

О. О. Кіліна, С. М. Кондратьєв,
А. В. Носовський

Державний науково-технічний центр з ядерної
та радіаційної безпеки, м. Київ, Україна

Стан проблеми та аналіз сучасних підходів щодо регламентування потенційного опромінення

Наведено сучасні тенденції методик розрахунків потенційного опромінення, накопичених світовим співтовариством у сфері радіаційного захисту від потенційного опромінення. Аналіз технічних вимог нормативної бази України щодо запобігання аварійним ситуаціям та аваріям показав, що вони частково або повністю не відповідають регламентам щодо захисту від потенційного опромінення. З цього випливає необхідність гармонізації нормативної бази України в аспекті адекватності технічних вимог регламентам потенційного опромінення.

Ключові слова: потенційне опромінення, нормативна база, радіаційний захист, безпека.

Е. А. Килина, С. М. Кондратьев, А. В. Носовский

Состояние проблемы и анализ современных подходов к регламентированию потенциального облучения

Приведены современные тенденции методик расчетов потенциального облучения, накопленных мировым сообществом в области радиационной защиты от потенциального облучения. Анализ технических требований нормативной базы Украины к предотвращению аварийных ситуаций и аварий показал, что они частично или полностью не соответствуют регламентам защиты от потенциального облучения. Отсюда следует необходимость гармонизации нормативной базы Украины в аспекте адекватности технических требований регламентам потенциального облучения.

Ключевые слова: потенциальное облучение, нормативная база, радиационная защита, безопасность.

© О. О. Кіліна, С. М. Кондратьєв, А. В. Носовський, 2011

Нещодавно до світової практики радіаційного захисту введено поняття потенційного опромінення та встановлено його нормативи. На відміну від планованого опромінення, яке за даних умов обов'язково відбудеться і дозу якого можна передбачити, існує таке опромінення, очікуване внаслідок практичної діяльності або її видозміни, що є можливим, але воно може не відбутися взагалі — таке опромінення називається потенційним.

Міжнародний досвід регламентування потенційного опромінення в іноземних документах

Найновіші досягнення, накопичені світовим співтовариством у галузі радіаційного захисту від потенційного опромінення (і, зокрема, під час поводження з радіоактивними відходами), узагальнені в публікаціях МКРЗ (46, 60, 64, 76, 103, 104), МАГАТЕ, директивах Євратому та матеріалах НКРЗ США [1–8].

Захист від потенційного опромінення. Радіаційне опромінення, яке може бути результатом практичної діяльності, поділяється на дві широкі категорії: поточне опромінення і потенційне опромінення [1]. Поточним вважається опромінення, виникнення якого можна очікувати в певних межах, тобто опромінення, яке прогнозовано трапиться незалежно від часу з імовірністю 1 або приблизно 1. Воно охоплює як опромінення від планового процесу експлуатації, так і опромінення від подій, які не заплановані, але мають високу ймовірність і низьку значимість [3].

У разі потенційного опромінення людський ризик є результатом двох випадкових подій: виникнення події, що призводить до опромінення, і прояву шкідливого ефекту (що дає опромінення) [3]. МКРЗ рекомендувала межі доз і використання дозових обмежень для опромінення внаслідок нормальних умов під час практичної діяльності із застосуванням радіаційних технологій.

Наслідки опромінення для здоров'я бувають двох видів: детерміністичні та стохастичні [5]. Детерміністичні наслідки, безсумнівно, матимуть місце в разі отримання достатньо високої дози опромінення. Для доз, які є нижчими за певний граничний рівень, вони ніколи не виникнуть. Виникнення захворювання на рак носить стохастичний характер. Імовірність виникнення раку в результаті опромінення звичайно зростає зі збільшенням дози. Коли всі дози, отримувані окремими особами, виявляються нижчими за границю детерміністичних наслідків, для забезпечення захисту вважається, що існує лінійна залежність між дозою опромінення, ймовірністю виникнення наслідків для здоров'я окремих осіб і загальною радіаційною шкодою для здоров'я місцевого населення.

Індивідуальний ризик. Існує чимало видів діяльності, корисних для суспільства, але разом з цим таких, що створюють певний ризик для окремих осіб. За нормальне опромінення МКРЗ рекомендує брати межі річної дози, що відповідають ймовірності очікуваної щорічної передчасної смертності населення, яка становить декілька одиниць $\times 10^{-5}$. Ця цифра є передбачуваною межею ймовірності смерті в результаті нормального використання всіх регульованих джерел, які впливають на одну особу.

Індивідуальний ризик, виражений в категоріях потенційного опромінення, буде визначальним фактором безпеки АЕС лише при дозах, якщо такі матимуть місце, менших приблизно за 10 мЗв.

Суспільний ризик. Термін «суспільний ризик» використовується для того, щоб уявити загальні наслідки аварії. Вирішуючи питання про рівень безпеки, необхідно брати до уваги як імовірність подій, так і повний опис потенційних наслідків.

Колективний ризик — це певне сполучення індивідуального ризику та кількості осіб, що зазнають цього ризику. Він є лише частиною суспільного ризику та, як і в разі індивідуального ризику, має доповнюватися іншими критеріями. Одним з перевірених методів представлення наслідків важких аварій є крива частоти аварій, кожна з яких викликає кількість смертей, що перевищує заявлену, — так звана крива $f-N$. Аналогічні криві можуть бути прогнозовані для нових станцій на основі результатів ймовірнісних оцінок безпеки.

В контексті потенційного опромінення важкість аварії має бути пов'язана з дією на здоров'я населення і масштабами втручання у суспільній сфері незалежно від ступеня пошкодження АЕС. Один з підходів полягає в обґрунтуванні визначення важкості аварії можливими масштабами та характером радіоактивних викидів, а отже — масштабами втручання, потрібного за таких аварій. Подібний підхід вже використовується як допоміжний засіб під час розгляду індивідуального ризику [10].

Оцінка ризику потенційного опромінення. Оцінка ризику потенційного опромінення для планування або оцінки захисних заходів звичайно базується на: а) побудові сценаріїв за послідовністю подій, що супроводжуються опроміненням; б) оцінці ймовірностей кожної з цих послідовностей; в) оцінці результуючої дози; г) оцінці збитку, спричиненого цією дозою; д) зіставленні результатів з деякими критеріями прийнятності; е) оптимізації захисту, яка може вимагати кілька повторень початкових кроків [1].

Для забезпечення захисту персоналу узагальнені оцінки ризику можуть бути зроблені на підставі узагальнення даних нормального професійного опромінення, а не за результатами більш детального дослідження конкретних виробничих операцій [10, 11]. Обмеження доз можуть сягати 5 мЗв по деяких окремих видах виробничої діяльності [8]. Тому, розглядаючи потенційне опромінення персоналу, МКРЗ продовжує рекомендувати узагальнений граничний ризик у $2 \cdot 10^{-4}$ на рік, що дорівнює ймовірності виникнення смертельного раку через опромінення персоналу граничною дозою 5 мЗв на рік [3]. Розглядаючи потенційне опромінення населення, МКРЗ, як і раніше, рекомендує граничний ризик $1 \cdot 10^{-5}$ на рік. Дозові критерії, запропоновані для оцінки потенційного опромінення, в такому разі повинні бути отримані, виходячи зі значень граничних ризиків, з урахуванням імовірності аварії [4].

Логічна структура аналізу. Найважливішою ідеєю в аналізі логічних структур є концепція успіху або відмови систем, підсистем та компонентів. У цьому контексті «успіх» означає адекватну роботу системи, підсистеми або компонента, за якої запланована ціль досягається в необхідний термін. «Відмова», з іншого боку, відповідає випадкам, коли поставлена мета не досягається. Система, підсистема або компонент може «спрацювати» або «відмовити» під час виклику іншою системою, підсистемою або компонентом.

Людський фактор. Людський фактор, як через помилку, так і за наказом, часто є найбільшим внеском у ймовірність потенційного опромінення. Частота, з якою персонал робить помилки, — з числа найбільш складно підраховуваних логічним і послідовним способом величин. Підрахунок помилок персоналу містить розпізнавання факторів, що

впливають на продуктивність: планування робочого простору, рівень освітленості, кількість шуму і відволікаючих чинників, рівень стресу, пов'язаного з роботою, попередні тренування тощо, які призводять до ситуацій, що викликають помилку. Поки значення 10^{-3} на подію розглядається як розумний вибір для частоти помилок персоналу в багатьох складних ситуаціях; воно може становити 10^{-2} на подію або вище, залежно від факторів, що впливають на продуктивність. Також допускається, що ймовірність повторюваної помилки персоналу зростає, якщо в перший раз ця помилка не спричиняє важких наслідків.

Ситуації аварійного опромінення. Навіть за умови того, що вже на стадії проектування вжито всіх допустимих заходів для зниження ймовірності та наслідків потенційного опромінення, таке опромінення слід розглядати в аспектах аварійної готовності та реагування [4]. У ситуаціях аварійного опромінення може статися опромінення осіб з населення або персоналу, а також забруднення довкілля [7]. Загальні принципи планування втручання у разі радіаційної аварійної ситуації встановлено МКРЗ в публікаціях 60 і 63 (ICRP, 1991b, 1992). Додаткові рекомендації наведено в публікаціях 86, 96, 97, і 98 (ICRP, 2000c, 2005a, 2005b, 2005c). Залишаючи загальні принципи і додаткові рекомендації слухними, МКРЗ доповнює їх рекомендаціями щодо впровадження захисних заходів на підставі недавніх розробок з аварійної готовності і досвіду, накопиченого з моменту публікації цих рекомендацій. МКРЗ представила значні рекомендації щодо зниження ймовірності потенційного опромінення і запобігання аваріям у публікаціях 76, 86, 97 і 98 (1997, 2000, 2005, 2005 pp.).

Регламентування потенційного опромінення в документах Російської Федерації

Норми радіаційної безпеки. У НРБ-99 [9] вказано, що для обґрунтування витрат на радіаційний захист під час реалізації принципу оптимізації приймається, що опромінення колективною ефективною дозою в 1 люд.Зв призводить до потенційної шкоди, що дорівнює втраті 1 люд.-року життя населення. Розмір грошового еквіваленту втрати 1 люд.-року життя населення встановлюється методичними вказівками федерального органу Держсанепідемнагляду в розмірі не менше одного річного подушного національного доходу.

Границя індивідуального довічного ризику в умовах нормальної експлуатації для техногенного опромінення персоналу протягом року береться округлено $1,0 \cdot 10^{-3}$, а для населення — $5,0 \cdot 10^{-5}$. Рівень нехтуваного ризику 10^{-6} розділяє зона оптимізації ризику та зона безумовно прийняттого ризику.

Особи, що піддавалися опроміненню з ефективною дозою, більшою за 100 мЗв протягом року, у подальшій роботі не повинні піддаватися опроміненню з дозою вищою за 20 мЗв на рік. Опромінення ефективною дозою вище ніж 200 мЗв протягом року має розглядатися як потенційно небезпечне. Осіб, що піддавалися такому опроміненню, потрібно терміново виводити з зони опромінення і направляти на медичне обстеження. Подальша робота з джерелами випромінювання цим особам може бути дозволена тільки в індивідуальному порядку за їх згодою рішенням компетентної медичної комісії.

У загальних положеннях НРБ-99/2009 [10] вказано, що для найбільш повної оцінки шкоди, яка може бути завдана здоров'ю внаслідок опромінення в невеликих дозах, визначається шкода, яка кількісно враховує як ефекти опромінення окремих органів та тканин тіла, що відрізняються

радіочутливістю до іонізуючого випромінювання, так і всього організму в цілому. Відповідно до загальноприйнятої в світі лінійної безпорогової теорії залежності ризику стохастичних ефектів від дози, величини ризику пропорційні дозі випромінювання та пов'язані з дозою через лінійні коефіцієнти радіаційного ризику.

Усереднений коефіцієнт ризику, за яким визначаються границі доз персоналу та населення, дорівнює $0,05 \text{ Зв}^{-1}$. В умовах нормальної експлуатації джерел іонізуючого випромінювання границі доз опромінення протягом року встановлюються виходячи зі значень індивідуального довічного ризику: для персоналу — $1,0 \cdot 10^{-3}$; для населення — $5,0 \cdot 10^{-5}$.

Рівень нехтувано малого ризику дорівнює 10^{-6} .

Обґрунтовуючи захист від джерел потенційного випромінювання протягом року, беруть такі граничні значення узагальненого ризику (добуток ймовірності події, що призводить до опромінення, і ймовірності смерті, яка пов'язана з опроміненням): персонал — $2,0 \cdot 10^{-4} \text{ рік}^{-1}$; населення — $1,0 \cdot 10^{-5} \text{ рік}^{-1}$.

Отже, обмеження узагальненого ризику в НРБ-99/2009 має достатній складний характер. При цьому ймовірність смерті, спричиненої опроміненням, визначається не тільки дозиметричними характеристиками, але й національними демографічними даними.

Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки та методичні вказівки. У документі ОСПОРБ 99/2010 [11] радіаційну безпеку персоналу та населення від джерел потенційного опромінення забезпечено завдяки застосуванню технічних заходів зі зниження ймовірності подій, внаслідок яких можуть бути перевищені граничні значення узагальненого ризику, що встановлені в НРБ-99/2009 [10], а також заходів з мінімізації наслідків радіаційної аварії.

У додатку до [11] наведено інформацію щодо практичної реалізації основних принципів радіаційної безпеки: принципу обґрунтування та принципу оптимізації. Вони мають здійснюватися за спеціальними методичними вказівками [12], що затверджуються федеральними органами державного нагляду за радіаційною безпекою.

Методичні вказівки [12] встановлюють порядок реалізації положень розділу 3.1 ОСПОРБ 99 [11], згідно з яким радіаційні об'єкти діляться на чотири категорії потенційної радіаційної небезпеки.

Встановлюючи категорію радіаційного об'єкта для визначення масштабів можливого аварійного радіаційного впливу на різні категорії осіб, що опромінюються, використовують такі рівні (гігієнічні критерії) ефективних доз потенційного опромінення: для персоналу групи А — 20 мЗв ; для персоналу групи Б — 5 мЗв ; для населення — 1 мЗв .

Визначаючи категорію потенційної небезпеки радіаційного об'єкта, враховують потенційне опромінення в різних просторових зонах тільки тих категорій осіб, знаходження яких в них можливе.

Національний досвід регламентування потенційного опромінення

Норми радіаційної безпеки України. «Норми радіаційної безпеки України» (НРБУ-97) [13] є основним документом, що встановлює систему радіаційно-гігієнічних регламентів для забезпечення прийнятних рівнів опромінення як для окремої людини, так і для суспільства в цілому. Норми радіаційної безпеки містять чотири групи радіаційно-гігієнічних регламентованих величин і встановлюють три категорії осіб, які зазнають опромінювання. В документі

наведено перелік основних регламентованих величин, радіаційно-гігієнічні регламенти для кожної з вказаних вище груп, описано звільнення практичної діяльності чи джерел іонізуючого випромінювання від регулюючого контролю, а також наведено додатковий матеріал.

«Радіаційний захист від джерел потенційного опромінення» [14] доповнює та розширює сферу дії [13], охоплюючи систему радіаційно-гігієнічного регламентування джерела потенційного опромінення. Таким чином, збережено спадкоємність і загальну логічну структуру гігієнічного нормування в галузі радіаційної гігієни. Відповідно до цього встановлено і повну назву першого документа: «Норми радіаційної безпеки України; доповнення: «Радіаційний захист від джерел потенційного опромінення» (або у формі абревіатури: «НРБУ-97/Д-2000»).

У даний документ введено такі нові положення:

концепцію потенційного опромінення;

чотири групи джерел потенційного опромінення;

систему регламентів, що містить референтні рівні доз і ризиків потенційного опромінення, а також референтні ймовірності критичних подій;

класифікацію радіоактивних відходів, яка відповідає вимогам Закону України «Про поводження з радіоактивними відходами» від 1995 р.

НРБУ-97/Д-2000 [13] вводить величину узагальненого ризику (далі — ризик) як міру шкоди для здоров'я людини, що опинилася у сфері впливу опромінення, яке підлягає обмеженню. Такий ризик визначається добутком двох величин: ймовірності опромінення в одиницю часу (рік) на ймовірність реалізації радіологічних (стохастичних, детерміністичних, гострих клінічних) наслідків для здоров'я осіб, які стали об'єктами цього опромінення.

На стадії проектування системи протирадіаційного захисту принципи неперевищення й оптимізації реалізуються так, щоб пов'язана з потенційним опроміненням шкода, виражена в одиницях ризику, не перевищувала встановлених даним документом рівнів референтних ризиків і була настільки, наскільки це може бути досягнуто, нижчою за них.

Встановлено числові значення референтних ризиків потенційного опромінення, які не перевищують рівнів прийнятності, а також враховують гетерогенність розподілу індивідуальних доз у працівників: для персоналу — $2 \cdot 10^{-4} \text{ рік}^{-1}$; для населення — $5 \cdot 10^{-5} \text{ рік}^{-1}$.

Якщо ризики нижчі за $5 \cdot 10^{-7} \text{ рік}^{-1}$, то відповідні цим ризикам рівні опромінення не беруться до уваги, а вказане граничне значення ризику визначається як «ризик, що ігнорується».

Для практичного застосування встановлено референтні ймовірності критичних подій, пов'язаних з джерелами потенційного опромінення першої групи (табл. 1 та 2).

Таблиця 1. Референтні ймовірності критичних подій, які супроводжуються реалізацією потенційного опромінення населення від джерел першої групи [14]

Інтервал ефективних доз потенційного опромінення, мЗв на подію	Референтна ймовірність, рік^{-1}
Не перевищує 50	$1 \cdot 10^{-2}$
Вище 50*	$2 \cdot 10^{-5}$

* Ймовірність подій, внаслідок яких за короткий час можуть реалізуватися летальні дози опромінення, не повинна перевищувати $5 \cdot 10^{-7} \text{ рік}^{-1}$.

Таблиця 2. Референтні ймовірності критичних подій, які супроводжуються реалізацією потенційного опромінення персоналу від джерел першої групи [14]

Інтервал доз потенційного опромінення		Референтна ймовірність, рік ⁻¹
Ефективна доза, мЗв на подію	Не перевищує 100	$1 \cdot 10^{-2}$
	Вище 100	$2 \cdot 10^{-4}$
Еквівалентна доза, мЗв на подію	150–500	$2 \cdot 10^{-4}$
Поглинута доза, мГр на подію	Вище 1000	$5 \cdot 10^{-7}$

Ймовірність критичних подій, пов'язаних з ризиками потенційного опромінення пацієнтів від медичних джерел, а також система регламентів, що обмежує і ці ризики, і дози подібного опромінення, визначається спеціальним документом, що розроблюється та затверджується Міністерством охорони здоров'я України.

Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України. Дія «Основних санітарних правил забезпечення радіаційної безпеки України» [15] (далі — Правила) поширюється на всі види виробничої діяльності, а також на всі ситуації втручання, в умовах яких відбувається чи може відбуватися опромінення людини на виробництві та/або в побуті будь-якими джерелами природного та/або штучного походження.

На стадії планування та проектування будь-які ДІВ мають розглядатися як поточно опромінюючі джерела та потенційно опромінюючі джерела.

У документі сказано, що потенційне опромінення персоналу та населення розглядається при проектуванні практичної діяльності і реалізується безпосередньо після деякої, не запланованої нормальним технологічним процесом, критичної події; ймовірність його виникнення не перевищує $1 \cdot 10^{-2}$ рік⁻¹.

Технічні вимоги нормативної бази України щодо запобігання аварійним ситуаціям, які стосуються надійності систем і елементів, та їх адекватність регламентам із захисту від потенційного опромінення

Документи [16–25] розглянуто в контексті радіаційної безпеки. Після аналізу технічних вимог нормативної бази України можна зробити висновок про те, що тільки у [24] вимоги до радіаційної безпеки та протирадіаційний захист персоналу й населення під час практичної діяльності за умови критичних подій базуються на принципах виправданості, неперевищення та оптимізації (відповідно до НРБУ-97 та НРБУ-97/Д-2000). В нормативних документах України з проектування ядерно небезпечних об'єктів не закладено методик розрахунку ризиків потенційного опромінення. Причиною є те, що документи [16–25] були видані здебільшого за радянських часів і не містять інформації щодо потенційного опромінення, тому враховують захист лише від поточного.

Отже, технічні вимоги нормативної бази України щодо запобігання аварійним ситуаціям та аваріям цілком або частково не відповідають регламентам із захисту від потенційного опромінення.

Висновки

Проаналізовано сучасні тенденції методик розрахунків потенційного опромінення, накопичених світовим співтовариством у галузі радіаційного захисту від потенційного опромінення (зокрема при поводженні з радіоактивними відходами), узагальнених у публікаціях МКРЗ (46, 60, 64, 76, 103, 104), МАГАТЕ, директивах Євратому, матеріалах НКРЗ США та документах Російської Федерації [1–12]. З аналізу випливає, що оптимізація захисту від потенційного опромінення на сьогодні є невирішеною проблемою.

Аналіз технічних вимог нормативної бази України привів до висновку, що документи [16–25] стосовно запобігання аварійним ситуаціям та аваріям цілком або частково не відповідають регламентам щодо захисту від потенційного опромінення [14]. У ці документи, що видані здебільшого за радянських часів, не закладено ні методики розрахунку ризиків потенційного опромінення, ні поняття потенційного опромінення, а враховується лише захист від поточного опромінення. Проте вивчення проблеми потенційного опромінення широко розповсюджене в світі [1–12]. Публікації МКРЗ, МАГАТЕ, директиви Євратому та матеріали НКРЗ США [1–8] носять лише рекомендаційний характер, але містять інформацію щодо потенційного опромінення, врахування якого є вкрай важливим у проектуванні й експлуатації ядерно небезпечних об'єктів.

Отже, існує необхідність гармонізації української нормативної бази в аспекті адекватності технічних вимог регламентам потенційного опромінення. В подальшому планується виконати розробку методики розрахунку ризиків потенційного опромінення та, на її основі, розробку організаційних і технічних методів, які будуть впроваджені на об'єктах з радіаційними технологіями для дотримання радіаційно-гігієнічних регламентів та зниження ризиків потенційного опромінення до рівня, що досягається в розумних межах. До того ж планується проаналізувати заходи безпеки з використанням розроблених методів для окремих об'єктів з радіаційними технологіями, що впроваджуються на цих об'єктах, і розробити рекомендації щодо удосконалення цих заходів та впровадження на відповідних об'єктах.

Список літератури

1. ICPR Publication 60. Radiation protection 1990: Recommendations of the International Commission on Radiological Protection (ICRP). — New York: Pergamon Press, 1991. — 197 p.
2. ICPR Publication 64. Protection from potential exposure: a conceptual framework. — Oxford: Pergamon Press, 1993. — 20 p.
3. ICPR Publication 76. Protection from potential exposure: Application to Selected Radidtion Source. — Oxford: Pergamon Press, 1997. — 60 p.
4. ICPR Publication 103. The 2007 Recommendations of the international commission on radiological protection. — Elsevier, 2007. — 246 p.
5. INSAG Series No.9. Potential Exposure in Nuclear Safety. A report by the the International Nuclear Safety Advisory Group. INSAG. — Vienna: IAEA, 1995. — 35 p.
6. IAEA Safety Series 104. Extension of the principles of radiation protection to sources of potential exposure, safety report. — Vienna: IAEA, 1990. — 31 p.
7. NEA OCDE/GD 1995. The Meaning and Application of the Concept of Potential Exposure. A report from the CRPPH/CSNI/CNRA/RWMC Expert Group. — Paris: NEA, 1995. — 20 p.
8. UNSCEAR 2006. Sources and effects of ionizing radiation. UNSCEAR 2006 Report to the General Assambley with Scientific Annexes. — New York: V. I., 2008. — 334 p.

9. СП 2.6.1-758-99. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99): Гигиенические нормативы. — М.: Центр сан.-эпид. нормирования, гиги. сертификации и экспертизы Минздрава России, 1999. — 116 с.

10. СанПиН 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009): Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. — М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009.

11. СП 2.6.1.2612-10. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010): Санитарные правила. — М.: Центр сан.-эпид. нормирования, гиги. сертификации и экспертизы Минздрава России, 2010.

12. МУ 2.6.1.2005-05. Ионизирующее излучение, радиационная безопасность. Методические указания. Установление категории потенциальной опасности радиационного объекта. — М.: Центр сан.-эпид. нормирования, гиги. сертификации и экспертизы Минздрава России, 2005.

13. Норми радіаційної безпеки України. Державні гігієнічні нормативи (НРБУ-97). — К.: МОЗ України, 1997. — 127 с.

14. Норми радіаційної безпеки України. Доповнення: Радіаційний захист від джерел потенційного опромінення (НРБУ-97/Д-2000). — К.: МОЗ України, 2000. — 80 с.

15. Основные санитарные правила противорадиационной защиты Украины (ОСПУ). — К., 2005.

16. Нормы строительного проектирования АС с реакторами различного типа. Правила и нормы в атомной энергетике (ПиН АЭ-5.6). — Утвержд. МАЭ СССР от 29.12.86.

17. Нормы проектирования сейсмостойких атомных станций (ПНАЭ Г-5-006-87). — Утвержд. ГАЭН СССР от 30.12.87 16.

18. Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок (ПНАЭ Г-7-008-89). — Утвержд. ГАЭН СССР от 1989 г.

19. Нормы проектирования железобетонных сооружений локализирующих систем безопасности атомных станций (ПНАЭ Г-10-007-89), утвержденные ГПАН СССР от 25.10.89.

20. Правила безопасности при хранении и транспортировке ядерного топлива на объектах атомной энергетики (ПНАЭ Г-14-029-91). — Утвержд. ГПАН СССР от 31.10.91 № 12.

21. Загальні положення безпеки атомних станцій (НП 306.2.141-2008). — Затвердж. наказом Держатомрегулювання від 19.11.2007 № 162, зареєстр. в Мін'юсті 25.01.2008 за № 56/14747.

22. Правила ядерної безпеки реакторних установок атомних станцій з реакторами з водою під тиском (НП 306.2.145-2008). — Затвердж. наказом Держатомрегулювання від 15.04.2008 № 73, зареєстр. в НАЕК 01.08.2008 за № 761.

23. Вимоги з ядерної та радіаційної безпеки до інформаційних і керуючих систем, важливих для безпеки атомних станцій (НП 306.5.02/3.035-2000). — Затвердж. наказом Держатомрегулювання від 28.03.2000 № 19, зареєстр. в НАЕК 01.08.2008 за № 761.

24. Основні положення забезпечення безпеки проміжних сховищ відпрацьованого ядерного палива сухого типу (НП 306.2.105-2004). — Затвердж. наказом Держатомрегулювання від 29.12.04 № 198, зареєстр. в в Мін'юсті 17.01.05 № 49/10329 та НАЕК 22.04.05 за № 316 р.

25. Правила ядерної та радіаційної безпеки при перевезенні радіоактивних матеріалів (ПБПРМ-2006), (НП 306.6.124-2006). — Затвердж. наказом Держатомрегулювання від 30.08.06 № 132, зареєстр. Мін'юстом 18.09.2006 за № 1056/12930.

Надійшла до редакції 20.05.2011.