці ванни та відкривається повертаючись навколо цих осей. Для відкривання кришок можуть використовуватися механізми з електричним або пневматичним приводами, які керуються дистанційно АСУ ТП даного комплексу. Також на бокових стінках ванни для видалення випарів із неї розміщуються бортові відсоси 18, які з'єднується з системою спецвентиляції. На ванні модуля форсунокового ополіскування та сушки 5 додатково встановлюється більш потужний відсос 21. Крім того приміщення, де розташовується обладнання такого типу, облаштовуються елементами системи загальної вентиляції будівлі.

До комплексів може входити крім того допоміжне обладнання, яке напряду не зв'язане з виконанням основних технологічних процесів, але забезпечує його контроль та виконання. До такого обладнання можна віднести пост радіаційного контролю РАВ, які пройшли дезактивацію. Для цього в склад комплексу включають стаціонарні пости радіаційного контролю 14. На таких постах контроль РАВ виконується безпосередньо в кошиках, в яких вони проходять обробку. Конструкція таких постів підбирається індивідуально в залежності від виду РАВ, типу їх забруднення та вимог нормативних документів, які діють на підприємстві, на якому використовується дане обладнання.

Поблизу поста радіаційного контролю 14 завжди розміщують модуль 15 перевантаження РАВ, які пройшли такий контроль та відповідають відповідним умовам, з кошиків у транспортні контейнери. Основою такого модуля є перевантажувач, котрий являє собою станину на якій встановлена поворотна платформа з приводом. Для перевантаження кошик з партією РАВ встановлюється та фіксується захватами на поворотній платформі такого перевантажувача 15 та разом з нею повертається до положення, коли вони разом розміщуються над транспортним контейнером і РАВ всипається до нього.

Для дезактивації дрібних металевих РАВ, наприклад, болтів, гайок, фітінгів тощо, а також індивідуальної дезактивації фрагментів РАВ, які після проходження обробки на автоматичній технологічній лінії дезактивації мають більш вищі залишкові рівні забруднень на загальному фоні РАВ, які містяться в даному кошику, використовується модуль гідро-абразивної дезактивації 13. Модуль гідро – абразивної дезактивації, також виконується у вигляді закінченого автономного конструктивного елементу. Для чого на одній рамі з закритою камерою, в якій у штатній корзині виконується дезактивація дрібних РАВ, встановлюються насоси, фільтри та інше обладнання, котре забезпечує роботу даного модуля.

У приміщенні в якому міститься основне обладнання комплексу або поряд з ним розміщується модуль 11 приготування та регенерації розчинів, які використовуються в модулях комплексу. До складу даного модуля зазвичай входять резервуари запасу чистих та забруднених розчинів, мішалка для приготування розчинів, бак нейтралізації, резервуари запасу води та реагентів, які використовуються для приготування розчинів, фільтри, трубопроводи, арматура тощо. Основні технологічні модулі до складу яких входять ванни та в яких для їх роботи використовуються розчини, зв'язані з модулем 11 трубопроводами по яких чисті розчини подаються до них, а після використання повертаються назад.

Також, для керування і контролем за роботою усього обладнання комплексу на ділянці облаштовується пост керування 16. Необхідно зазначити, що зазвичай система АСУ ТП і електричного живлення обладнання комплексу по функціональній взаємодії в цьому випадку об'єднуються в єдину структуру. Через яку персонал з пульта керування 22 за допомогою штатного програмного забезпечення АСУ ТП через шафи управління та силові шафа виконує керування усім обладнанням комплексу. Нижній (польовий) рівень контролю і керування включає

в себе виконавчі механізми, датчики, первинні перетворювачі та інші елементи керування, встановлені в основному на технологічному обладнанні. Також в цю структуру входять силові обладнання, електричні приводи, силові та контрольні кабелі, блоки живлення і т. д. Оскільки, обладнання самого комплексу та усіх допоміжних систем, як зазначено, працює в автоматичному та дистанційному режимах, то всі органи керування його обладнанням зосереджуються в шафах АСУ ТП на посту керування 16, а робота їх контролюється та керується оператором з пульта керування 22. Для забезпечення обробки партій РАВ з різними забрудненнями в програмному забезпеченні АСУ ТП комплексу закладені програми з алгоритмами обробки подібних РАВ. Тому вибір програми обробки виконується оператором після ідентифікації партії РАВ, які надійшли для дезактивації за типом РАВ, а також за видом та ступеню їх забруднення і т. д. Цей вибір виконується шляхом вибору одної із закладених чи раніше введених автоматичних програм або шляхом формування в ручному режимі нової програми для конкретних партій РАВ за характером їх забруднень. При формуванні нової програми для конкретних забруднень оператор визначає, які модулі будуть задіяні в процесі, послідовність та тривалість їх використання, температурні та ін. параметри.

Для візуального контролю усіх технологічних процесів, які відбуваються на ділянці, на посту керування 16 розміщуються центральний пост 23 системи відеоспостереження. Система відеоспостереження, включає в себе відеокамери, які розташовуються на елементах обладнання або поблизу них в місцях, з яких вони забезпечують зручний сектор огляду для персоналу з точки зору контролю та керування технологічним процесом. Відеокамери мають можливість масштабування зображення, що дозволяє при необхідності розглядати технологічний процес в широкому спектрі від дрібних деталей до панорамного огляду приміщення. Також, відеокамери встановлюються на візки вантажопідйомних механізмів, що забезпечує хороший огляд вантажу (наприклад кошиків з РАВ), який підвішених на його крюкових підвісах них, а також місця з яких він забирається або на які він встановлюється.

Установка працює наступним чином. Пусті кошики, які зберігаються на ділянці дезактивації, передаються на ділянку сортування РАВ, де вони заповнюються відсортованими металевими РАВ, та повертаються назад на ділянку дезактивації. На ділянку дезактивації разом з партією РАВ, яка міститься в конкретному кошику, передаються дані про них. Оператор вводить такі дані про партію РАВ, яка надійшла на обробку та вибирає режим їх обробки - програму. Після запуску вибраної програми, в автоматичному режимі включається автоматична технологічна лінія дезактивації. Результати зважування партії РАВ, яка надійшла на обробку в даному кошику, на приймальному столі порівнюються з даними, які супроводять її. Після цього кран-маніпулятор за допомогою автоматичних захватів свого підйомного механізму піднімає кошик з РАВ зі столу прийому 7 та переміщує його до модуля у відповідності з вибраною програмою їх обробки. При підході підйомного механізму крана-маніпулятора 6 з підвішеним на ньому кошиком з РАВ до ванни відповідного модуля, її кришка автоматично відкривається і кошик з РАВ опускається до неї. По завершенню завантаження кошика з даними РАВ до ванни, її кришка автоматично закривається, а в ній запускається відповідний технологічний процес.

По завершенню процесу обробки партії РАВ у ванні даного модуля, автоматично включаються бортові відсоси, які розміщені на її стінках та відкривається її кришка. Підйомним механізмом крана-маніпулятора 6 за допомогою автоматичних захватів виймає кошик з партією РАВ із ванни даного модуля та переміщує його у ванну наступного модуля у відповідності з вибраною програмою. Перед кожним переміщенням кошика з РАВ між модулями, для запобігання розливів залишків розчину, які містяться на самих РАВ та кошику, їх деякий час витримують над ванною модуля з якої їх вийняли, що забезпечує стікання цих залишків назад до ванни. Таким чином відбуваються процеси обробки партії РАВ у ваннах модулів електрохімічної дезактивації, дезактивації в кислому та в лужному розчинах, а також у ванні модуля проміжного ополіскування. Необхідність використання кожного конкретного модуля та черговість обробки в них визначається вибраною програмою. При тому модуль проміжного ополіскування завжди слідує в проміжках між обробкою в модулях, в яких використовуються різні розчини.

По завершенні виконання заданої технологічної програми, коли партія РАВ, яка міститься в даному кошику, пройшла усі стадії обробки, вона подається до модуля форсунокового ополіскування та сушки. При ополіскуванні РАВ, які містяться в кошику, піддаються дії струменів води під високим тиском, які постійно змінюють свій напрямок. В процесу сушки в камеру подається нагріте повітря, яке просушує самі РАВ та кошик в якому вони містяться. По завершенню процесу сушки, за допомогою крану 12 кошик з партією РАВ переміщується на пост

радіаційного контролю 14, де визначає рівень залишкового радіоактивного забруднення партії РАВ, яка міститься у даному кошику. Після чого кошик в залежності від результатів радіаційного контролю партії РАВ, яка міститься в ньому передається на вузол перевантаження 15 або на стіл прийому 7. На вузол перевантаження 15 кошик надходить, коли партія РАВ, яка міститься в кошику, за рівнем радіоактивного забруднення відповідають необхідним нормативним значенням і вони можуть бути передані в статусі звичайного металевих брухту на підприємства переробки вторинної сировини. Кошик з цією партією РАВ, який надійшов на вузол перевантаження 15 встановлюється на його поворотну платформу, де фіксується захватами. Далі платформа з кошиком повертається і як зазначено вище РАВ з кошика пересипається в транспортний контейнер. І далі в ньому вона транспортується для їх подальшої переробки.

У випадку, коли партія РАВ, яка міститься у кошику, за рівнем залишкового радіоактивного забруднення не задовольняє нормативним вимогам, оператор може повернути її на ділянку сортування РАВ для відправлення, наприклад, на тимчасове зберігання з подальшим їх захороненням або прийняти рішення про повторну дезактивацію всієї партії РАВ на автоматичній лінії чи індивідуальну обробку окремих фрагментів РАВ, які мають більш високий рівень залишкового радіоактивного забруднення на загальному фоні РАВ цієї партії, в модулі гідро-абразивної дезактивації.

При повторній дезактивації такої партії РАВ на автоматичній технологічній лінії, оператор знову вибирає та запускає відповідну автоматичну програму. При виборі такої програми оператор може призначити додатково циклічну обробку або збільшити її тривалість в тому чи іншому модулі тощо. І далі за вибраною програмою для цієї партії РАВ проходять відповідно цикл дезактивації на такій лінії з повторним радіаційним контролем та прийняттям рішення про подальші дії з ними.

Для індивідуальної дезактивації окремих фрагментів РАВ, які мають більш високий рівень залишкового радіоактивного забруднення на загальному фоні РАВ, кошик з такою партією РАВ за допомогою крана 12 переміщується на стіл сортування 17, який розміщується поблизу модуля гідро-абразивної дезактивації 13. На ньому персонал за допомогою ручного приладу радіаційного контролю сортує та відбирає ті фрагменти РАВ, які можуть пройти обробку в даному модулі. Після цього персонал завантажує відібрані фрагменти РАВ в штатний кошик модуля гідро-абразивної дезактивації 13 та виконує обробку в ньому періодично проводячи їх радіаційний контроль за допомогою ручного приладу. Таким же чином виконується дезактивації дрібних металевих РАВ, наприклад, болтів, гайок, фітингів тощо також з використанням модуля гідро-абразивної дезактивації 13.

Перед початком та періодично в процесі роботи комплексу в модулі 11 дезактивації готуються розчини, які використовуються в його модулях. Для приготування розчинів вода та відповідні реагенти дозуються в мішалку, де відбувається їх приготування. Перед приготуванням наступного розчину мішалка та всі елементи системи приготування розчину промивається. Готові розчини подаються у відповідні резервуари їх запасу. В процесі роботи комплексу по мірі потреби готові розчини з цих резервуарів подаються у відповідні модулі. По мірі необхідності забруднені розчини з модулів подаються до модуля їх підготовки та регенерації 11. Для цього такі розчини із проміжних резервуару 10 відповідного модуля насосами подається у відповідний резервуари модуля їх підготовки та регенерації 11. При регенерації кожний розчин із відповідного резервуару запасу його забрудненої частини по черзі декілька раз пропускається через блок регенерації, а потім подається у резервуар його запасу чистої частини, а потім по мірі необхідності повертаються у відповідні модулі. Розчини, які надійшли на регенерацію, але за своїм забрудненням та іншими параметрами навіть після регенерації, не придатні для подальшого використання, відправляється до резервуару нейтралізацію.

Для води, яка використовується в комплексі, передбачено також її повторне використання. Для цього чисту воду спочатку використовують в модулі форсунового ополіскування та сушки з декількома циклами регенерації, а потім з декількома циклами регенерації в модулі проміжного ополіскування і далі після її регенерації можливе використання для приготування розчинів або відправлення до резервуару нейтралізації для подальшої утилізацію. Таким же чином готуються та використовуються розчини, які необхідні для роботи модуля гідро-абразивної дезактивації 15.

Запропонований підхід створення технологічних комплексів шляхом формування їх складу під конкретні умови підприємств із модулів, які виконуються у вигляді закінчених конструктивних вузлів, що забезпечує ефективний та екологічно обґрунтований спосіб рішення проблеми утилізації низькоактивних металевих РАВ. При тому до складу таких комплексів

входять основні модулі, які містять ванни в яких використовується інтенсифікація технологічних процесів ультразвуком та допоміжні модулі, які повністю забезпечують роботу всього комплексу, в тому числі повторне використання розчинів, шляхом їх приготування та регенерації в штатному модулі того ж комплексу. Таким чином забезпечується повний комплекс робіт по утилізації металевих РАВ в автоматичному режимі та виведення їх значної частини із під контролю шляхом зниження їх радіоактивного забруднення нижче встановлених нормативних значень при мінімізації кількості рідких РАВ, які при цьому утворюються, а також мінімізації дозових навантажень на персонал, який виконує та контролює такі технологічні процеси.

Список використаних джерел:

1. Гончарук В.В., Страхов Э.Б., Волошинова А.М. Водно-химическая технология ядерных энергетических установок и экология: Справочник. - К: Наукова думка, 1993. - 488 с.

2. Технология водоочистки на атомных энергетических установках /Кульський Л.А., Страхов Э.Б., Волошинова А.М. - Киев: Наукова думка, 1986. - 272 с.