

В. В. Єгоров, Ю. В. Морозов, Л. І. Павловський, А. О. Холодюк

Інститут проблем безпеки АЕС НАН України, вул. Кірова, 36а, Чорнобиль, 07270, Україна

ЗМІНА РАДІАЦІЙНИХ УМОВ НА ОБ'ЄКТІ «УКРИТТЯ» ПІСЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ АРОЧНОЇ КОНСТРУКЦІЇ У ПРОЕКТНЕ ПОЛОЖЕННЯ

Проведено окремі вимірювання величин потужності дози (ПД) на зовнішніх поверхнях (покрівлі) об'єкта "Укриття" і в локальній зоні до та після встановлення арочної конструкції (Арки) у проектне положення, а також дослідження характеристик кутового розподілу інтенсивності гамма-випромінювання в цих зонах. Виконано порівняльний аналіз отриманих результатів. У всіх точках вимірювання після встановлення Арки у проектне положення було зафіксовано зниження величини ПД від 3 до 50 % від вихідної величини ПД залежно від зони проведення досліджень. Вимірювання виконано в період із 16 листопада 2016 р. по 18 січня 2017 р.

Ключові слова: об'єкт «Укриття», арочна конструкція, потужність дози, кутовий розподіл гамма-випромінювання, пристрій ШД-1 (шар детекторний), установка «Екран».

Вступ

Будівництво та встановлення Арки у проектне положення над зруйнованим 4-м енергоблоком ЧАЕС – це початковий етап перетворення об'єкта «Укриття» на екологічно безпечну систему та захисту персоналу, населення й навколишнього середовища [1].

На наступному етапі перетворення об'єкта «Укриття» на екологічно безпечну систему передбачається виконання робіт із демонтажу нестабільних конструкцій об'єкта «Укриття» та поводження з радіаційно-забрудненими бетонними конструкціями, металоконструкціями та змішаними матеріалами. Подальше перетворення об'єкта «Укриття» передбачає діяльність по вилученню та поводженню з високоактивними відходами, паливовмісними матеріалами, а також із довгоіснуючими радіоактивними відходами та іншими радіоактивними відходами, які будуть утворюватися у процесі цієї діяльності.

Важливим моментом у виконанні запланованої діяльності на всіх етапах перетворення об'єкта «Укриття» на екологічно безпечну систему є забезпечення відповідного рівня радіаційної безпеки [2]. Для виконання цієї вимоги необхідно знати радіаційні умови в зонах виконання робіт та своєчасно прогнозувати їхню зміну.

Метою даної роботи було дослідження зміни величин потужності дози (ПД) та кутового розподілу інтенсивності гамма-випромінювання до та після встановлення Арки у проектне положення в тих самих точках, а також проведення порівняльного аналізу отриманих результатів.

Вимірювальне обладнання та вибір місць досліджень

Вимірювання ПД гамма-випромінювання здійснено радіометром-дозиметром МКС-07 "Пошук" (рис. 1). Дослідження кутових розподілів інтенсивності гамма-випромінювання виконано за допомогою пристрою ШД-1 та установки «Екран». Дане обладнання наведено на рис. 2 і 3. Слід зазначити, що вимірювання інтенсивності гамма-випромінювання за допомогою установки «Екран» проводилося тільки в напрямку "вгору".

Це обладнання раніше було успішно випробувано й неодноразово використовувалось на передпроектних дослідженнях під час реалізації проектів ПЗЗ: «Стабілізація будівельних конструкцій об'єкта Укриття» [4], «Дослідження майданчиків будівництва НБК» [5], «Будівництво нової вентиляційної труби 2-ї черги Чорнобильської АЕС» [6], «Будівництво огорожувального контуру НБК» [7] та ін.

Вибір місць досліджень проводився виходячи з розташування зон виконання робіт із майбутньої діяльності демонтажу нестабільних конструкцій об'єкта «Укриття» і подальшого поводження з ними.

При виборі місць досліджень було враховано такі критерії:
мінімальну відстань до основних джерел гамма-випромінювання об'єкта «Укриття»;
мінімально можливу відстань від місця встановлення пристрою ШД-1 до конструкцій Арки з метою максимальної реєстрації зворотного гамма-розсіювання;
наявність доступу до місць обстеження до та після встановлення Арки у проектне положення.

© В. В. Єгоров, Ю. В. Морозов, Л. І. Павловський, А. О. Холодюк, 2017



Рис. 1. Радіометр-дозиметр МКС-07 "Пошук" із блоком детектування БДБГ-07.

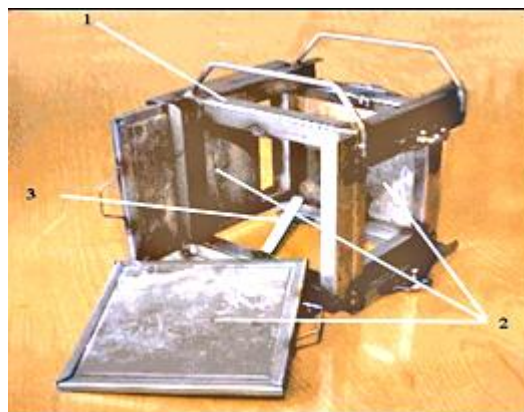


Рис. 2. Установа "Екран": 1 – корпус установки; 2 – свинцеві екрани; 3 – кронштейн для кріплення детектора.

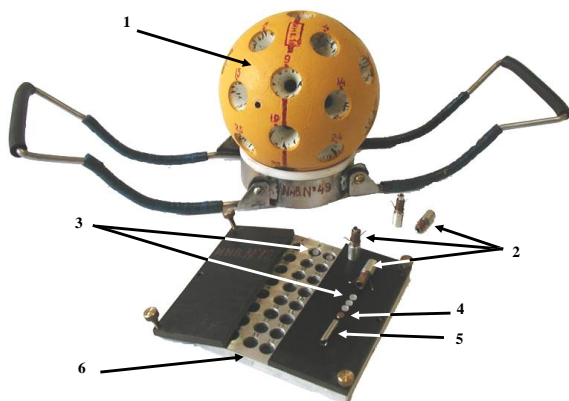
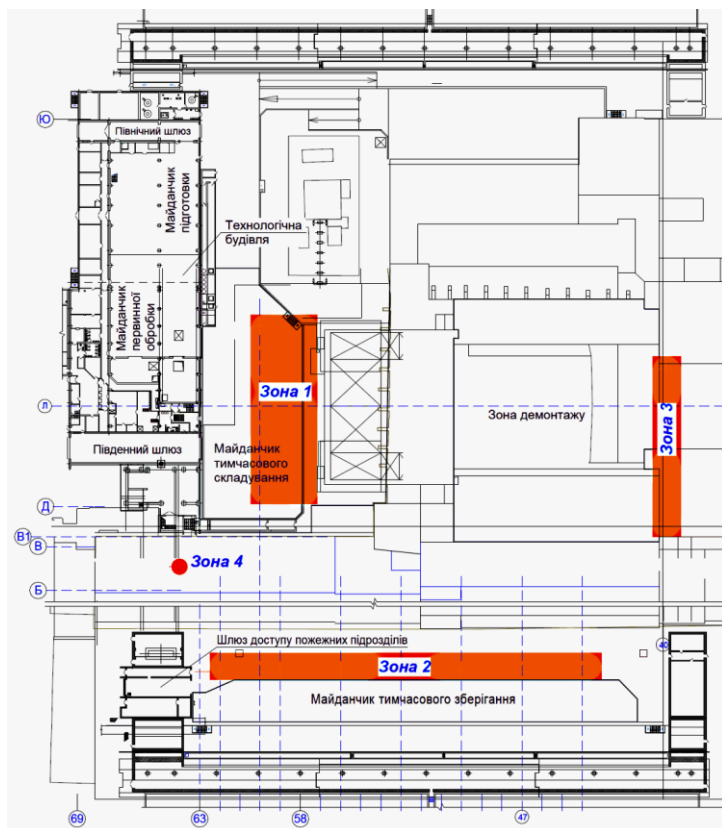


Рис. 3. Пристрій ШД-1 [3]: 1 – свинцевий корпус із колімованими отворами; 2 – капсули з детекторами; 3 – термолюмінесцентні детектори; 4 – мідні фільтри; 5 – фіксатори; 6 – пенал для транспортування детекторів.

Виходячи з цього, було обрано чотири зони досліджень (рис. 4). Фото місць дослідження до та після встановлення Арки у проектне положення наведено на обкладинці журналу (с. 2 і 3).



Зона 1 - локальна зона об'єкта «Укриття» в осях 44 – 62 вздовж осі A₁₅ (майданчик тимчасового зберігання).

Зона 2 - локальна зона об'єкта «Укриття» в осях Г – Р уздовж осі 60 (майданчик тимчасового складування).

Зона 3 - покриття блока В, осі І – Н, відмітка 71,200 та 74,500.

Зона 4 – покриття деаераторної етажерки (ДЕ), осі 64/Б₊₇, відмітка 42,800.

Рис. 4. План-схема зон досліджень.

Отримані результати та їхнє обговорення

У табл. 1 наведено результати вимірювань ПД за допомогою МКС-07 «Пошук» для зон 1 – 4 до та після встановлення Арки у проектне положення. Із порівняння результатів вимірювань у всіх точках у зонах досліджень видно зниження величини ПД після встановлення Арки у проектне положення від 1,8 % (точка 2) до 53,8 % (точка 7Е) від початкового значення.

Таблиця 1. ПД гамма-випромінювання в зонах 1 – 4

Номер точки	Координати точки вимірювання	ПД, мкЗв/год		Відхилення від початкового значення, %
		до встановлення Арки	після встановлення Арки	
1	Г/58 ₋₃	237	202	-14,8
2	М/58 ₋₃	34	33,4	-1,8
3	Н/58 ₋₃	21	14,0	- 33,3
4	П/58 ₋₃	11,5	7,1	- 38,3
5	Р ₋₂ /58 ₋₃	8,5	5,6	- 34,1
6	Е/58 _{-0,5}	35,5	26,4	- 25,6
7	Ж/58 _{-0,5}	38	23,7	- 37,6
8	И/58 _{-0,5}	26	22,7	- 12,7
9	К/58 _{-0,5}	21,4	16,0	- 25,2
10	Л/58 _{-0,5}	21	17,6	- 16,2
11	М/58 _{-0,5}	20	14,8	- 26,0
12	Н/58 _{-0,5}	21,5	13,4	- 37,7
13	П/58 _{-0,5}	19,4	14,8	- 23,7
1Е	А ₋₁₅ /44	45,2	32,6	- 27,9
2Е	А ₋₁₅ /47	82,8	65,2	- 21,3
3Е	А ₋₁₅ /50	105	87,3	- 16,9
4Е	А ₋₁₅ /53	117	92,8	- 20,7
5Е	А ₋₁₅ /56	79,9	78,1	- 2,3
6Е	А ₋₁₅ /59	63,8	50,6	- 20,7
7Е	А ₋₁₅ /62	50,9	23,5	- 53,8
8Е	Е/60	99,2	68,1	- 31,4
9Е	Ж/60	84,4	65,0	- 23,0
10Е	И/60	63,2	61,2	- 3,2
11Е	К/60	69,3	62,0	- 10,5
12Е	Л/60	62,7	52,5	- 16,3
13Е	М/60	53,8	43,9	- 18,4
14Е	Н/60	50,0	40,4	- 19,2
15Е	П/60	42,3	39,6	- 6,4
16Е	Р/60	40,0	32,4	- 19,0
1Ш	Б ₊₇ /64, відмітка 42,800	280	255	- 8,9
2Ш	И ₊₁ /40 ₊₁ , відмітка 74,500	2370	2280	- 3,8
3Ш	Г ₊₁ /40, відмітка 71,200	460	450	- 2,2
4Ш	Н ₋₁ / 40 ₊₁ , відмітка 74,500	1900	1700	- 10,5

Таблиця 2. ПД¹⁾, отримані за допомогою установки «Екран» у точках вимірювань, розташованих у зоні 1 в осях Г – Р уздовж осі 60, мкЗв/год

Номер точки, координати	До встановлення Арки		Після встановлення Арки		Відхилення від початкового значення, % (±)	
	без екрана	з екраном ²⁾	без екрана	з екраном ²⁾	без екрана	з екраном ²⁾
8Е, Е/60	99,2	29,9	68,1	33,5	- 31,4	+ 12,0
9Е, Ж/60	84,4	31,0	65,0	30,6	- 23,0	+ 1,3
10Е, И/60	63,2	24,4	61,2	25,2	- 3,2	+ 3,3
11Е, К/60	69,3	20,5	62,0	25,3	- 10,5	+ 23,4
12Е, Л/60	62,7	18,2	52,5	19,3	- 16,3	+ 6,0
13Е, М/60	53,8	15,2	43,9	17,3	- 18,4	+ 13,8
14Е, Н/60	50,0	15,1	40,4	17,4	- 19,2	+ 15,2
15Е, П/60	42,3	10,9	39,6	15,6	- 6,4	+ 43,1
16Е, Р/60	40,0	10,9	32,4	13,5	- 19,0	+ 23,9

¹⁾ У таблиці наведено усереднену величину ПД у точці вимірювання, де проведено не менш шести вимірювань.

²⁾ Під виміром «з екраном» розуміється, що детектор розміщується у свинцевий контейнер із товщиною стінки 20 мм і відкритою стороною «вгору», тобто інші 5 напрямків захищені (екрановані).

У табл. 2 і 3 наведено дані вимірювань за допомогою установки «Екран» (зони 1 і 2, рис. 5). При аналізі результатів вимірювань виявлено діаметрально протилежну зміну вкладу гамма-випромінювання від напрямку «вгору». Так, у зоні 1 спостерігається збільшення значень ПД від початкових значень, а для зони 2 їхнє зниження (рис. 6 і 7).

Таблиця 3. ПД¹⁾, отримані за допомогою установки «Екран» у точках вимірювань, розташованих у зоні 2 в осях 44 – 62 вздовж осі А₁₅, мкЗв/год

Номер точки, координати	До встановлення Арки		Після встановлення Арки		Відхилення від початкового значення, % (±)	
	без екрана	з екраном ²⁾	без екрана	з екраном ²⁾	без екрана	з екраном ²⁾
1E, А ₁₅ /44	45,2	15,8	32,6	13,2	- 27,9	- 16,5
2E, А ₁₅ /47	82,8	31,8	65,2	21,1	- 21,3	- 33,6
3E, А ₁₅ /50	105	34,4	87,3	31,2	- 16,9	- 9,3
4E, А ₁₅ /53	117	34,4	92,8	31,1	- 20,7	- 9,6
5E, А ₁₅ /56	79,9	24,7	78,1	24,9	- 2,3	-0,8
6E, А ₁₅ /59	63,8	20,2	50,6	15,7	- 20,7	- 22,3
7E, А ₁₅ /62	50,9	13,8	23,5	9,1	- 53,8	- 34,1

¹⁾ У таблиці наведено усереднену величину ПД у точці вимірювання, де проведено не менш шести вимірювань.

²⁾ Під виміром «з екраном» розуміється, що детектор розміщується у свинцевий контейнер з товщиною стінки 20 мм і відкритою стороною «вгору», тобто інші 5 напрямків захищені (екрановані).

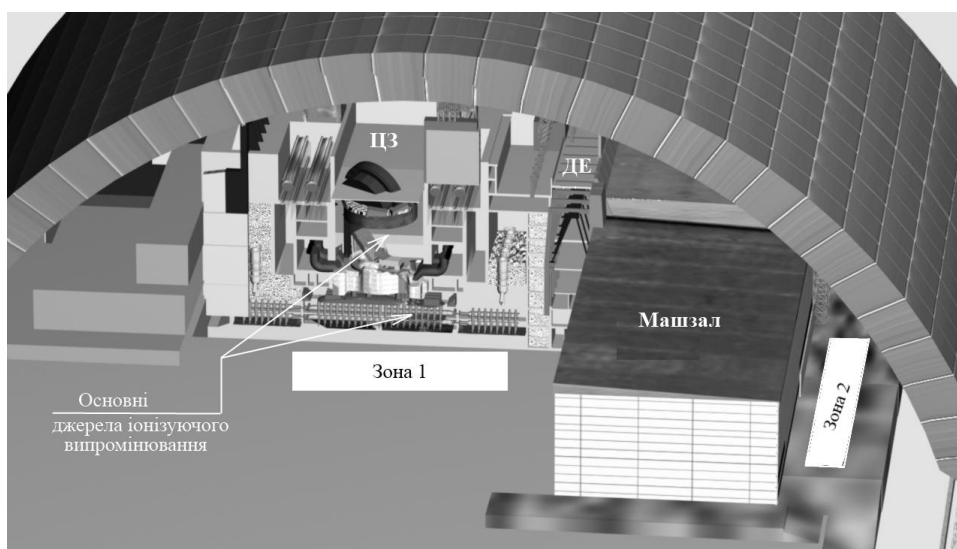


Рис. 5. Місця досліджень зони 1 і зони 2 по відношенню до розташування основних джерел іонізуючого випромінювання.

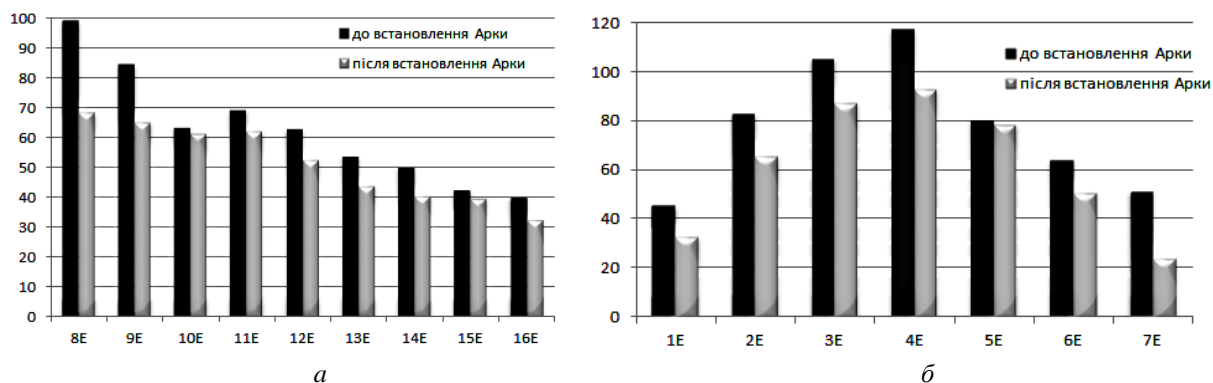


Рис. 6. Дані вимірювань у точках 1E – 16E зони 1 (а) і зони 2 (б) до і після встановлення Арки, мкЗв/год.

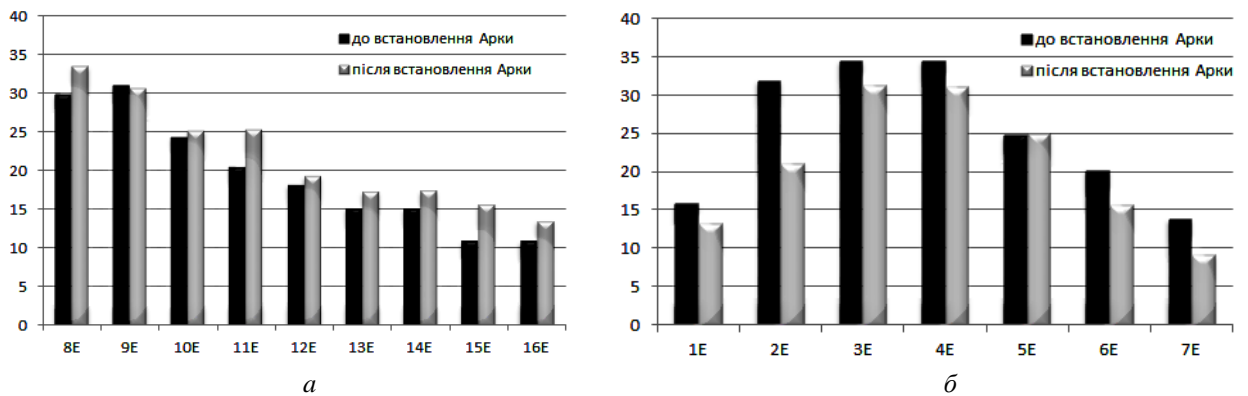


Рис. 7. Дані вимірювань за допомогою установки «Екран» від напрямку «вгору» в точках 1Е – 16Е зони 1 (а) і зони 2 (б) до і після встановлення Арки, мкЗв/год.

Це можна пояснити наступними припущеннями. У зоні 1 установка «Екран» була розміщена на майданчику поблизу реакторного блока. Тому пряме гамма-випромінювання від основних джерел центрального залу (ЦЗ) 4-го енергоблока після розсіювання від конструкцій Арки потрапляло на детектор, розміщений в установці, і це, відповідно, збільшувало внесок складової від напрямку «вгору» (див. рис. 7, а). У зоні 2 пряме випромінювання від джерел випромінювання, що перебувають у ЦЗ, відсутнє, тому що між зоною дослідження та ЦЗ знаходяться конструкції ДЕ та машзалу. У цій зоні зафіксовано пропорційне зниження величин ПД від напрямку «вгору» (див. рис. 7, б).

Дослідження кутових розподілів гамма-випромінювання за допомогою пристрою ШД-1 істотних змін кутових розподілів у точках вимірювань не виявило (рис. 8).

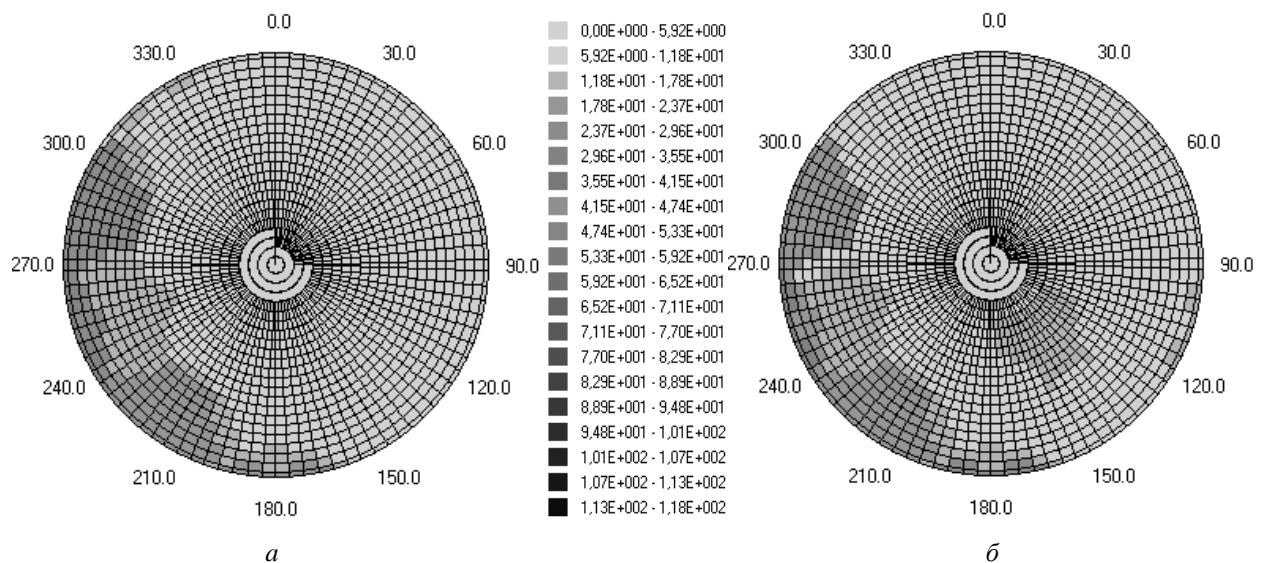


Рис. 8. Картограма кутових розподілів інтенсивності гамма-випромінювання з верхньої півсфери вимірювання зони 3 в точці 4Ш до (а) і після (б) встановлення Арки, мР·год⁻¹·ср⁻¹.

Необхідно відзначити, що є деяка тенденція на збільшення інтенсивності гамма-випромінювання з верхнього напрямку при загальному зменшенні значень інтенсивності, однак таке збільшення знаходиться в межах похибки реєстрації в термолюмінесцентних дозиметрах (ТЛД-500К) та вимагає додаткового аналізу отриманих даних. І хоча точки досліджень були обрані з мінімально можливою відстанню до поверхні, яку відбиває Арка (наприклад, у точці 4Ш відстань до конструкцій Арки всього 15 м), все одно залишається досить факторів, що впливають на здатність реєстрації ефекту зворотного розсіювання. Зокрема, величина ефекту зворотного розсіювання, за різними припущеннями, становить не більше 15 % величини ПД, а похибка ТЛД, яка пов'язана з неоднорідністю в комплексах дозиметрів та з енергетичною чутливістю, дорівнює ± 30 %.

Вивчення характеристик спектра гамма-випромінювання в зонах досліджень дозволить підвищити точність при оцінці вкладу від зворотного розсіювання від Арки в загальну величину ПД.

Висновки

У всіх точках вимірювань після встановлення Арки у проектне положення було зафіксовано зниження величини ПД від 3 до 50 % від вихідної величини ПД залежно від зони проведення досліджень.

При вимірюваннях за допомогою установки «Екран» значення ПД після встановлення зменшилось, однак при цьому внесок від напрямку «вгору» в сумарну величину ПД у точках вимірювань у локальній зоні об'єкта «Укриття» збільшився на 2 – 43 %, а в зоні «піонерної» стіни внесок від напрямку «вгору» знизився пропорційно зниженню значення ПД.

Дослідження кутових розподілів гамма-випромінювання в зонах 3 і 4 за допомогою пристрою ШД-1 істотних змін не виявило. Отримано деяку тенденцію на збільшення інтенсивності гамма-випромінювання з верхнього напрямку при загальному зменшенні значень інтенсивності, однак таке збільшення знаходиться в межах похибки реєстрації в детекторах і вимагає додаткових досліджень та аналізу отриманих даних.

Вивчення характеристик спектра гамма-випромінювання в характерних зонах досліджень дозволить підвищити точність в оцінці вкладу від зворотного розсіювання від будівельних конструкцій Арки в загальну величину ПД. Це також дасть змогу більш точно розраховувати передбачуване дозове навантаження на персонал, який буде виконувати роботи з демонтажу нестабільних конструкцій об'єкта «Укриття» та моделювати біологічний захист для цього персоналу. Дані дослідження необхідно виконати в рамках реалізації Програми [8].

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Закон України “Про загальні засади подальшої експлуатації і зняття з експлуатації Чорнобильської АЕС та перетворення зруйнованого четвертого енергоблока цієї АЕС на екологічно безпечну систему” // Відомості Верховної Ради України. – 1999. – № 4. – С. 33.
2. *Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97)*. Державні гігієнічні нормативи. – К., 1997.
3. *Патент № 51987* від 15.07.2004 р. Україна, МПК7 G01T 1/28. Пристрій для вимірювання кутового розподілу інтенсивності гамма-випромінювання.
4. *План осуществления мероприятий на объекте "Укрытие"*. Рабочий проект по стабилизационным мероприятиям. Итоговый отчет по радиационной безопасности. SIP K 03 01 000 RSR 003 03.
5. *Измерения надземных полей гамма-излучения*. Фаза 1 и 2. Отчеты по измерениям. SIP K 01 21 310 MR2 003 02.
6. *Измерение угловых распределений интенсивности гамма-излучения в зонах производства работ по стабилизации объекта «Укрытие»* / А. М. Алешин, В. Г. Батий, В. В. Егоров, Ю. А. Закревский, Н. А. Кочнев, В. А. Кузьменко, А. А. Кучмагра, В. П. Михайлюк, Г. И. Одинокин, Л. И. Павловский, В. М. Рудько, А. А. Сизов, А. И. Стоянов, О. И. Шеремет, В. Н. Щербин. – Чернобыль, 2002. – (Препр. / НАН Украины. МНТЦ «Укрытие»; 02-1).
7. *Отчет по предпроектным исследованиям на площадке*. Западный торец. Деаэрационная этажерка и машзал. *Этап 1*. Радиационная обстановка и пути доступа. SIP-K-SM-22-E01__RNE-004-02.
8. *Програма науково-технічного супроводу на етапах введення в експлуатацію та експлуатації НБК-ОУ / ДСП ЧАЕС, ТВ*. - Інв. № 16 від 22.12.2016 р.

В. В. Егоров, Ю. В. Морозов, Л. И. Павловский, А. А. Холодюк

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

ИЗМЕНЕНИЕ РАДИАЦИОННЫХ УСЛОВИЙ НА ОБЪЕКТЕ “УКРЫТИЕ” ПОСЛЕ УСТАНОВКИ АРОЧНОЙ КОНСТРУКЦИИ В ПРОЕКТНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ

Проведены отдельные измерения величин мощности дозы (ПД) на внешних поверхностях (кровле) объекта “Укрытие” и в локальной зоне до и после установки арочной конструкции (Арки) в проектное положение, а также исследования характеристик углового распределения интенсивности гамма-излучения в этих зонах. Выполнен сравнительный анализ полученных результатов. Во всех точках измерения после установки Арки в проектное положение было зафиксировано снижение величины ПД от 3 до 50 % от исходной величины ПД в зависимости от зоны проведения исследований. Измерения выполнены в период с 16 ноября 2016 г. по 18 января 2017 г.

Ключевые слова: объект «Укрытие», арочная конструкция, установка «Экран», устройство ШД-1 (шар детекторный), мощность дозы, угловое распределение.

V. V. Yehorov, Yu. V. Morozov, L. I. Pavlovsky, A. O. Kholodiuk

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

CHANGE OF RADIATION CONDITIONS AT THE "UKRYTTYA" OBJECT AFTER PITCHING OF ARCH CONSTRUCTION

Individual measurements of dose rate (DR) capacity values were performed on the outer surfaces (roof) of object "Ukryttya", in local zone both before and after pitching of Arch construction (Arch) as well as study the characteristics of angular distribution of gamma radiation intensity at those areas. A comparative analysis of results obtained was performed. At all measuring points after Arch pitching a reduction of DR value, depending on area of research, was observed. Measurements were being performed during the period from 16.11.2016 till 18.01.2017.

Keywords: object "Ukryttya", arch construction, device ShD-1 (sphere-detector), dose rate angular distribution, device "Ekran".

REFERENCES

1. *Law of Ukraine* "On general principles of future operation and decommissioning of Chernobyl NPP and conversion of the destroyed fourth unit of the NPP into environmentally safe system" // Vidomosti Verhovnoi Rady Ukrainy. – 1999. - № 4. - P. 33. (Ukr)
2. *Radiation Safety Standards supplement Ukraine (NRBU-97): Public hygiene standards, 1997.* (Ukr)
3. *Patent № 51987* from 15.07.2004 Ukraine, MPK7 G01T 1/28. A device for measuring the angular intensity distribution of gamma radiation. (Ukr)
4. *Shelter Implementation Plan. Project on stabilization measures. Final report on radiation safety.* SIP K 03 01 000 RSR 003 03. (Rus)
5. *Measurements of the above-ground gamma-ray fields. Phase 1 and 2. Measurement Reports.* SIP K 01 21 310 MR2 003 02. (Rus)
6. *Measurement of angular distributions of intensity of gamma radiation in the zones of works on "Shelter" stabilization* / A. M. Alyoshin, V. G. Batiy, V. V. Yehorov, A. Zakrevskii, N. A. Kochnev, V. A. Kuzmenko, A. A. Kuchmagra, V. P. Mykhailuk, L. I. Pavlovsky, V. M. Rudko, A. A. Sizov, A. I. Stoyanov, O. I. Sheremet, V. N. Scherbyn. – Chernobyl, 2002. – (Preprint / National Academy of Sciences of Ukraine, ISTC "Shelter"; 02-1). (Rus)
7. *Report on pre-project studies at the site. The western butt. Deaerator rack and machine room. Stage 1. Radiation situation and access routes.* SIP-K-SM-22-E01__-RNE-004-02. (Rus)
8. *The program of the scientific and technical sub-project on the stages is introduced into exploitation and exploitation NSC-"Shelter", SSE CNPP, № 16* from 22.12.2016. (Ukr)

Надійшла 17.03.2017
Received 17.03.2017