

М. І. Павлюченко*Інститут проблем безпеки АЕС НАН України, вул. Кірова, 36а, Чорнобиль, 07270, Україна***СИСТЕМА ЛОКАЛІЗАЦІЇ РАДІОАКТИВНОГО ПИЛУ
В ПІДПОКРІВЕЛЬНОМУ ПРОСТОРІ ОБ'ЄКТА «УКРИТТЯ»**

Система локалізації радіоактивного пилу в об'єкті «Укриття» виконує функцію утримання радіоактивних речовин в установлених межах. Функція включає локалізацію радіоактивного пилу шляхом нанесення захисного полімерного покриття на забруднені поверхні, осадження пилу з повітря підпокрівельного простору за допомогою зрошення простору розчином, який осаджує пил.

Ключові слова: функція безпеки, система пилопригнічення, локалізуюче полімерне покриття, стандарт підприємства, оцінка стану покриття.

Основною функцією безпеки об'єкта "Укриття" є локалізуюча функція - запобігання та обмеження поширення радіоактивних речовин, іонізуючих випромінювань за встановлені межі і виходу їх у довкілля [1].

Нанесене на поверхні «розвалу» 4-го блока за допомогою модернізованої системи пилопригнічення (МСПП) захисне локалізуюче полімерне покриття (ЛПП) ізолює (локалізує) навколишній простір від радіоактивного пилового забруднення.

Слід зазначити, що питання локалізації радіоактивних речовин у зоні ЧАЕС постало безпосередньо після аварії і роботи по нанесенню захисних локалізуючих пилопригнічуючих сумішей (ЛППС) на проммайданчику ЧАЕС почалися з 9 травня 1986 р. [2].

Роботи на території ЧАЕС по закріпленню пилу дозволили понизити концентрацію пилоподібних забруднень у повітрі у травні - червні 1986 р. і запобігли міграції радіоактивних речовин.

У перші 10 - 15 діб аварії локалізація викидів із зруйнованого реактора («розвалу» 4-го блока) виконувалася шляхом засипки різних матеріалів із вертольотів (свинець - для охолодження палива, карбід бору - для запобігання самопідримуючої ланцюгової реакції, доломіт - для гашення графіту, який горів, пісок і глина - для обмеження викиду продуктів поділу з активної зони зруйнованого реактора, усього приблизно 5000 т) [3].

Але, незважаючи на ці заходи, рівень радіоактивного забруднення дезактивованих поверхонь (наприклад, покрівлі 3-го блока) і поверхонь чистих завезених бетонних плит із часом підвищувався, також був високий рівень активності радіонуклідів в атмосферному повітрі (більше 10^4 Бк/м³ по дев'яти γ -випромінюючих нуклідах).

По осаджувальних планшетах поблизу 4-го блока (на відстані 400 м) було визначено добове забруднення β -випромінюючими радіонуклідами 10^5 част./(см²·хв). Це пов'язували із звичайним перенесенням пилом радіоактивних забруднень із зони "рудого" лісу і пилом, який піднімала працююча техніка.

Аналізуючи результати вимірів по пилопереносу, було встановлено, що основний вклад у радіоактивне забруднення повітряного середовища і прилеглої території дає винос із «розвалу» 4-го блока. Також було з'ясовано, що основним чинником виносу пилу з «розвалу» є ежекторний ефект, який виникає при обтіканні аварійного блока пануючим північно-західним вітром.

Таким чином, локалізація цього джерела стала одним із основних завдань ліквідації аварії.

Попадання рідких локалізуючих композицій (композиції могли б створити захисну полімерну плівку і таким чином обмежити викиди пилу із «розвалу») у «розвал» 4-го блока уникали через високу температуру (300 – 400 °С) під засипкою в шахті реактора, бо вважали, що це призведе до утворення токсичних продуктів піролізу, інтенсивного пароутворення і додаткового радіоактивного викиду з парою диспергованих частинок палива з аварійного блока.

Проте за результатами спостережень за опадами добові випадання дощу 22 червня 1986 р. у кількості 43 мм не привели до погіршення радіаційної обстановки, навпаки, зафіксовано різке (на 20 %) зниження потужності дози, хоча в отвір шахти ("розвал") 20 × 20 м випало близько 16 т води, тобто 40 л/м² за добу, а для покриття плівкою вимагається 2 - 3 л/м² водної емульсії, тобто на порядок менше. Це стало приводом для обґрунтування заходів щодо обробки "розвалу" 4-го блока рідкими композиціями.

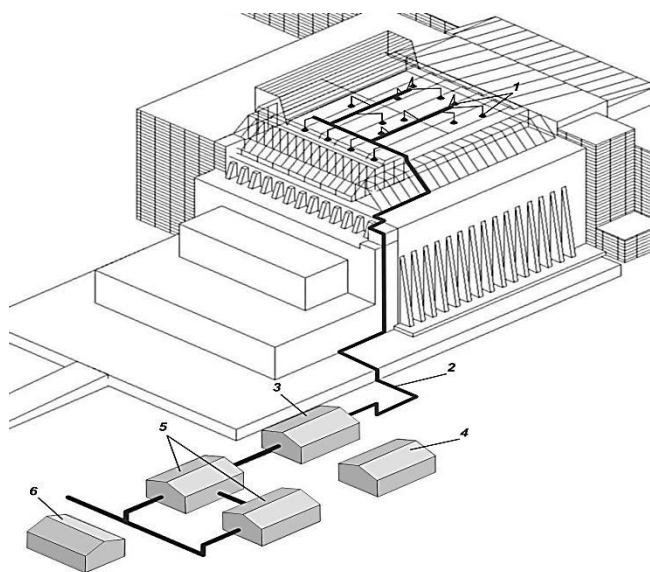
© М. І. Павлюченко, 2017

Обґрунтування можливості пилопригнічення рідкими композиціями в «розвалі» аварійного блока було розглянуто на спеціальному засіданні Урядової комісії 4 серпня 1986 р. Після тривалих і детальних обговорень пропозиція про застосування пилопригнічуючої композиції була затверджена Урядовою комісією.

Роботи по зниженню пилової активності 4-го блока рідкими композиціями (розчинами) були проведені в три етапи за допомогою вертольотів у період 6 серпня – 4 вересня 1986 р. За вказаний період у «розвалі» блока з важких вертольотів було вилито 540 т розчину тринатрійфосфату (для змиву раіоактивного пилу) і 540 т розчину полімерного покриття, розробленого ІХП АН УРСР.

Обробка блока сумішами привела до зниження активності приблизно в 300 разів, і концентрація радіонуклідів у повітрі проммайданчика досягла рівнів по $\Sigma\gamma = 1,6 \cdot 10^2$ Бк/м³, а по $\Sigma\alpha = 1,3$ Бк/м³, що менше допустимих концентрацій по НРБ-76 [4].

Термін захисної дії покриття в умовах об'єкта «Укриття» не був визначений, тому після зведення покрівлі на 4-у блоці були проведені роботи по спорудженню стаціонарної системи пилопригнічення (СПП), яка призначалася для нанесення ЛППС на поверхню "розвалу" (рисунок), що був 4-м блоком АЕС (нині підпокрівельний простір об'єкта «Укриття» або скорочено ПП ОУ).



Принципова схема стаціонарної СПП (1989 р.):

- 1 - форсунки, закріплені над розвалом центрального залу;
- 2 - напірний колектор;
- 3 - насосне відділення;
- 4 - операторська;
- 5 - реакторне відділення (приміщення для емностей змішувачів);
- 6 - склад хімічних реагентів.

Вплив роботи СПП на радіоактивні аерозолі у повітрі такий: якщо середньорічна концентрація плутонію в аерозолях проммайданчика в 1989 р. становила $1,85 \cdot 10^{-3}$ Бк/м³, то в 1990 р. менше $1,0 \cdot 10^{-3}$ Бк/м³ (що в ~2 рази менше, ніж у 1989 р.), а в наступних 1991 - 1995 рр. становила менше $3,33 \cdot 10^{-4}$ Бк/м³ (що в ~5,5 разів менше, ніж у 1989 р.) [5].

Поза полем дії форсунок залишалося більше половини поверхонь ПП ОУ. Тому було прийнято рішення про модернізацію СПП (МСПП) [6]. Модернізації досягли шляхом додаткового розпилення (до 14 форсунок СПП було додано 35 форсунок, усього стало 49 форсунок) подачі пилопригнічуючого складу в південній зоні між рядами Б - Д; північній зоні між рядами Р - С; західній зоні між осями 45 - 53; східній зоні між осями 42 - 40.

Пусконаладжувальні роботи та випробування МСПП були завершені в кінці грудня 2003 р. і проведені випробування системи, у 2005 р. завершена дослідно-промислова експлуатація і в 2006 р. МСПП введена в промислову експлуатацію. Після введення МСПП в експлуатацію під зрошення попало більше 70 % площі ПП ОУ в осях 40 - 53, рядах Б_{+1.000} - Т [7].

Цикли пилопригнічення проводили щорічно, у 2014 р. й після не проводили, бо вже не відзначали (після 2009 р.) значного поліпшення радіоаерозольної обстановки після зрошення, а також зростання товщини плівкового покриття. Було прийняте технічне рішення про оптимізацію нанесення захисної ЛППС, тобто досліджувати характеристики її експлуатаційних властивостей і після цього при наявності ознак її погіршення приймати рішення про проведення пилопригнічення.

У результаті у 2015 р. ПБ АЕС НАН України для ДСП «Чорнобильська АЕС» був розроблений стандарт підприємства (СТП) «Оцінка стану захисного полімерного покриття в підпокрівельному просторі об'єкта «Укриття» [8], який установлює правила на проведення досліджень стану захисного полімерного покриття, і в тому ж році почали щорічні дослідження.

На даний час відповідно до СТП для оцінки стану захисного полімерного покриття і коротко-строгового (на 1 рік) прогнозу його стану використовують результати:

досліджень «неорганізованих» викидів радіоактивних аерозолів через покрівлю об'єкта «Укриття»;

контролю активності газоаерозольного викиду через систему «Байпас» витяжної вентиляції та газоочищення у нову витяжну трубу;

контролю активності радіоактивних аерозолів у приземному шарі локальної зони об'єкта «Укриття»;

контролю поверхневого радіоактивного забруднення, що знімається, зовнішніх поверхонь захисного полімерного покриття в точках контролю в ПП ОУ;

контролю випадіння радіоактивних аерозолів у ПП ОУ;

оцінки захисних властивостей (згідно з ГОСТ 9.407-84) поверхонь покриття на зразках-свідках та товщини покриття (згідно з ISO-2808-97) у лабораторії.

Указані дослідження виконують у режимі моніторингу ПБ АЕС НАН України та ДСП «Чорнобильська АЕС» [9, 10].

Для оцінки стану покриття та прогнозу змін його стану і рекомендацій щодо графіка пилопригнічення використовують результати лабораторних досліджень зразків-свідків та статистичного математичного аналізу моніторингових досліджень радіоактивності аерозолів.

На кінець 2016 р., за результатами радіаційно-технологічного контролю та контролю довкілля, значення контрольованих параметрів знаходяться значно нижче значень експлуатаційних меж (нижче більш ніж на 1-2 порядки), а захисне полімерне покриття для характерних матеріалів ПП ОУ, таких як бетон, метал, пластикат, має товщину плівки від 20 до 600 мкм.

За даними досліджень у 2016 р., рекомендовано у 2017 р. не проводити сеансів пилопригнічення МСПП [10].

У майбутньому планується демонтаж нестабільних конструкцій об'єкта «Укриття», що призведе й до демонтажу МСПП.

Концептуальний проект (ТЕО) безпечного конфаймента «Пояснювальна записка», розділ «Пилопригнічення при демонтажі нестабільних конструкцій» передбачає заміну МСПП.

У цьому документі порівнювалися такі варіанти СПП:

1) стаціонарна загальна система пилопригнічення, що складається з трьох основних вузлів:

мобільної рами розподілу розчину, що підвішується до арки;

установки підготовки пилопригнічуючого складу із системою насосів і резервуарів;

системи труб для доставки розчину від резервуарів до рам розподілу;

2) система пилопригнічення (мобільна), що транспортується кранами.

У результаті порівняння була обрана мобільна система розпилення пилопригнічуючих сумішей (через більшу простоту конструкції та легкість обслуговування).

Таким чином, на етапі введення в експлуатацію нового конфаймента МСПП може використовуватися (при проведенні відповідної реконструкції). При демонтажі (частковому розбиранні) нестабільних конструкцій об'єкта «Укриття» вона також демонтується, а її функції перейдуть до мобільної системи пилопригнічення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *IP-OU*. Технологічний регламент об'єкта "Укриття" реактора блока № 4 "Чорнобильської АЕС" із змінами від 06.07.2016 р.
2. *Мамаев Л. А., Галкин Г. А., Храбров С. Л. и др.* Локализация радионуклидов на территории ЧАЭС // Чернобыль'88: Докл. I Всесоюз. науч.-техн. совещ. по итогам ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС / Под ред. Е. И. Игнатенко. Т. 7. Локализация последствий аварии на блоке № 4, промплощадке Чернобыльской АЭС и прилегающих территориях, ч. I. - Чернобыль, 1989. - С. 226 - 235.
3. *Огородников Б. И., Пазухин Э. М., Ключников А. А.* Радиоактивные аэрозоли объекта «Укрытие»: 1986 – 2006 гг.: монография. – Чернобыль: Ин-т проблем безопасности АЭС, 2008. – 456 с.
4. *Самойленко Ю. Н., Черноученко В. М.* Применение полимерных покрытий для улучшения радиационной обстановки при ликвидации последствий аварии на ЧАЭС // Чернобыль'88: Докл. I Всесоюз. науч.-техн. совещ. по итогам ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС / Под ред. Е. И. Игнатенко. Т. 7. Локализация последствий аварии на блоке № 4, промплощадке Чернобыльской АЭС и прилегающих территориях, ч. II. - Чернобыль, 1989. - С. 152 -184.

5. *Оценка эффективности работы модернизированной системы пылеподавления и ее воздействия на радиационную обстановку внутри объекта «Укрытие» и окружающую среду на этапе пуско-наладочных работ: (Отчет) / МНТЦ «Укрытие» НАН Украины. – Арх. № 3903. - Чернобыль, 2003. - 34 с.*
6. *Богатов С. А., Евстратенко А. С., Симановская И. Я. Повышение безопасности объекта «Укрытие» путем расширения системы пылеподавления // Проблемы Чернобыля. – 2001. - Вып. 8. – С. 35 - 38.*
7. *Материалы по оценке безопасности МСПП: (Отчет) / Контракт № SIP05-4-011. Док. SIP AOS2 10 4 SMT 00 01 от 11.03.06 г. - Чернобыль, 2006.*
8. *СТП 3.031-2015 «Оцінка стану захисного полімерного покриття в підпокрівельному просторі об'єкта «Укриття».*
9. *Оцінка захисного полімерного покриття в підпокрівельному просторі об'єкта "Укриття" за станом на 2015 р. (договір № 359/15): (Звіт) / ІПБ АЕС НАН України. - Чернобыль, 2015. - 71 с.*
10. *Оцінка захисного полімерного покриття в підпокрівельному просторі об'єкта "Укриття" за станом на 2016 р. (договір № 367/16): (Звіт) / ІПБ АЕС НАН України. - Чернобыль, 2016. - 79 с.*

Н. И. Павлюченко

Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины, ул. Кирова, 36а, Чернобыль, 07270, Украина

СИСТЕМА ЛОКАЛИЗАЦИИ РАДИОАКТИВНОЙ ПЫЛИ В ПОДКРОВЕЛЬНОМ ПРОСТРАНСТВЕ ОБЪЕКТА "УКРЫТИЕ"

Система локализации радиоактивной пыли в объекте "Укрытие" выполняет функцию удержания радиоактивных веществ в установленных пределах. Функция включает локализацию радиоактивной пыли, путем нанесения защитного полимерного покрытия на загрязненные поверхности, осаждение пыли из воздуха подкровельного пространства с помощью орошения пространства раствором, который осаждаёт пыль.

Ключевые слова: функция безопасности, система пылеподавления, локализующее полимерное покрытие, стандарт предприятия, оценка состояния покрытия.

М. I. Pavlyuchenko

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

THE SYSTEM LOCALIZE OF RADIOACTIVE DUST UNDER INTO THE ROOF SPACE OF OBJECT "UKRYTTYA"

The system localize of radioactive dust in an object "Ukryttya" performs the duty of withholding of radionuclidess in the set limits. A function includes localization of radio-active dust, by causing of the polymeric sheeting on muddy surfaces, settling dust from air of subroofing space by means of irrigation of space solution which settles dust. Systems and methods for controlling the protective properties of the polymer coating in the object "Ukryttya". After the relevant reconstruction the updated dust-suppressing installation (UDSI) could be used at the phase of new safe confinement putting into operation. During full/partial dismantlement of unstable constructions the UDSI would be also dismantled, its functions being transferred to the mobile dust-suppressing installation.

Keywords: function of safety, dust-suppressing installation, localize polymeric film, standard company, evaluation of the state of film.

REFERENCE

1. *ІР-ОУ. Technological regulation of object «Shelter of reactor block № 4 of Chornobyl NPP» with changes from 06.07.2016. (Rus)*
2. *Mamaev L. A., Galkin G. A., Khrabrov S. L. et al. Localization of of radionuclide of on territory of ChNPP // Chornobyl'88: Lectures I All-union a technical conference is scientific on results liquidation of consequences of accident on Chornobyl NPP / Under a release E. I. Ignatenko. Vol. 7. Localization of consequences of accident on a block № 4, industrial area of Chornobyl NPP and adjoining territories, part I. - Chornobyl, 1989. - P. 226 - 235. (Rus)*
3. *Ogorodnikov B. I., Pazuchin E. M., Klyuchnikov A. A. Radioactive aerosols of object "Shelter": 1986 - 2006: monograph. - Chornobyl: Institute for safety problems of NPP, 2008. - 456 p. (Rus)*
4. *Samoylenko U. N., Chernouchenko V. M. Application of polymeric coverages for the improvement of radiation situation at liquidation of of consequences of failure on ЧАЭС // Chornobyl'88: Lectures I All-union a technical conference is scientific on results liquidation of consequences of accident on Chornobyl NPP / Under a release*

- E. I. Ignatenko. Vol. 7. Localization of consequences of failure on a block № 4, industrial area of Chornobyl NPP and adjoining territories, part II. - Chornobyl, 1989. - P. 152 -184. (Rus)
5. *Evaluation* of efficiency of work of the updated dust-suppressing installation and her affecting radiation situation into an object "Shelter" and environment on the stage of starting-up and adjustment works: (Report) / ISTC "Shelter" NAS of Ukraine. - Arch. № 3903. - Chornobyl, 2003. - 34 p. (Rus)
 6. *Bogatov S. A., Yevstratenko A.S., Simanovskay I. Y.* Increase of safety of object "Shelter" by expansion of the dust-suppressing installation // Problemy Chornobylya. - 2001. Iss. 8. - P. 35 - 38. (Rus)
 7. *UDSI Safety Evaluation Documentation*: (Report) / Contract № SIP05 - 4-011. Doc. SIP AOS2 10 4 SMT 00 01 from 11.03.06. - Chornobyl, 2006. (Rus)
 8. *СТП 3.031-2015* "Evaluation of the state of the polymeric film in subroofing space of object of "Shelter". (Ukr)
 9. *Evaluation* of the polymeric film in subroofing space of object of "Shelter" on the state on 2015 (agreement № 359/15): (Report) / ISP NPP of NAS of Ukraine. - Chornobyl, 2015. - 71 p. (Ukr)
 10. *Evaluation* of the polymeric film in subroofing space of object of "Ukryttya" on the state on 2016 (agreement № 367/16): (Report) / ISP NPP of NAS of Ukraine. - Chornobyl, 2016. - 79 p. (Ukr)

Надійшла 22.05.2017

Received 22.05.2017