

**Р. Л. Годун, М. В. Пашинов, А. О. Холодюк, М. І. Павлюченко, С. М. Стадник,
С. В. Купріяничук, А. О. Дорошенко, О. В. Мясніков***

*Інститут проблем безпеки АЕС НАН України, вул. Кірова, 36а, Чорнобиль, 07270, Україна
Державне спеціалізоване підприємство «Чорнобильська АЕС», а/я 11, Славутич, 07101 Україна

РЕЗУЛЬТАТИ ОБСТЕЖЕННЯ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО КОМПЛЕКСУ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТА ОБЛІКУ ЗАВОДУ З ПЕРЕРОБКИ ТВЕРДИХ РАДІОАКТИВНИХ ВІДХОДІВ

Наведено короткий опис результатів фактичного обстеження та аналізу технічної документації програмно-технічного комплексу системи контролю та обліку заводу з переробки твердих радіоактивних відходів. Системи LMS (моніторинг установки вилучення твердих відходів), GCS (модуль контрольної станції гамма-камери) і CMS (моніторинг контейнерів) працездатні і зауваження щодо ефективності їхнього функціонування відсутні. Потрібна модернізація чи відновлення працездатності систем NMS (моніторинг нейтронного випромінювання), DMS (моніторинг бочок), DFF (дозиметричний контроль завантаження бочок з високоактивними відходами), DFC (радіаційний контроль бочки перед кондиціонуванням) та LIM (контроль великогабаритних твердих радіоактивних відходів). Було розроблено та запропоновано заходи щодо підвищення ефективності цих систем і/або усунення виявлених невідповідностей вимогам, що пред'являються до їхньої функціональності.

Ключові слова: програмно-технічний комплекс, система контролю та обліку, завод із переробки твердих радіоактивних відходів, пропозиції щодо модернізації та усунення недоліків, фактичне обстеження та аналіз технічної документації, невідповідність систем установленим до них вимогам.

Державним комітетом ядерного регулювання України 13 травня 2010 р. був підписаний окремий дозвіл № 000040/3 на введення в експлуатацію установки з вилучення твердих відходів (УВТВ) та заводу з переробки твердих радіоактивних відходів (ЗПТРВ) (рис. 1) промислового комплексу по поводженню з радіоактивними відходами ДСП «Чорнобильська АЕС». Однак для запуску його в експлуатацію було необхідно виконати аналіз працездатності програмно-технічного комплексу (ПТК) системи контролю та обліку (СКО) та забезпечити функцію коректного формування паспорта на упаковку радіоактивних відходів (РАВ). На даний час паспорт на упаковку РАВ, що формується ПТК СКО ЗПТРВ і здається на захоронення в СОПСТРВ (спеціально обладнане приповерхнє сховище твердих радіоактивних відходів) ДСП "Техноцентр ЦППРВ", не відповідає «Критеріям приймання радіоактивних відходів на захоронення у СОПСТРВ» [1] через нездатність визначати питому та сумарну активність упаковок відходів. У ході обстеження було визначено причини даних невідповідностей і запропоновано рішення для їх усунення. Подальша оцінка відповідності формованого паспорта може бути отримана тільки після впровадження методології характеристики твердих радіоактивних відходів (ТРВ) за допомогою радіонуклідних векторів, а також впровадження розроблених та запропонованих заходів і модернізації ПТК СКО ЗПТРВ.

Фактичні обстеження ПТК СКО ЗПТРВ були проведені у другій половині 2017 р. працівниками Інституту проблем безпеки АЕС НАН України (далі - ІПБ АЕС) за сприяння експлуатуючого персоналу ЗПТРВ. Підставами для проведення цих робіт були вихідні умови до «проведення обстеження ПТК забезпечення системи контролю та обліку упаковок РАВ (СКО РАВ) ЗПТРВ» (від 18 серпня 2017 р.) [2], а також договір між ДСП ЧАЕС та ІПБ АЕС [3]. Результати проведеного обстеження були основою для розробки технічного завдання на модернізацію ПТК СКО ЗПТРВ, а також використовувалися для оцінки термінів та вартості модернізації ПТК СКО заводу.



Рис. 1. ЗПТРВ на майданчику ЧАЕС.

Було зібрано і проаналізовано дані про об'єкти автоматизації та види діяльності, що здійснюються на ЗПТРВ згідно зі схемою (рис. 2) функціональних елементів засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) та функціональних зв'язків системи радіаційно-технологічного контролю (СРТК). Ця схема наведена в інструкції [4].

© Р. Л. Годун, М. В. Пашинов, А. О. Холодюк, М. І. Павлюченко, С. М. Стадник, С. В. Купріяничук, А. О. Дорошенко, О. В. Мясніков, 2018

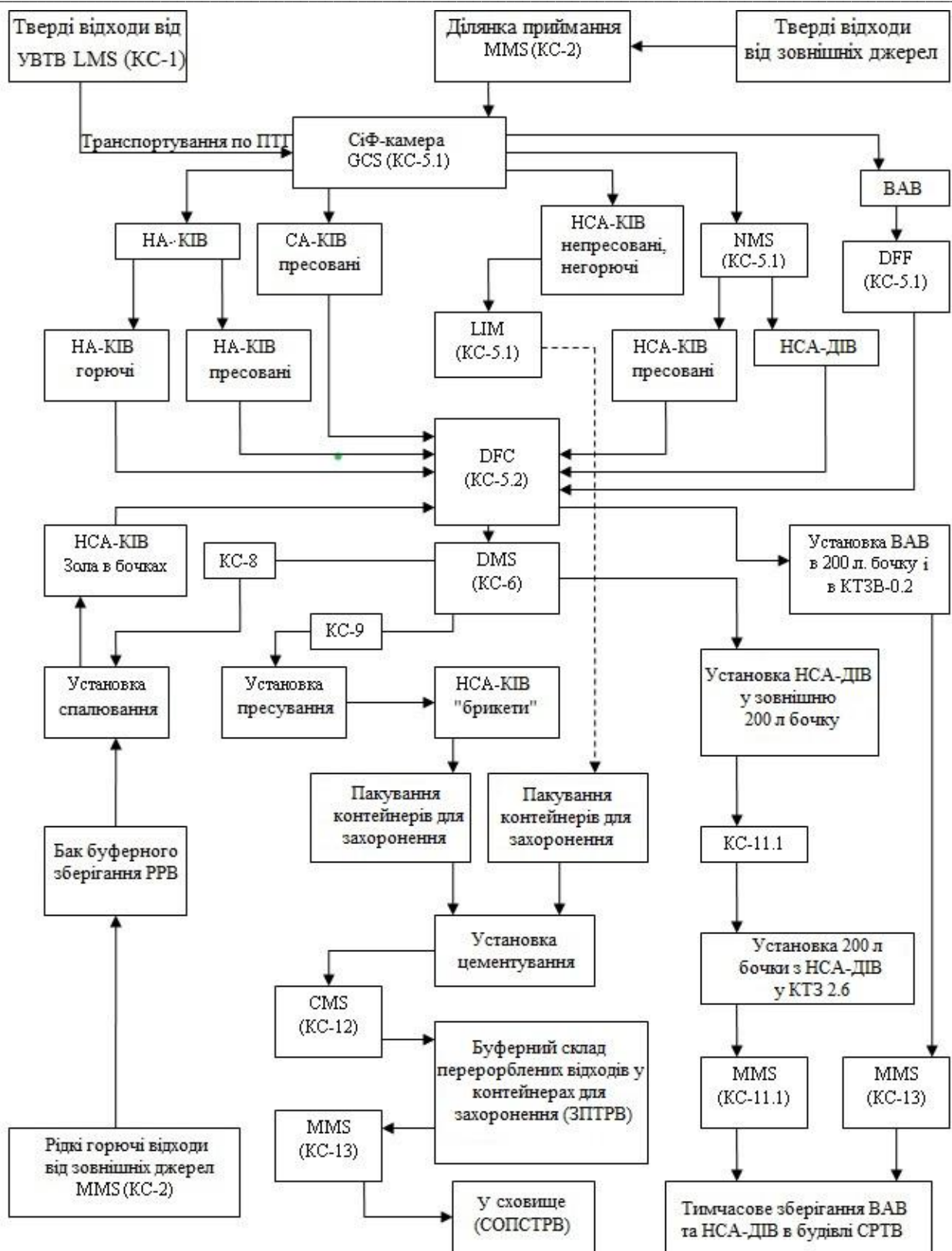


Рис. 2. Схема технологічного процесу поводження з РАВ на установці вилучення твердих відходів (УВТВ) та ЗПТРВ.

Були вивчені функціональні зв'язки окремих етапів здійснення технології поводження з РАВ та ЗПТРВ, а також установлені ключові ланки в технологічному ланцюгу, що входять до складу СРТК і відповідають за радіаційний контроль і вимірювання активності радіонуклідів при використуванні геометрій вимірювання ТРВ.

Наводимо результати обстеження систем ЗПТРВ та запропоновані рішення щодо усунення виявлених недоліків.

1. За результатами аналізу технічної документації та фактичного обстеження ЗВТ немає зауважень по працездатності та ефективності гамма-камери (GCS), моніторингу УВТВ (LMS) і систем моніторингу контейнерів (CMS).

Система гамма-камери (GCS) [4, 5] призначена для реєстрації радіоактивних плям у масі РАВ на сортувальному лотку. Ця система дозволяє визначити розподіл активності у відходах на лотку й виконати попередню прогнозну класифікацію РАВ для подальшого поводження. Система гамма-камери складається з ряду апаратних модулів, частково змонтованих в окремих корпусах на загальній траверсі. Ця система складається з таких елементів: електронно-оптичної головки з електронним пристроєм BFB-CQ1011; відеокамери BFB-CQ1012; лазерного далекоміра BFB-CQ1015; міні-комп'ютера BFB-CQ1016; трьох гамма-спектрометрів BFB-CQ1014 і трьох лічильників Гейгера - Мюллера з електронікою BFB-CQ1013.

Система гамма-камери здатна працювати у трьох режимах: оглядового сканування, стандартного сканування і повільного сканування. У режимі оглядового сканування реєструється маса лотка, виконується спектрограма, візуалізація за допомогою відеокамери. За цими результатами програма проводить аналіз для визначення використання стандартного або повільного сканування. При скануванні детектори розташовані на висоті 1 м від лотка, а на моніторі ПК відображаються гаммаграми, які розділені на сегменти у вигляді кольорових плям залежно від інтенсивності випромінювання. З урахуванням заданих порогових величин отримані сегменти розділяються за колірною шкалою. Режим повільного сканування відрізняється тільки швидкістю сканування й дозволяє отримати оптимальний результат для аналізу неоднорідності розподілу активності джерела іонізуючого випромінювання (ДІВ).

Система моніторингу УВТВ (LMS) [4, 6] призначена для реєстрації радіаційних характеристик ТРВ, які з відсіків сховища твердих відходів (СТВ) завантажуються у внутрішній контейнер ТРВ, а також для забезпечення неперевищення встановленого значення потужності дози від контейнера в процесі його завантаження.

Система LMS складається з шести лічильників Гейгера - Мюллера "VACU TEC 70090" з електронікою для вимірювання потужності дози (AAW-CR100). Два блоки детектування (змонтовані на стіні кесона) реєструють потужність дози від вимірювального елемента ТРВ перед завантаженням у внутрішній контейнер ТРВ; чотири вимірювача потужності дози (ВПД) «VACU TEC 70090» змонтовані навпроти один одного над поверхнею контейнера, що заповнюється, і реєструють потужність дози з метою забезпечення неперевищення контрольного рівня.

Засоби вимірювальної техніки (ЗВТ) системи моніторингу контейнерів (CMS) [4, 7] призначені для вимірювання потужності експозиційної дози (ПЕД) та поверхневого забруднення контейнерів РАВ, призначених для відправки на захоронення. Система моніторингу контейнерів складається з таких елементів: міні-комп'ютера для загального управління системою та обробки даних; блока з валиками для взяття мазка з поверхні контейнера і приладу для контролю забруднення BWB-CQ1020; восьми лічильників Гейгера - Мюллера з електронікою для вимірювання потужності дози BWB-CQ1000.

Призначення компонентів ЗВТ і устаткування системи: два датчика ВПД «VACU TEC 70090», що вбудовані у транспортну систему, призначені для контролю потужності дози на днищі контейнера; два ВПД змонтовані горизонтально над контейнером і призначені для контролю потужності дози на кришці контейнера; три ВПД (змонтовані вертикально зліва від контейнера датчика) призначені для контролю потужності дози на стінці контейнера на відстані 0,1 м при обертанні контейнера; один датчик (розміщений на відстані 1 м від стінки по центру контейнера) призначений для контролю на відстані 1 м потужності дози від поверхні обертового контейнера; додаткове обладнання призначене для вимірювання поверхневого забруднення на кришці контейнера і у двох місцях на стінці контейнера.

2. ЗВТ системи моніторингу нейтронного випромінювання (NMS) [4, 8, 9] призначені для реєстрації уповільнених нейтронів за допомогою ^3He лічильників, а також контролю ПЕД від РАВ з наступною обробкою даних на пристрої кореляційного аналізу (LCA), де поряд з отриманими результатами по нуклідному складу аналізуються дані по нейтронному випромінюванню. Конструкційно система NMS представлена двома незалежними блоками "NMS13" і "NMS11", на які встановлені блоки детектування типу "VACU TEC 70090". Потужність дози від РАВ на поверхні вимірювального лотка у приміщенні 11/127 реєструється блоками, свинцевий захист яких спільно з поліетиленовим

сповільнювачем забезпечують уповільнення нейтронів із метою оптимальної ефективності реєстрації. Кожен із блоків NMS оснащений газонаповненими ^3He лічильниками з робочою довжиною 1000 і 600 мм, промисловим комп'ютером і пристроєм LCA, ВПД "VACU TEC 70090". Програмне забезпечення дозволяє керувати всіма ЗВТ системи, а також зберігати, відображати, обробляти й передавати для подальшого використання результати вимірювань.

Виходячи з інструкції [8], вміст лотка має бути гомогенним (у реальних умовах максимально наближається до цього), і після того, як вимірювання закінчено, додаток показує результат, чи належать РАВ до категорії «довгоіснуючі» або «короткоіснуючі».

За результатами аналізу наданої/доступної документації, а також обстеження системи NMS з метою оцінки ефективності розділення потоків відходів у СіФ-камері (камера сортування і фрагментації) було зроблено такі висновки:

згідно з наведеними в [10] результатами система працездатна при вимірюванні (відповідно до інструкції [11]) від контрольного джерела ^{252}Cf ;

з огляду на конструктивні особливості лотка (велика площа детектування, плоска геометрія лотка) і малу захищеність від зовнішнього випромінювання в даному виконанні система не здатна робити поділ потоку відходів на короткоіснуючі відходи (КІВ) і довгоіснуючі відходи (ДІВ);

у звіті [8] зазначено, що вимірювання проводилися над лотком при піднятті джерела на висоту 1,5 м і вище, продовжуючи реєструвати нейтрони. Відповідно було зареєстровано присутність додаткового небажаного фону, тому потрібно відгородити/закрити лоток при вимірюваннях.

Виходячи з вищенаведеного, для забезпечення функції розділення потоків у СіФ-камері пропонуються такі можливі рішення:

оцінити вплив зовнішнього космічного фону і розрахувати поправочний коефіцієнт, провівши вимірювання на порожньому лотку, з подальшим внесенням цього поправочного коефіцієнта у програмне забезпечення (ПЗ);

за умови неможливості (через закритий доступ до вихідного коду ПЗ) використовувати вимірювання і формули, що видаються системою і представлені в [9], а також розробити і впровадити додатковий програмний модуль, який буде враховувати вплив фону на вимірювання;

модернізувати систему шляхом додавання поліетиленового захисту при проведенні нейтронних вимірювань для відсікання фону від космічного випромінювання;

після впровадження запропонованих рішень необхідно буде провести процедуру метрологічного калібрування, а також наступні випробування з обов'язковим дотриманням умов, зазначених в інструкції, тільки після проведення процедури метрологічного калібрування можна буде зробити висновок про можливість переведення системи в індикаторний режим, визначення якої було вимогою замовника робіт по обстеженню;

якщо запропоновані вище заходи виявляться неефективними або неприйнятними з точки зору економічної доцільності, тільки тоді пропонується виключити дану систему, а потоки РАВ у СіФ-камері розділяти системою ЛІМ на основі прямих вимірювань гамма-активності по ^{137}Cs і ^{60}Co .

3. ЗВТ системи моніторингу бочок (DMS) [4, 12] призначені для проведення докладної характеристики ТРВ у бочках по 165 л і остаточного поділу їх на КІВ і ДІВ. Система моніторингу бочок складається з таких елементів: міні-комп'ютера для загального управління системою та обробки даних; гамма-спектрометра (з HPGe підсилювачем) ORTEC для енергетичного аналізу гамма-випромінювання; шести лічильників Гейгера - Мюллера з електронікою для вимірювання потужності дози; системи контролю нейтронного випромінювання на базі ^3He лічильника.

Призначення компонентів ЗВТ і устаткування системи: один датчик ВПД "VACU TEC 70090", змонтований горизонтально над бочкою, призначений для контролю потужності дози на кришці бочки; три датчики змонтовані вертикально зліва від бочки і призначені для контролю потужності дози на поверхні бочки; один датчик ВПД змонтований на відстані 1 м від бочки і призначений для контролю потужності дози від бочки на відстані; система контролю нейтронного випромінювання, що складається з 24 ^3He лічильників нейтронів, реєструє уповільнені нейтрони; пристрій LCA управляє обладнанням контролю нейтронного випромінювання (задає пороги дискримінатора і т.п.); система гамма-спектрометра на базі HPGe визначає детальний нуклідний склад відходів у бочці; один датчик ВПД "VACU TEC 70090", вбудований у транспортну систему і призначений для контролю потужності дози на нижній поверхні бочки.

Щодо нейтронних вимірювань бочок на системі DMS встановлено, що вимірювання активності річної давності відображалися в кінцевому pdf-файлі, але абсолютні значення активності по ра-

діонуклідах були невірні; результатом проведених у цьому році вимірювань є нульова активність по радіонуклідному складу. Із цього випливає, що присутні помилки в ПЗ, але апаратура працездатна.

За результатами аналізу роботи системи з метою доцільності й можливості виключення вимірювання нейтронних потоків на системі DMS були розроблені рекомендації:

провести повну діагностику ПЗ, а також варіаційні корективи в .ini файлі;

виконати діагностику програмного забезпечення з можливістю ручного управління експозицією (для більш точної побудови спектрів за ізотопним складом радіоактивних відходів) та впровадити відповідний програмний модуль, тому що мінімальна експозиція гамма-спектрометричних вимірювань системою DMS становить 600 с, що не задовольняє оператора;

якщо в результаті вищезапропонованої роботи працездатність системи не буде відновлена, то треба виключити вимірювання нейтронних потоків на системі DMS, а оцінку активності трансуранових елементів виконувати за допомогою методу вимірювань гамма-активності по ^{137}Cs і ^{60}Co , який є альтернативним (як у системі NMS). При цьому необхідно буде розробити і впровадити програмне забезпечення для розрахунків активності альфа-випромінюючих радіонуклідів за допомогою коригуючих коефіцієнтів.

4. ЗВТ системи контролю великогабаритних ТРВ (LIM) [4, 13] призначені для реєстрації радіаційних характеристик довгих предметів і непресованих ТРВ, завантажених у контейнер для захоронення, а також контролю неперевищення встановленого значення потужності дози від контейнера в процесі його завантаження та реєстрації значень питомої активності за певними радіонуклідами.

За результатами вимірювань розрахунковим шляхом визначаються очікувані радіаційні характеристики контейнера, що завантажується, при цьому враховуються такі порогові значення: межа ПЕД (на поверхні контейнера); межа сумарної активності і питомої масової активності контейнера; максимально допустима зважена сума значень питомої активності по ізотопах; максимально допустима маса завантаженого контейнера.

Основне обладнання системи великогабаритних ТРВ складається з міні-комп'ютера, гамма-спектрометра для енергетичного аналізу гамма-випромінювання і чотирьох лічильників Гейгера - Мюллера з електронікою для вимірювання потужності дози. Для вимірювання активності гамма-випромінюючих радіонуклідів ^{137}Cs і ^{60}Co використовується гамма-спектрометр "CdZnTe". Для реєстрації потужності дози від вимірюваного елемента ТРВ під підлогою приміщення П/127 встановлено два блоки детектування типу "VACU TEC 70090". З метою забезпечення неперевищення контрольного рівня від захисного контейнера КЗ-3 використовуються два інших блоки детектування типу "VACU TEC 70090", встановлені у приміщенні П/130 над поверхнею контейнера, які реєструють потужність дози.

При перевірочних вимірюваннях використовуються джерела ^{137}Cs , ^{60}Co і $^{137}\text{Cs}/^{60}\text{Co}$, тому очікувані значення потужності дози випромінювання та активності для наступних вимірювань повинні бути отримані з урахуванням у результатах контрольного вимірювання постійних розпаду ^{137}Cs і ^{60}Co . Збіжність результатів вимірювань потужності дози для всіх трьох типів джерел із результатами контрольного вимірювання знаходиться в межах похибки $\pm 20\%$.

У результаті випробувань системи контролю великогабаритних ТРВ було виявлено, що система LIM працює коректно за винятком таких моментів:

спектрометр, розміщений під підлогою приміщення П/127, розташований занадто низько (рис. 3). Таким чином при вимірюваннях спектрометр вимірює активність усього простору над ним, а не конкретної ділянки;

існуюче програмне забезпечення не дає можливості коректно оцінити об'єм і щільність вимірюваного матеріалу.

За результатами обстеження та аналізу роботи даної системи (LIM) можна зробити висновок, що для коректного поводження з довгомірами необхідно:

змінити висотне положення детектора гамма-спектрометра і/або забезпечити захист детектора від впливу іонізуючого випромінювання РАВ, розташованих на суміжних майданчиках;

модернізувати ПЗ системи, а саме вдосконалити ПЗ оцінки об'єму вимірюваного матеріалу, а також додати пункт вибору щільності матеріалу.

5. Система дозиметричного контролю завантаження бочок із високоактивними відходами (ВAB) (DFF) [4, 14] призначена для контролю ПЕД у процесі заповнення бочки, реєстрації радіаційних характеристик елементів ВAB, що завантажуються в первинну упаковку, а також забезпечення неперевищення встановленого значення потужності дози у процесі завантаження (межа ПЕД заповненої бочки з ВAB не повинна перевищувати 80 мЗв/год). Усі відходи поміщаються у 200-літрові бочки з нержавіючої сталі або первинної упаковки з низьковуглецевої сталі (рис. 4).



Рис. 3. Розташування детектора гамма-спектрометра.



Рис. 4. Бочки для радіоактивних відходів.

ЗВТ системи DFF складається з чотирьох ВПД "VACU TEC 70090" (з електронікою для вимірювання потужності дози BFA-CQ1050), два з яких змонтовані на стіні у приміщенні П/127 праворуч від люків і реєструють потужність дози вимірюваного елемента перед завантаженням у бочку, а два блоки змонтовані навпроти один одного під люком із метою забезпечення неперевиконання контрольного рівня.



Управління системою дозиметричного контролю завантаження бочок і збір даних реалізовані за допомогою програмного забезпечення "LDFF" (експлуатація системи персоналом ЗПТРВ), "PDFF" (для калібрувальних, повірочних та фонових вимірювань, технічного обслуговування системи), що працює на платформі персонального комп'ютера (ПК) SP1. Для контролю завантаження відходи розміщуються на заданій відстані від двох ВПД і світловий індикатор модуля DFF, виконавши вимірювання, залежно від ПЕД, відображає такі кольори: зелений, якщо рівень ПЕД нижче уставки попереджувальної сигналізації; жовтий, якщо рівень ПЕД нижче порогового значення, але вище за уставку попереджувальної сигналізації; червоний, якщо рівень ПЕД вище порогового значення.

Рис. 5. Система радіаційного контролю бочок перед кондиціонуванням.

6. ЗВТ системи радіаційного контролю бочки перед кондиціонуванням (DFC) [4, 15] призначені для проведення попередньої характеристики бочок, що надходять після завантаження в СіФ-камері або надійшли безпосередньо з бочки із золою. Даний комплекс знаходиться в малому приміщенні за герметичними дверима (рис. 5). Система DFC складається з міні-комп'ютера для загального управління системою та обробки даних, приміщення П/123; гамма-спектрометра ("CdZnTe" з підсилювачем) і чотирьох ВПД "VACU TEC 70090".

За результатами аналізу поведінки з ВАР за допомогою систем DFF і DFC були отримані/сформульовані зауваження до цих систем:

ЗВТ, які використовуються в системах DFF і DFC, мають верхню межу вимірювань 100 мЗв/год, що не дозволяє ефективно виконувати покладені на систему функції;

при виконанні вимірювань порції відходів на позиції системи DFF у СіФ-камері ЗПТРВ не враховується відстань та екранування матеріалом сортувального столу і грейфера для відходів. Це впливає на процес сортування, а також на достовірність показань при заповненні бочки;

відстань від вимірювачів ПЕД на системах DFF і DFC відрізняються, унаслідок чого показання різняться.

З метою усунення зауважень, виявлених у роботі систем DFF і DFC, були розроблені такі пропозиції:

замінити обладнання в системах DFF і DFC, а саме встановити ЗВТ із більш високою межею вимірювань;

розрахувати та ввести в систему DFF коригуючі коефіцієнти, які б враховували відстань та екранування матеріалом сортувального столу і грейфера для відходів;

виконати перестановку ЗВТ системи DFF, щоб виміри ПЕД на системах DFF і DFC не різнились;

виконати розрахунок залежності ПЕД від максимальної активності упаковки РАВ з урахуванням «аварійного» нуклідного вектора;

увести в систему DFF нове значення ПЕД для забезпечення можливості контролю критеріїв приймання в тимчасове сховище ВАВ також низько- і середньоактивних довгоіснуючих відходів.

7. Деякі інструкції по експлуатації не повністю відповідають поточному стану ПТК СКО ЗПТРВ (відповідно необхідно оновити цю технічну документацію). Для ефективної роботи комплексу необхідно збільшити штат експлуатуючого персоналу.

Установлене на промислових міні-комп'ютерах ПЗ дозволяє управляти всіма ЗВТ систем, а також зберігати, відображати, обробляти й передавати для подальшого використання результати вимірювань. Однак на даний час ПЗ не повністю задовольняє вимоги користувача та не дозволяє реалізувати всі необхідні функції, а тому потребує модернізації, розробки та впровадження додаткових програмних модулів.

За результатами аналізу всіх робочих станцій ЗПТРВ пропонується вдосконалити апаратну частину, а саме розподілити роботу систем на окремі ПК (на даний момент на одному ПК можуть бути представлені кілька систем) і збільшити продуктивність ПК (установити більш сучасні ЕОМ).

У ході візуального обстеження ЗПТРВ також було виявлено, що шафи автоматичних систем управління технологічними процесами не підключені до локальної мережі через відсутність мережних модулів у контролерах, відповідно підсистеми не об'єднані в загальну промислову мережу для можливості централізованого моніторингу роботи вузлів СКО РАВ. Було запропоновано виконати модернізацію контролерів сімейства Siemens із наступним підключенням їх до промислової мережі для централізованого моніторингу працездатності всіх підсистем промислового комплексу по переробці твердих радіоактивних відходів (ПКПТРВ). Також пропонується модернізувати систему централізованого моніторингу працездатності підсистем ПКПТРВ при підключенні локальних підсистем до промислової мережі.

Висновки

1. Було зібрано дані про об'єкти автоматизації та види діяльності, що здійснюються на ЗПТРВ, проведено обстеження якості функціонування ПТК СКО ЗПТРВ, проаналізовано, які ланки технологічного ланцюга на даний час не відповідають вимогам, а також запропоновано/розроблено заходи щодо усунення виявлених проблем із функціональністю систем і/або підвищення їхньої ефективності. Також було виконано попередні оцінки вартості і часу виконання модернізації промислово-технічного комплексу системи контролю та обліку радіоактивних відходів заводу з переробки твердих радіоактивних відходів, уточнення видів і об'ємів робіт буде проведено у процесі розробки технічно-робочого проекту на модернізацію.

2. Системи LMS (моніторинг установки вилучення твердих відходів), GCS (модуль контрольної станції гамма-камери) і CMS (моніторинг контейнерів) працездатні й зауваження щодо ефективності їхнього функціонування відсутні.

3. За умови неможливості доступу до ПЗ (використовується закритий вихідний код) моніторингу нейтронного випромінювання системою NMS пропонується для визначення способів розділення потоків у СіФ-камері використовувати результати вимірювань та алгоритми, представлені в [13], а також розробити і впровадити в ПЗ модуль, який буде враховувати вплив фону. Оцінка впливу фону може бути виконана за допомогою впровадження розрахункового коригуючого коефіцієнта, отриманого після вимірювань на порожньому лотку. Для зниження рівня фону від космічного випромінювання необхідно розробити та впровадити поліетиленовий захист при проведенні нейтронних вимірювань. Тільки після впровадження вищенаведених рішень і подальшого проведення процедури мет-

рологічного калібрування можна буде зробити висновок про необхідність переведення системи моніторингу нейтронного випромінювання в індикаторний режим. Якщо всі вищезапропоновані заходи виявляться неефективними і/або неприйнятними з точки зору економічної доцільності, то пропонується виключити дану систему (NMS), а потоки ТРВ до СіФ-камери розділяти системою LİM на основі прямих вимірювань гамма-активності по ^{137}Cs та ^{60}Co .

4. Апаратура нейтронних вимірювань бочок у системі DMS працездатна, але є помилки у програмному забезпеченні. Необхідно провести повну діагностику відповідного ПЗ, а також випробування з варіаційними корективами в .ini файлі. Якщо після цього працездатність системи не буде відновлена, то виключити вимірювання нейтронних потоків у системі DMS, а оцінку активності трансуранових елементів виконувати за допомогою методу вимірювань гамма-активності по ^{137}Cs та ^{60}Co . При цьому необхідно буде розробити і впровадити в ПЗ додатковий програмний модуль для розрахунків активності альфа-випромінюючих радіонуклідів за допомогою коригуючих коефіцієнтів.

5. За результатами обстеження та аналізу роботи системи контролю великогабаритних ТРВ пропонується модернізувати розташування детектора гамма-спектрометра і/або забезпечити захист детектора від впливу іонізуючого випромінювання РАВ, розташованих на суміжних майданчиках, а також модернізувати програмне забезпечення системи (удосконалити алгоритм оцінки об'єму вимірюваного матеріалу і додати пункт вибору щільності матеріалу).

6. За результатами аналізу поведінки з ВАВ за допомогою систем DFF і DFC були отримані/сформульовані зауваження до роботи цих систем. Із метою усунення виявлених зауважень були запропоновані рішення: замінити ЗВТ у системах DFF і DFC на ЗВТ із більш високою межею вимірювань; розрахувати та ввести в систему DFF поправочні коефіцієнти; виконати перестановку ЗВТ системи DFF; виконати розрахунок залежності ПЕД від максимальної активності упаковки РАВ з урахуванням «аварійного» нуклідного вектора; увести в систему DFF нове значення ПЕД для забезпечення можливості контролю критеріїв приймання ВАВ та низько- і середньоактивних джерел іонізуючого випромінювання (НСА-ДІВ).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Критерії* приймання радіоактивних відходів на захоронення в спеціально обладнаному приповерхневому сховищі твердих радіоактивних відходів (СОПСТРВ). Перший етап експлуатації СОПСТРВ. Приймання РАВ від ЗППРВ та ЗПТРВ ДСП ЧАЕС для захоронення в два симетричних відсіки СОПСТРВ. - Чорнобиль, 2009 - 38 с.
2. *Вихідні* вимоги до «Проведення обстеження програмно-технічного комплексу забезпечення (ПТК) системи контролю та обліку упаковок РАВ (СКО РАВ) ЗПТРВ». ДСП «Чорнобильська АЕС». - 7 с.
3. *Договір* № 379/17 від 03.11.2017 р. між ДСП ЧАЕС та ІПБ АЕС.
4. *25Э-ЦРБ* Инструкция по эксплуатации СИТ радиационных параметров системы радиационного технологического контроля промышленного комплекса по обращению с твердыми радиоактивными отходами от 29.04.2013.
5. *DNR 117623* Руководство по эксплуатации. Система гамма-камеры (GCS) от 05.11.2013.
6. *DNR 117619* Руководство по эксплуатации. Система мониторинга LОTI (LMS) от 02.08.2012.
7. *DNR 117635* Руководство по эксплуатации. Система контроля контейнеров (CMS) от 05.11.2013.
8. *Отчет* о проведенной работе на ПКОТРО. Система NMS, DMS от 28.11.2016.
9. *DNR 117624* Руководство по эксплуатации. Система контроля нейтронного излучения (NMS) от 30.10.2013.
10. *DNR 136513*_Callibration report NMS_V16 16.10.2013.
11. *DNR135103_02* Instructions for the NMS calibration от 05.11.2013.
12. *DNR 117628* Руководство по эксплуатации. Система мониторинга бочек (DMS) от 30.10.2013.
13. *DNR 117625* Руководство по эксплуатации. Система контроля длиномеров (LİM) от 30.10.2013.
14. *DNR 117626* Руководство по эксплуатации. Система радиационного контроля загрузки бочек с ВАО (DFF) от 13.03.2013.
15. *DNR 117627* Руководство по эксплуатации. Система контроля бочек (DFC) от 06.11.2013.

**Р. Л. Годун, М. В. Пашинов, А. А. Холодюк, Н. И. Павлюченко, С. Н. Стадник,
С. В. Куприянчук, А. О. Дорошенко, А. В. Мясников***

*Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины, ул. Кирова, 36а, Чернобыль, 07270, Украина
Государственное специализированное предприятие «Чернобыльская АЭС», а/я 11, Славутич, 07101, Украина

**РЕЗУЛЬТАТЫ ОБСЛЕДОВАНИЯ ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА СИСТЕМЫ
КОНТРОЛЯ И УЧЕТА ЗАВОДА ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ТВЕРДЫХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ**

Приводится краткое описание результатов фактической проверки технической документации программного и аппаратного комплекса системы управления и учета завода по переработке твердых радиоактивных отходов. Некоторые системы (мониторинга твердых радиоактивных отходов, модуля управления гамма-камерой, мониторинга контейнеров) работают, и нет никаких претензий к эффективности их функционирования. Необходимо модернизировать или восстановить другие системы (мониторинга нейтронного излучения, мониторинга бочек радиоактивных отходов, дозиметрического контроля загруженных бочек с высокоактивными отходами, радиационного контроля бочек до их кондиционирования и контроля крупногабаритных твердых радиоактивных отходов). Были разработаны и предложены меры по повышению эффективности этих систем и/или устранению выявленных несоответствий с требованиями к их функциональности.

Ключевые слова: программно-аппаратный комплекс, система управления и учета, завод по переработке твердых радиоактивных отходов, предложения по модернизации и устранению недостатков, фактическая проверка и анализ технической документации, несоблюдение систем к установленным требованиям.

**R. L. Godun, M. V. Pashynov, A. O. Kholodiuk, M. I. Pavliuchenko, S. M. Stadnyk,
S. V. Kupriyanchuk, A. O. Doroshenko, O. V. Miasnikov***

Institute for Safety Problems of Nuclear Power Plants, NAS of Ukraine, Kirova str., 36a, Chornobyl, 07270, Ukraine

**State Specialized Enterprise "Chornobyl NPP", P. O. Box 11, Slavutich, Kyiv region, Ukraine*

THE RESULTS OF THE INSPECTION OF SOFTWARE AND TECHNICAL COMPLEX OF THE SYSTEM OF CONTROL AND ACCOUNTING OF PLANT OF THE PROCESSING OF SOLID RADIOACTIVE WASTE

A brief description of the results of the actual inspection (of the technical documentation of software and hardware complex of the control and accounting system of the plant for the processing of solid radioactive waste) and its analysis is given. Some systems (of monitoring of solid radioactive waste, gamma camera control module, container monitoring) operate and there are no claims to the effectiveness of their functioning. The other systems (of neutron radiation monitoring, of barrels monitoring, of dosimetric control of loaded barrels with high-level RAW, of radiation control of barrels prior to their conditioning and of control of large-scale SRWs) need to be upgraded or restored. Measures have been developed and proposed to improve the efficiency of these systems and/or to eliminate the identified nonconformities with the requirements for their functionality.

As a result of the survey, it has been found that some of the operating instructions do not fully correspond to the current state of the software and technical complex of the system of control and accounting of plant of the processing of solid radioactive waste (accordingly, it is necessary to update this technical documentation). For the effective operation of the complex it is necessary to increase the staff of the operating personnel.

Installed on industrial mini-computers software allows to manage all means of measuring equipment systems, as well as store, display, process and transmit the results of measurements for future use. However, software currently does not fully meet user requirements and does not allow all the necessary functions to be implemented, and therefore requires the upgrading, development and implementation of additional software modules.

According to the results of the analysis of all workstations, it is proposed to improve the hardware part, namely to distribute the systems to separate PCs (at the moment several systems can be represented on one PC) and increase the productivity of the PC (to install more modern computers).

Also, preliminary estimates were made of the cost and time of the modernization of the industrial-technical complex of the monitoring and accounting system of radioactive waste of the plant for the processing of solid radioactive waste, clarification of the types and volumes of works will be carried out in the process of developing a technical and work project for modernization.

Keywords: software and hardware complex, control and accounting system, solid radioactive waste processing plant, proposals for modernization and elimination of deficiencies, actual inspection and analysis of technical documentation, non-compliance of systems to established requirements.

REFERENCES

1. *Criteria* for the acceptance of radioactive waste for disposal in a specially equipped near-surface storage facility for solid radioactive waste (SENSFSRW). The first stage of operation SENSFSRW. - Chornobyl, 2009 - 38 p. (Ukr)
2. *Output Requirements* for "Conducting an inspection of the software and hardware complex (SHC) of the system for monitoring and accounting of RW packaging". SSE "Chornobyl NPP". - P. 7. (Ukr)
3. *Agreement* № 379/17 dated November 3, 2017 between the ChNPP and the ISP NPP. (Ukr)

4. 253-RSS Instruction on the operation of the SIT of radiation parameters of the system of radiation technological control of the industrial complex for the treatment of solid radioactive waste from 29.04.2013. (Rus)
5. DNR 117623 Manual. Gamma Camera System (GCS) from 05.11.2013. (Rus)
6. DNR 117619 Manual. Monitoring system LOTI (LMS) from 02.08.2012. (Rus)
7. DNR 117635 Manual. Container Control System (CMS) from 05.11.2013. (Rus)
8. Report on the work done at PPSRW, the system NMS, DMS from 11/28/2016. (Rus)
9. DNR 117624 Manual. Neutron radiation monitoring system (NMS) from 30.10.2013. (Rus)
10. DNR 136513_Callibration report NMS_V16 16.10.2013.
11. DNR135103_02 Instructions for the NMS calibration from 05.11.2013.
12. DNR 117628 Manual. Barrel monitoring system (DMS) from 30.10.2013. (Rus)
13. DNR 117625 Manual. Longitudinal control system (LIM) from 30.10.2013. (Rus)
14. DNR 117626 Manual. Radiation monitoring system for loading barrels with HRW (DFF) from 13.03.2013. (Rus)
15. DNR 117627 Manual. Barrel monitoring system (DFC) from 06.11.2013. (Rus)

Надійшла 27.03.2018
Received 27.03.2018