

ПРОБЛЕМИ РАДІАЦІЙНИХ ВИПРОБОВУВАНЬ КАБЕЛІВ АЕС НА УСТАНОВЦІ ІЯД

І.М. Вишневський, В.І. Сахно, О.В. Сахно, А.Г. Зелінський, С.П. Томчай, Т.В. Хрін
Інститут ядерних досліджень НАН України, м. Київ, Україна;
E-mail: sakhno@kinr.kiev.ua; факс (044) 525-44-63; тел. (044)525-51-91

Аналізуються перспективи удосконалення методів радіаційних випробовувань обладнання для АЕС та вимоги до характеристик необхідних радіаційних полів. Відзначено умови реалізації цих методів на експериментальній установці ІЯД. Розглядаються сучасні вимоги до проведення радіаційних випробовувань відповідно діючих стандартів. Висвітлюються методи таких випробувань, реалізовані на експериментальній базі ІЯД. Обговорюються результати радіаційних випробовувань в ІЯД кабелів, створених українськими виробниками для АЕС.

Радіаційні випробовування обладнання, згідно діючих нормативів МАГАТЕ, є обов'язковою частиною системи загальної безпеки експлуатації АЕС. Ці заходи нормуються відповідними стандартами і підлягають обов'язковому виконанню. З цією метою в усіх національних відомствах атомної енергетики передбачаються спеціальні науково-дослідні центри, забезпечені радіаційною технікою для таких випробовувань [1].

Сучасний рівень розвитку технології радіаційних випробовувань передбачає використання електрофізичних джерел випромінювання (ЕФД), що мають набагато більші можливості за їх попереднє покоління на базі природних генераторів випромінювання. Наприклад, рекомендується проводити випробовування на прискорювачах електронів і використовувати таблиці відповідності для будь-яких різновидів радіаційної дії [2]. Використання наведених в роботі [3] коригуючих коефіцієнтів якості випромінювання дозволяє отримати адекватні результати випробовувань.

Досвід таких випробовувань і аналіз наявних публікацій дає підставу для окреслення перспективи подальшого розвитку технологій радіаційних випробовувань обладнання АЕС, використовуючи переваги електрофізичних джерел. Наприклад, за допомогою ЕФД можна формувати як окремі складові радіаційних полів (α -, β -, γ - та нейтронне випромінювання), так і їх суперпозиції в необхідних співвідношеннях [4]. Актуальність цих заходів зараз також визначається і відповідними нормативними відомчими документами [5]. Рекомендується, наприклад, проводити прискорені випробовування, дослідження і встановлення деградації ресурсних показників обладнання АЕС та ін.

Сучасні, більш жорсткі вимоги атомної енергетики передбачають необхідність підвищення рівня безпеки та надійності АЕС, що потребує удосконалення і методів випробовувань обладнання. Так, сучасні нормативні документи вимагають від випробовувань визначення функціональної надійності обладнання, тобто перевірки того, що деградація внаслідок старіння не впливає на виконання проектних функцій обладнання [6]. При цьому необхідно враховувати дію всіх експлуатаційних факторів, у тому числі радіації.

Для вказаних заходів необхідно створювати відповідну техніку випробовувань, атестовану згідно діючих норм. Однією з найбільш відповідальних задач тут є створення радіаційних умов, що відповідали б існуючим на реальному ядерному об'єкті [7]. Це дозволить проводити не тільки матеріалознавчі дослідження, а й виконувати складні функціональні випробовування обладнання з натурним моделюванням умов реальної експлуатації на АЕС [8].

Аналіз характеристик установок ІЯД на їх відповідність новим вимогам показав, що для цього необхідно формувати радіаційні поля великих розмірів з певними характеристиками, які б дозволяли виконувати наступні умови опромінення:

- можливість формування рівномірних радіаційних полів в достатньо великому об'ємі, необхідному для розміщення комплектного обладнання;
- можливість регулювання співвідношення чинників радіації (β -, γ - та нейтронна компоненти) для моделювання умов реальної експлуатації обладнання на АЕС;
- забезпечення стабільності характеристик радіаційного поля протягом всього часу, необхідного для отримання нормативних доз опромінення;
- здійснення дозиметрії процесів та контролю за умовами опромінення.

Головною технічною проблемою реалізації вказаних вимог на ЕФД є формування полів великих розмірів (в середньому 2 м^3), та великих доз опромінення, обумовлених стандартами на радіаційні випробовування [9].

Нова радіаційна установка ІЯД створювалась з метою виконання цих умов і проведення на ній широкомасштабних радіаційних випробовувань обладнання АЕС [10]. Джерелом випромінювання є прискорювач електронів з можливістю регулювання енергії в діапазоні $2\text{...}5\text{ MeV}$ [11]. При проектуванні та розробці установки було передбачено можливість тривалого опромінення великогабаритних об'єктів. На сьогоднішній день її структура та параметри повністю відповідають вимогам функціональних випробовувань. Установка укомплектована:

1. Спеціальною системою термостабілізації і контролю теплових режимів джерела випромінювання (прискорювача) та допоміжних систем [12].
2. Комплексом систем стабілізації, авторегулювання та синхронізації робочих параметрів прискорювача [13].
3. Системою формування інтенсивних радіаційних полів великих габаритів.
4. Сертифікованою системою технологічної дозиметрії та іншими необхідними для випробувань засобами [14].

Усе це в цілому дозволяє суттєво покращити якісні показники установки та її технічні можливості.

Наприклад, на рис. 1 наведено вимірний експериментально розподіл питомого струму електронного пучка i_n в робочій камері установки.

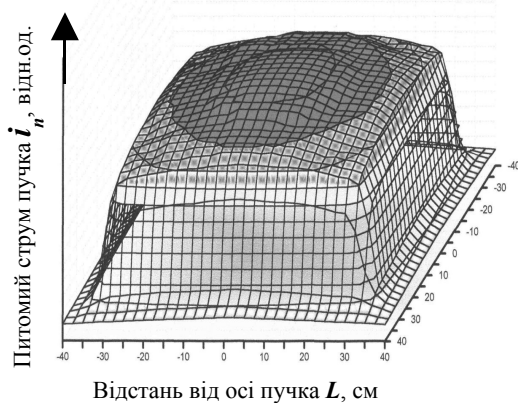


Рис. 1. Розподіл інтенсивності електронного потоку в перерізі робочої камери установки

З нього видно, що в перерізі розміром 0,8x0,8 м вдалося сформувати практично однорідний розподіл радіаційного поля, що перспективно для проведення означених випробувань.

Для виконання функціональних випробувань у радіаційну установку необхідно укомплектувати різним додатковим устаткуванням, що забезпечує стандартизовані методи випробувань усіх інших показників обладнання. Наприклад, на установці ІЯД було проведено комплекс випробувань нової кабельної продукції українських виробників, призначеної для використання на АЕС. При проведенні випробувань кабельної продукції для сигнальних мереж (систем внутрішньореакторного контролю) установка була забезпечена комплексом допоміжних засобів, як це наведено на рис. 2.

З джерела 1 за допомогою системи формування 2 було отримано рівномірне радіаційне поле, у якому розміщувався досліджуваний кабель 3.

Згідно типових стандартів, окрім радіаційної стійкості ізоляції, передбачається також експериментальна перевірка понад 15 інших фізичних характеристик кабелів [15]. Метою випробувань було встановлення взаємної функціональної залежності зазначених характеристик. Необхідні електричні режими кабелю було забезпечено універсальним джерелом струму 5.

6

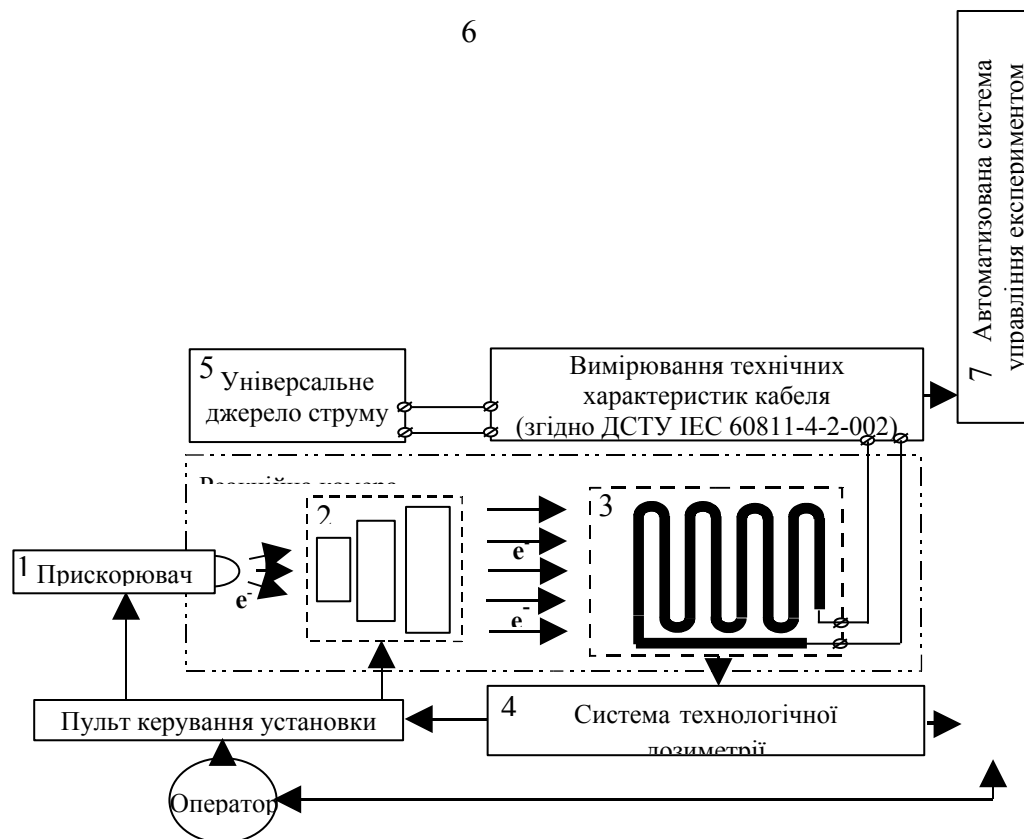


Рис. 2. Структурна схема стенду для дослідження функціональних характеристик кабелів АЕС

Випробовування здійснювались шляхом контролю усіх характеристик кабелів в робочих режимах (напруга, струм, робоча температура, полоса частот, тощо). Усі ці параметри контролювались комплексом відповідних засобів згідно типових методик. Одночасно з цим фіксувались показання системи технологічної дозиметрії 4 (інтенсивність та розподіл інтенсивності радіаційного поля, співвідношення його складових, тощо).

Вимірювання показали, що отримані раніше теоретичні висновки, щодо можливої наявності неврахованих факторів впливу радіації на технічні характеристики кабелів, підтвердились [16]. Наприклад, на рис. 3 показана залежність опору ізоляції від величини радіаційного поля. При відсутності радіаційного навантаження величина R_{i3} повністю відповідає вимогам технічних умов (ТУ) на кабель. Але при наявності радіації цей параметр змінюється, виходячи за межі встановлених в ТУ величин. Враховуючи, що такі кабелі призначені для використання в системах, важливих для безпеки АЕС (системи внутрішньореакторного контролю), необхідне врахування такої залежності при розробці методів підвищення структурної надійності ядерних об'єктів. Ця інформація корисна і фахівцям, що відповідають за створення чи експлуатацію цих нових виробів.

Вже в перших експериментах було практично доведено, що радіаційні випробування функціональних показників обладнання надають нові дані, які можуть бути використані для покращення показників безпеки об'єктів атомної енергетики. В даний час установка ІЯД допрацьовується з метою розширення таких досліджень.

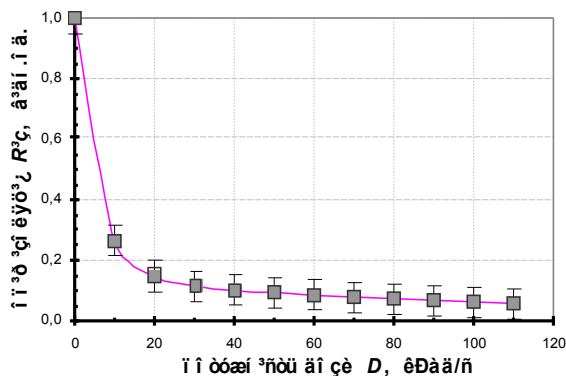


Рис. 3. Залежність параметра R_{i3} від інтенсивності радіаційного навантаження

ЛІТЕРАТУРА

1. НП 306.1.02/1.034-2000. Нормативне положення "Загальні положення забезпечення безпеки атомних станцій". Київ, 2000.
2. Програма управління старієм кабелів АЭС. ПМ-Т.0.0 8.121-04. Київ, НАЕК "Енергоатом", 2004.
3. ГОСТ 25645.331-91 Материалы полимерные. Требования к оценке радиационной стойкости.

4. В.І. Сахно, С.П. Томчай, О.В. Сахно. Дослідження радіаційно-стимульованих факторів деградації обладнання АЕС //Збірник наукових праць Інституту ядерних досліджень. 2000, № 2, с.102–105.
5. Assessment and management of ageing of major nuclear power plant components important to safety: In-containment instrumentation and control cables. Viena: IAEA, TECHDOC-1188, v. 1-2, 2000.
6. Нормативне положення "Загальні вимоги до продовження експлуатації енергоблоків АЕС у понадпроектний строк за результатами здійснення періодичної переоцінки безпеки". НП 306.2.99-2004. Київ, 2004.
7. О.В. Сахно. Проблеми експлуатації кабельних мереж на АЕС: Препринт КІЯД-00-2. Київ: ІЯД НАН України, 2000, 8 с.
8. А.В. Сахно. Исследование проблем повышения безопасности кабельных магистралей АЭС //Сборник материалов 5-й Конференции Украинского ядерного общества. Энергодар, ЗАЭС, УкрЯО, 2001, с. 102–106.
9. Э.Э. Финкель, Д.Н. Дикерман. Кабели и провода для ядерных энергетических установок. М.: „Энергоатомиздат”, 1983, 136 с.
10. А.В. Сахно. Перспективы использования электрофизических установок для испытаний оборудования АЭС //Ядерні та радіаційні технології. 2003, т.3 № 2, с. 44–47.
11. И.Н. Вишнеvский, А.Г. Зелинский, В.И. Сахно, С.П. Томчай, А.В. Сахно. Радиационная установка с ускорителем электронов Института ядерных исследований Национальной академии наук Украины //Атомная энергия. 2003, т. 94, в. 2. с. 163–166.
12. А.В. Сахно, В.И. Сахно, С.П. Томчай. Устройство контроля параметров охлаждения оборудования ускорителя //Збірник наукових праць Інституту ядерних досліджень. 2002, № 7, с. 179–181.
13. В.И. Сахно. Электрофизический комплекс ИЯИ НАН Украины для облучения пищевых продуктов //Сборник докладов 11 Международной конференции по применению ускорителей заряженных частиц в промышленности и медицине. СПб.: СПбГУ, НИИ ВМ и ПУ, ВВМ, 2005, с. 403–405.
14. І.М. Вишнеvський, А.Г. Зелінський, В.І. Сахно, О.В. Сахно, С.П. Томчай. Система вимірювання розподілу полів випромінювання на радіаційній установці ІЯД //Збірник наукових праць Інституту ядерних досліджень. 2004, № 2(13), с. 159–162.
15. ДСТУ ІЕС 60811-4-2-2002. Проводи та кабелі електричні. Загальні методи випробовування матеріалів ізоляції та оболонки електричних кабелів.

ПРОБЛЕМЫ РАДИАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ КАБЕЛЕЙ АЭС НА УСТАНОВКЕ ИЯИ

И.Н. Вишневский, В.И. Сахно, А.В. Сахно, А.Г. Зелинский, С.П. Томчай, Т.В. Хрин

Анализируются перспективы совершенствования методов радиационных испытаний оборудования АЭС, а также требования к характеристикам необходимых для этого радиационных полей. Отмечены условия реализации подобных методов на экспериментальной установке ИЯИ. Рассматриваются особенности проведения радиационных испытаний в соответствии с действующими стандартами. Освещаются методы облучения, особенности дозиметрии в экспериментах, а также методы контроля технических параметров облучаемых кабелей. Обсуждаются результаты радиационных испытаний кабелей, разработанных украинскими производителями для АЭС.

PROBLEMS OF RADIATION TESTS FOR NPP'S CABLES AT THE INSTITUTE FOR NUCLEAR RESEARCH ELABORATION

I.M. Vyshnevskyy, V.I. Sakhno, O.V. Sakhno, A.G. Zelinsky, S.P. Tomchay, T.V. Khrin

Perspective improvement method of radiation tests of NPP's equipment and characteristics demands required radiation field are studied. Realization conditions of these methods at the Institute for Nuclear Research experimental elaboration were noted. The peculiarities of radiation test operation in conformity with working standards were considered. The irradiation methods, dosimetry peculiarities at the experiments and control methods of technique parameters of irradiation cables were considered. The results of radiation tests for NPP's cables that were produced by Ukrainian producers are discussed.