

УДК 621.039.58

**РОЗРАХУНОК КІЛЬКОСТІ ПУНКТИВ РОЗМІЩЕННЯ ТЕРМОЛЮМІНЕСЦЕНТНИХ
ДОЗИМЕТРИВ В ЗОНІ СПОСТЕРЕЖЕННЯ АЕС І ФОРМУВАННЯ МЕРЕЖІ ТАКИХ
ПУНКТИВ**

**РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА ПУНКТОВ РАЗМЕЩЕНИЯ ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ
ДОЗИМЕТРОВ В ЗОНЕ НАБЛЮДЕНИЯ АЭС И ФОРМИРОВАНИЕ СЕТИ ТАКИХ
ПУНКТОВ**

**CALCULATION OF THE NUMBER OF POINTS FOR LOCATION OF
THERMOLUMINESCENT DOSIMETERS IN THE MONITORING AREA OF A NPP AND
FORMATION OF A NETWORK OF SUCH POINTS**

Науковий керівник – проф. каф. атомних електростанцій, док. техн. наук

Барбашев С. В., Барбашев С. В., Barbashev S. V.

Паламарчук В. О., Паламарчук В. О., Palamarchuk V. O.

***Анотація:** Пропонується підхід до визначення оптимального розподілу постів з детекторами ТЛД для радіаційного контролю і вимірювання інтегральної потужності дози гамма-випромінювання в районі розташування ядерних установок.*

***Ключові слова:** радіаційний контроль, термолюмінесцентний дозиметр, інтегральна доза гамма-випромінювання.*

***Аннотация:** Предлагается подход к определению оптимального распределения постов с детекторами ТЛД для радиационного контроля и измерения интегральной мощности дозы гамма-излучения в районе расположения ядерных установок.*

***Ключевые слова:** радиационный контроль, термолюминесцентный дозиметр, интегральная доза гамма-излучения.*

***Abstract:** An approach to determining the optimal distribution of posts with TLD detectors for radiation monitoring and measuring the integral dose rate of gamma radiation in the area of nuclear installations is proposed.*

***Keywords:** radiation monitoring, thermoluminescent dosimeter, integral dose of gamma radiation.*

При нормальному режимі роботи атомних електростанцій надходження радіоактивних речовин з АЕС в навколишнє середовище відбувається виключно з викидами в атмосферу і стоками в гідрографічну мережу. Відповідно завданням на проведення контролю навколишнього середовища в районі розташування АЕС отримання інформації про дотримання встановлених при експлуатації ядерної установки граничних значень радіаційного впливу на навколишнє середовище, є головною метою контролю. Така робота проводиться відповідно до методичних вказівок, які описують правила проведення контролю навколишнього середовища в районі розташування ядерних установок [1, 2]. Для перевірки виконання вимог нормативних документів проводиться вимірювання в пунктах спеціально сформованої для цієї мети мережі вимірювань. Основними компонентами мережі вимірювань є стаціонарні установки і детектори для визначення рівня випромінювання на місцевості.

В даний час при проведенні на АЕС радіаційного контролю навколишнього середовища за основу приймається гігієнічний принцип протирадіаційного захисту населення та навколишнього середовища, який стверджує, що, якщо захищена людина, то захищене і природне середовище. При цьому не враховуються або враховуються частково екологічні характеристики природного середовища в районі розташування АЕС. Дослідження останніх років, особливо після аварії на ЧАЕС, доказують, що існує необхідність обов'язкового врахування екологічних характеристик довкілля, які впливають на формування радіаційної обстановки і дозових навантажень на населення, що дозволяє точніше спрогнозувати негативний вплив АЕС на населення і навколишнє середовище, особливо при аваріях. Це означає, що одночасно з гігієнічним принципом треба враховувати екологічний принцип протирадіаційного захисту населення та навколишнього середовища.

Однак, в дійсності, це виконується не в повній мірі. Наприклад, не всі населені пункти контролюються. Крім того, екологічний принцип зовсім не враховується при створенні мережі пунктів контролю в зоні спостереження і великі площі цієї території, особливо ті, які за своїми ландшафтно-геохімічними характеристиками є накопичувачами радіонуклідів (геохімічні бар'єри), не контролюються. Такі ділянки можуть мати підвищений вміст радіонуклідів, які викидаються АЕС. Якщо на них виготовляється сільськогосподарська продукція (тваринництво, вирощування овочів, зернових культур та ін.), то вона при споживанні населенням може стати додатковим джерелом дозових навантажень.

В даній роботі на основі еколого-гігієнічного принципу протирадіаційного захисту населення представлені пропозиції щодо практичного формування мережі пунктів розташування термомюнісцентних детекторів для вимірювання інтегральної потужності дози

на території, прилеглої до ядерної установки. Практична реалізація запропонованого у роботі підходу може підвищити ефективність системи радіаційного контролю навколишнього середовища.

В роботі був використаний підхід, запропонований в роботі [3], згідно якому розподіл детекторів має здійснюватися таким чином, щоб підвищений рівень викиду радіонуклідів з АЕС міг бути точно встановлений, якщо доза при цьому перевищить рівень:

$$\Lambda \leq D(x_m, 0), \quad (1)$$

де Λ – рівень дози, Зв; $D(x_m, 0)$ – сума обумовлених АЕС радіаційних доз в навколишньому середовищі, Зв.

Питання про кращий розподіл вимірювальних постів з детекторами рівнозначне питанню про те, скільки детекторів, як мінімум, варто було б розташувати навколо реактора, щоб зареєструвати перевищення рівня дії незалежно від метеорологічних умов.

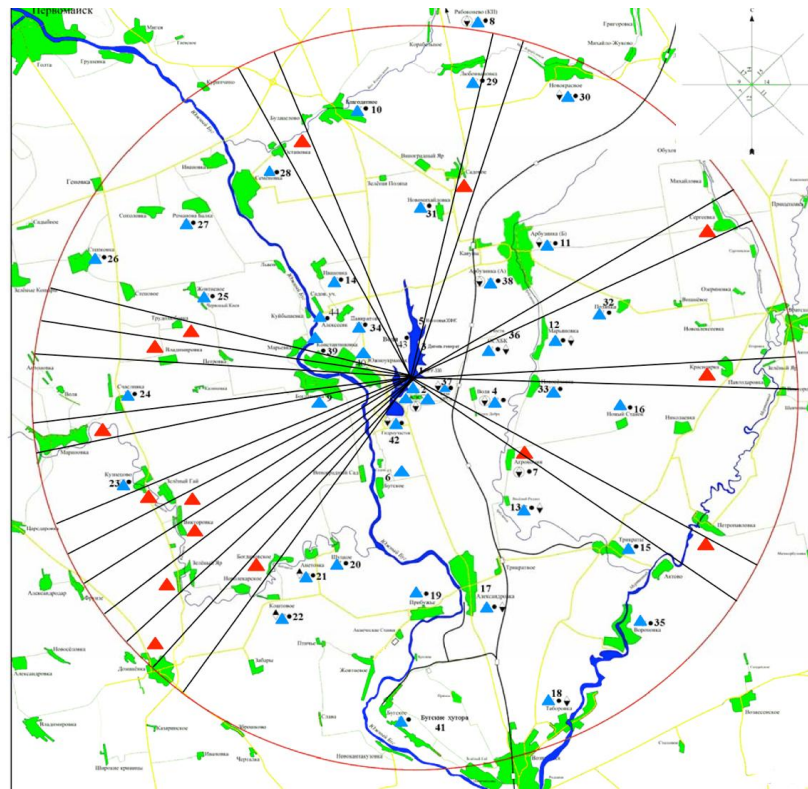
Визначення цього мінімальної кількості детекторів проводиться таким чином.

Для заздалегідь зазначеної області навколо ядерної установки визначається загальна чисельність населення. Потім для кожного конкретного місця визначають частку із загального числа населення і ділять її на відповідне віддалення від джерела. До цього значення додають ймовірність напрямку вітру, характерного для даної місцевості. Якщо ж тепер розділити вказану заздалегідь кількість термолюмінесцентних дозиметрів на суму ймовірностей, характерну для кожного конкретного місця, то вийде значення, яке треба помножити на окремі ймовірності. Якщо результати округлити до цілого числа, то можна отримати оптимальну кількість ТЛД для кожного сектора.

Покажемо як можна застосувати цей підхід на Південно-Українській АЕС.

Розглянемо варіант розміщення дозиметрів в зоні спостереження Ю-УАЕС, де постійний контроль здійснюється за допомогою мережі стаціонарних постів, розташованих в 30-ти км зоні. В даний час мережа пунктів ТЛД з метою визначення інтегральної експозиційної дози гамма-випромінювання формується на основі термолюмінесцентних дозиметрів ТЛД-500К, які розташовані на 44 постах [4].

На рис.1 показана схема розміщення постів радіаційного контролю в 30-км зоні ВП Ю-УАЕС з уже існуючими інтегральними дозиметрами (блакитні трикутники).



Умовні позначки

- повітряно-фільтруюча установка
- інтегральний дозиметр
- відбір проб
- кювети
- рекомендовані інтегральні дозиметри

Рис.1 – Схема розміщення постів радіаційного контролю в 30-км зоні ВП ЮУАЕС

Етапи розрахунку оптимального розподілу вимірювальних постів з ТЛД:

1.Для 30-км зони навколо АЕС визначаємо загальну чисельність населення.

З облікових записів всіх сіл, міст, селищ міського типу, загальна кількість населення в 30-км зоні навколо АЕС дорівнює 173 тис. осіб.

2.Для кожного конкретного місця визначаємо частку від загального числа населення і ділимо її на відповідне віддалення від джерела ($P = \text{частка населення}/\text{відстань}$).

З огляду на те, що в радіусі 0-10 км проживає 53 тис. населення, в радіусі 10-20 км – 22 тис., а в радіусі 20-30 км – 98 тис., отримуємо:

$$P_1 = \frac{D_{H_i}}{d} = \frac{53}{10} = 5,3,$$

де D_{H_i} – доля населення (в тис.), d – відстань.

$$P_2 = \frac{22}{20} = 1,1; \quad P_3 = \frac{98}{30} = 3,3.$$

3. До цього значення додаємо значення ймовірності напрямку вітру для даної місцевості (v) та визначаємо суму $P + v = K$

Для цього скористаємося інформацією зі звіту про вплив нерадіаційних факторів ВП Ю-УАЕС на навколишнє середовище [4]. На рис.2 показана роза вітрів за вересень 2017 року (за даними ОГМС ВП Ю-УАЕС).

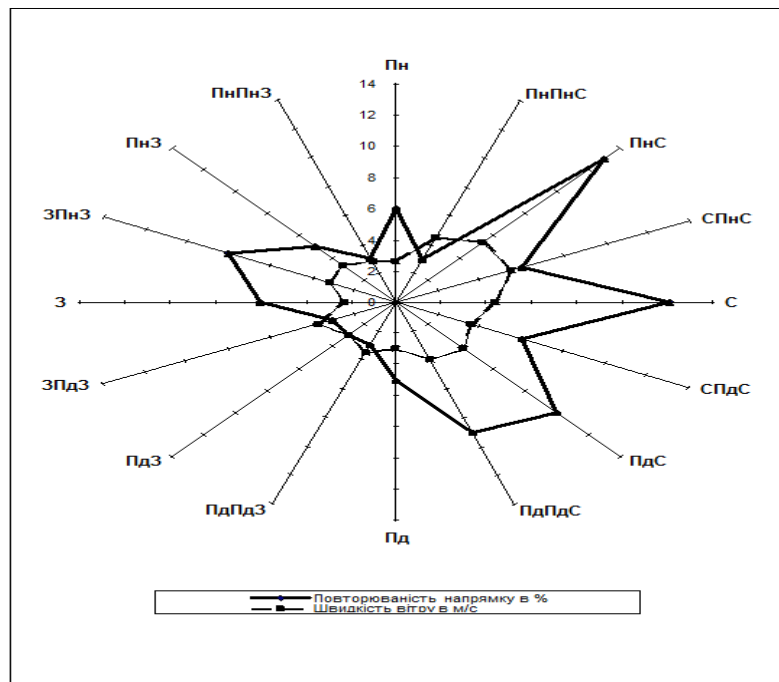


Рис.2 – Роза вітрів за вересень 2017 року (за даними ОГМС ВП Ю-УАЕС)

$$K_1 = \frac{D_{H_i}}{d} + v = P_1 + v = 5,3 + 0,05 = 5,35 \text{ (для 0-10 км),}$$

де v – повторюваність напрямку повітря.

Для кожної місцевості (населеного пункту) напрямок вітру різниться від кругової рози вітрів, тому K треба розраховувати окремо для кожного поста. Виконуємо розрахунок, наприклад, для найбільших населених пунктів в зоні 10-20 км:

$$\text{Пост 11,38 (пгт. Арбузинка)} = \frac{9,8}{12} + 0,13 = 0,93;$$

$$\text{Пост 17 (пгт. Олександрівка)} = \frac{7,5}{16} + 0,09 = 0,55;$$

$$\text{Інші села (населені пункти): } \frac{4,9}{20} + 0,06 = 0,305;$$

$$K_2 = 0,93 + 0,55 + 0,305 = 1,785 \text{ (для 10-20 км);}$$

$$K_3 = 3,3 + 0,08 = 3,38.$$

4. Відповідно до рекомендацій статті [3] побудуємо розподіл потужності дози в напрямку перпендикулярному до радіусу зони контролю, вважаючи, що в максимумі розподілу, тобто на кордоні зони, досягається гранично допустима потужність дози.

В отриманому розподілі знаходимо відстань, на якому потужність дози виявляється рівною порогу чутливості датчика $(D'_{\gamma})_{\min}$. Якщо ця відстань δ , то необхідне число датчиків ТЛД в відповідній зоні визначиться цілою частиною відношення $N_n = [2\pi r/2\delta] = [\pi R/\delta]$, а достатнє на одиницю більше $N_d = N_n + 1$.

З використанням даних роботи [5] побудуємо розподіл потужності дози в напрямку, перпендикулярному до осі поширення факелу викиду при МПА на Ю-У АЕС для категорії стійкості атмосфери F (рис.3).

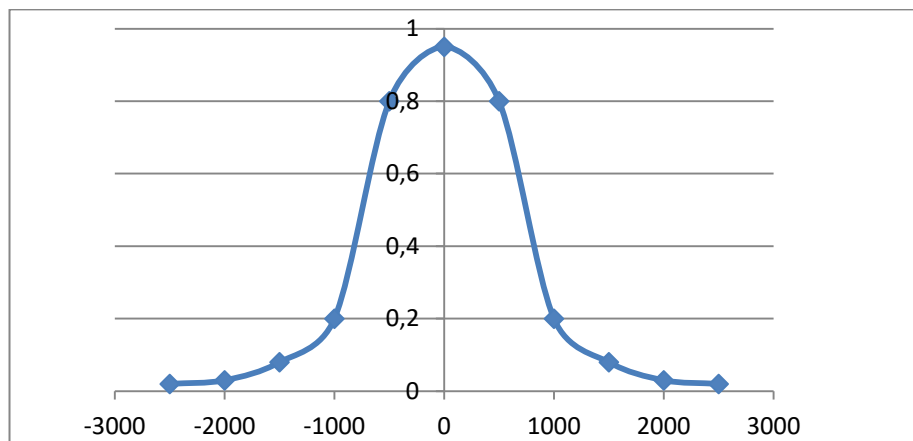


Рис.3 – Потужність дози, мкЗв/год, (ось y) на різному видаленні від точки викиду, м, (ось x) при МПА на Південно-Українській АЕС

Використовуючи дані рис.3 та чутливість детектора (10^{-2} мкЗв/год), знаходимо, що $\delta \approx 1,5$ км, тоді:

$$N_n = [2\pi r/2\delta] = [\pi R/\delta] = \frac{3,14 \cdot 3}{1,5} = 6 \text{ (для C33), а достатнє}$$

$$\text{на одиницю більше } N_d = N_n + 1 = 7;$$

$$N_{n1} = [\pi R/\delta] = \frac{3,14 \cdot 10}{1,5} = 20 - 6 = 14 \text{ (для 10 км), } N_{d1} = N_{n1} + 1 = 15;$$

$$N_{n2} = \frac{62,8}{1,5} = 41 - 20 = 21 \text{ (для 20 км), } N_{d2} = N_{n2} + 1 = 22;$$

$$N_{n3} = \frac{94,2}{1,5} = 62 - 41 = 21 \text{ (для 30 км), } N_{d3} = N_{n3} + 1 = 22.$$

Аналіз результатів проведених вище розрахунків дозволяє зробити висновок про те, що достатня кількість постів ТЛД на Ю-УАЕС для кожного сектора, тобто 0-10 км зони – 15, для 10-20 км – 22 і для 20-30 км – 22. Всього 59 постів. З огляду на те, що в даний час вимір

інтегральної експозиційної дози гамма-випромінювання на основі термолюмінесцентних дозиметрів ТЛД-500К на Ю-УАЕС проводиться на 44 постах, а саме на 15 менше, ніж розраховано нами, то слід розставити на місцевості ці пости.

Ми пропонуємо розставити їх двома способами.

Перший - в місцях, де є розвинене сільськогосподарське виробництво, яке може стати додатковим джерелом дозових навантажень на населення від внутрішнього опромінення за рахунок споживання сільгосппродуктів.

Другий спосіб. Максимальна приземна концентрація шкідливих речовин і домішок на осі факелу викиду може бути досягнута при несприятливих метеорологічних умовах, при яких формується вузький факел викиду (біля 15°). Проекція цього факелу на земну поверхню в певному напрямку вітру може не перекривати достатньо великі ділянки, на яких не встановлені діючі в теперішній час 44 пости з ТЛД (Див. рис.1). Тому додаткові до існуючих 15 постів ТЛД пропонується розмістити в населених пунктах, які розташовані на цих ділянках.

Отже, додаткові пости з ТЛД пропонується розмістити в 30-км зоні спостереження Ю-У АЕС з урахуванням місць виробництва критичних сільгосппродуктів і в населених пунктах, які не перекриває вузький факел викиду при певних несприятливих метеорологічних умовах (рис.1, червоні трикутники).

Таким чином, в даній роботі на основі еколого-гігієнічного принципу протирадіаційного захисту населення представлені пропозиції щодо практичного формування мережі пунктів розташування термолюмінесцентних детекторів для вимірювання інтегральної потужності дози на території, прилеглої до ядерної установки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рекомендации по дозиметрическому контролю в районах расположения атомных электростанций. М.: Минздрав СССР (Правила и нормы в атомной энергетике), 1988. – 19 с.
2. Методические рекомендации по санитарному контролю за содержанием радиоактивных веществ в объектах внешней среды / Под ред. А. Н. Мареев и А. С. Зыковой // М.: Минздрав СССР, 1988. – 35 с.
3. Кюммель М. Обеспечение радиационной безопасности при эксплуатации АЭС / Кюммель М.; Научно-технический совет по радиационной безопасности (НТС-3). – Москва: Энергоатомиздат, 1984. – 188 с. – 5 книг.

4. Южно-Украинская АЭС. Энергоблок № 3. Отчет по периодической переоценке безопасности. Воздействие эксплуатации АЭС на окружающую среду. Ю-У АЭС, 2018. - 155 с.
5. Висоцький І. В. Оптимізація місць розміщення та кількості постів автоматизованої системи контролю радіаційної обстановки Південно-Української АЕС: дипломна магістерська робота. Одеський національний політехнічний університет, Одеса, 2018.

Барбашев Сергій Вікторович,

Барбашев Сергей Викторович,

Barbashev Sergey,

Паламарчук Віталія Олегівна,

Паламарчук Виталия Олеговна,

Palamarchuk Vitaliia.