

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

(повне найменування вищого навчального закладу)

ФАКУЛЬТЕТ ОПЕРАТИВНО-РЯТУВАЛЬНИХ СИЛ

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

КАФЕДРА «СПЕЦІАЛЬНОЇ ХІМІЇ ТА ХІМІЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ»

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти

на тему: «Розробка оперативно - організаційних заходів радіаційного захисту на Запорізькій АЕС»

Виконала: здобувач вищої освіти 4 курсу за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти,

групи ХТк-20-245

галузі знань (освітньо-професійної програми)

16 «Хімічна інженерія та біоінженерія»,
(«Радіаційний та хімічний захист»)

Юлія КУЛИНИЧ

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник: Марина ЧИРКІНА-ХАРЛАМОВА

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Рецензент: Дмитро ТАРАДУДА

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИНАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ**

Факультет(підрозділ) оперативно-рятувальних сил
Кафедра спеціальної хімії та хімічної технології
Галузь знань 16 «Хімічна інженерія та біоінженерія»
Спеціальність 161 «Хімічні технології та інженерія»
(назва)
Освітньо-професійна програма «Радіаційний та хімічний захист»
(назва)
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Начальник кафедри спеціальної
хімії та хімічної технології
Євген СЛЕПУЖНИКОВ
« » 20 року

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Кулинич Юлії Вікторівни
(прізвище, ім'я, по батькові)

- Тема роботи: «Розробка оперативно- організаційних заходів радіаційного захисту на Запорізькій АЕС»
Керівник роботи: Чиркіна-Харламова Марина Анатоліївна, кандидат технічних наук, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затвержені наказом НУЦЗ України від «31» січня 2024 року №20
- Строк подання здобувачем вищої освіти роботи: 04 квітня 2024 року.
- Вихідні дані до роботи: відстань об'єкта господарювання від АЕС R=10км, тип реактора ВВЕР-1000, швидкість вітру $V_v=1$ м/с від АЕС, напрямок - на об'єкт, рівень радіації на об'єкті на початку його зараження $P_{п}=6$ р/год, доза радіації, що установлюється на одну робочу зміну $D_v=2$ р, тривалість робочої зміни $tr=8$ год, коефіцієнт ослаблення радіаційного випромінювання будівлею, де працюють люди $K_{осл.буд}=5$.
- Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): загальні характеристики надзвичайних ситуацій за останні роки, загрози на радіаційно-небезпечних об'єктах, розробка плану локалізації та ліквідації умовної аварії, охорона праці.
- Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): мультимедійні слайди в кількості 19 шт.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
4	Мінська Н.В, доцент кафедри	31.01.2024	02.03.2024

7. Дата видачі завдання 31.01.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання кваліфікаційної роботи	31.01.2024	
2	Підбір джерел інформації, обґрунтування тематики	08.02.2024	
3	Складання плану кваліфікаційної роботи	12.02.2024	
4	Загальні характеристики надзвичайних ситуацій за останні роки	22.02.2024	
5	Загрози на радіаційно-небезпечних об'єктах	29.02.2024	
6	Розробка плану локалізації та ліквідації умовної аварії	07.03.2024	
7	Розробка питання з охорони праці	14.03.2024	
8	Оформлення пояснювальної записки	21.03.2024	
9	Подання кваліфікаційної роботи на рецензування	28.03.2024	
10	Подання кваліфікаційної роботи на передзахист	04.04.2024	
11	Подання кваліфікаційної роботи до захисту	08.04.2024	
12	Захист кваліфікаційної роботи	10.04.2024	

**Завдання одержав
здобувач вищої освіти**

_____ (підпис)

Юлія КУЛИНИЧ
_____ (Власне ім'я ПРІЗВИЩЕ)

**Завдання надав
керівник роботи**

_____ (підпис)

Марина ЧИРКІНА-ХАРЛАМОВА
_____ (Власне ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Звіт про КР: 56 с., 21 рис., 4 табл., 19 джерел, 1 додаток.

Ключові слова: аварійна ситуація, атомні електростанції, Запорізька АЕС, оперативно-організаційні заходи, радіаційна аварія, радіаційний захист.

Об'єкт досліджень: оперативно-організаційні заходи ліквідації умовної радіаційної аварії на Запорізькій АЕС.

Мета роботи: розробка комплексу оперативно-організаційних заходів, спрямованих на забезпечення радіаційного захисту персоналу та населення у разі аварійної ситуації на Запорізькій АЕС.

Стислий зміст роботи та висновки:

Проведено аналіз надзвичайних ситуацій в Україні за останні роки. Проаналізовано загрози на радіаційно-небезпечних об'єктах, механізми та принцип роботи атомних електростанцій та виявлено причини аварій на атомних електростанціях. Проаналізовано сучасний стан на Запорізькій АЕС та проведено огляд наслідків при можливій потенційній умовній аварії.

В роботі було проведено розрахунок ризику ураження населення при умовній аварії на ЗАЕС. Рекомендовані заходи щодо ліквідації умовної аварії. В розділі «Охорона праці» визначено небезпечні та шкідливі виробничі фактори на Запорізькій АЕС та засоби захисту в галузі радіаційного опромінення.

Область використання: розробка оперативно - організаційних заходів радіаційного захисту на радіаційно-небезпечних об'єктах.

ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень та основні визначення	7
ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ЗА ОСТАННІ РОКИ	9
1.1 Статистика надзвичайних ситуацій за останні роки	9
1.2. Загальна характеристика атомних станцій	12
1.3. Огляд радіаційних аварій на атомних електростанціях	14
РОЗДІЛ 2. ЗАГРОЗИ НА РАДІАЦІЙНО-НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТАХ	21
2.1. Характеристика загроз на радіаційно-ядерних об'єктах	21
2.2. Механізми та принцип роботи атомних електростанцій	24
2.3. Аналіз та причини аварій на атомних електростанціях	27
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ПЛАНУ ЛОКАЛІЗАЦІЇ ТА ЛІКВІДАЦІЇ УМОВНОЇ АВАРІЇ	29
3.1. Загальна характеристика Запорізької АЕС	29
3.2. Сучасний стан на Запорізькій АЕС	33
3.3. Огляд наслідків при потенційній аварії на ЗАЕС	34
3.4. Розрахунок ризику ураження населення при умовній аварії на ЗАЕС	37
3.5. Висновки з розділу	40
3.6. Рекомендації щодо ліквідації умовної аварії	41
4. ОХОРОНА ПРАЦІ	43
ВИСНОВКИ	51
ЛІТЕРАТУРА	53
ДОДАТОК	55

№ док.				НУЦЗУ.2.16-065.СХ та ХТ РПЗ-01			
Изм.	Лист	Підпис	Дата				
Розроб..	Кулинич Ю.В.			Розробка оперативно – організаційних заходів радіаційного захисту на Запорізькій АЕС	Лім.	Лист	Листів
Перев.	Чиркіна-Харламова М.А.					5	56
Н. Контр.	Скородумова О.Б				ХТк-20-245		
Затвердив	Слепужніков Є.Д.						

Перелік умовних скорочень та основні визначення

АЕС - атомна електростанція.

ВВЕР – водо-водяний енергетичний реактор.

МАГАТЕ – міжнародне агенство з атомної енергії.

НС – надзвичайні ситуації.

РВПК – Реактор великої потужності канальний.

РНО – радіаційно-небезпечні об'єкти.

ССВЯП – сухе сховище відпрацьованого ядерного палива.

СВЯП – сховище відпрацьованого ядерного палива.

ЧАЕС – Чорнобильська атомна електростанція.

					НУЦЗУ.2.16-065.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

ВСТУП

Україна входить до десятки країн з найбільш розвинутою атомною енергетикою. За кількістю ядерних енергетичних реакторів наша країна посідає 9 місце у світі та 3 в Європі. Нині в Україні діє чотири атомні електростанції – Запорізька, Хмельницька, Рівненська та Південно-Українська, понад 8000 підприємств і організацій, які використовують у виробництві, науково-дослідній роботі та медичній практиці різноманітні радіоактивні речовини, а також зберігають і переробляють радіоактивні відходи. На діючих АЕС працює 15 ядерних енергетичних установок, з яких 12 працюють понад 30 років, із загальною встановленою потужністю 13835 МВт, одна з яких - Запорізька АЕС є найбільшою в Європі. У 2024 році в Україні діють три АЕС. Чорнобильська АЕС не входить до списку діючих АЕС, оскільки вона має статус державного підприємства та виведена зі складу ДП «НАЕК «Енергоатом»

Хімічні підприємства, атомні електростанції (АЕС), нафтопереробні заводи та інші потенційно небезпечні об'єкти у разі їх часткового або повного руйнування становлять значну небезпеку для життєдіяльності людей у районі розташування.

Запорізька АЕС – одна з найпотужніших атомних електростанцій в Європі. Експлуатація атомних об'єктів завжди пов'язана з певними ризиками, тому забезпечення радіаційного захисту персоналу та населення є надзвичайно важливим завданням. Міжнародне агентство з атомної енергії (МАГАТЕ) неодноразово робили акцент щодо безпеки на АЕС за рахунок потенційної радіаційної аварії. Атомна електростанція неодноразово потрапляла під вогонь, відколи Росія почала повномасштабне вторгнення до України 24 лютого 2022 року та незабаром захопила це підприємство. Спеціалісти МАГАТЕ зазначають, що нещодавно станція знову зазнала знеструмлення, а це викликає занепокоєння щодо питання радіаційної безпеки, так як може привести до потенційної радіаційної аварії. Отже, розробка оперативно - організаційних заходів радіаційного захисту на Запорізькій АЕС є актуальним напрямком.

					НУЦЗУ.2.16-065.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

Розділ 1. ЗАГАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ЗА ОСТАННІ РОКИ

1.1 Статистика надзвичайних ситуацій за останні роки

Державна служба України з надзвичайних ситуацій є центральним органом виконавчої влади, діяльність якого спрямовується і координується Кабінетом Міністрів України через Міністра внутрішніх справ України, і який реалізує державну політику у сфері цивільного захисту, захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій та запобігання їх виникненню, ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, рятувальної справи, гасіння пожеж, пожежної та техногенної безпеки, діяльності аварійно-рятувальних служб, а також гідрометеорологічної діяльності [1].

Основні зусилля ДСНС у 2022 році були зосереджені на ліквідації наслідків збройної агресії росії проти України та наданню допомоги населенню; здійсненні заходів щодо евакуації населення з районів ведення бойових дій та надання психологічної допомоги постраждалим; гасіння пожеж, розбору завалів зруйнованих будинків та рятування людей; забезпечення нормальних умов життєдіяльності населення; реалізації комплексу заходів протимінної діяльності.

У 2022 році органи та підрозділи ДСНС оперативно відреагували на 66 класифікованих надзвичайних ситуацій. З них 2-на державному рівні, 32-на місцевому та 32-на об'єктовому рівні, як зазначено на рис. 1.1 [1].

Дані про надзвичайні ситуації	2021 рік	2022 рік	Зменшення (збільшення), у відсотках
Загальна кількість НС:	124	66	46,8 ↓
<i>з них за характером походження:</i>			
Техногенного характеру	53	33	37,7 ↓
Природного характеру	65	30	37,7 ↓
Соціального характеру	6	2	53,8 ↓
Воєнного характеру	0	1	збільшення
<i>з них за рівнями:</i>			
Державного рівня	3	2	33,3 ↓
Регіонального рівня	5	0	100,0 ↓
Місцевого рівня	53	32	39,6 ↓
Об'єктового рівня	63	32	49,2 ↓
Загинуло людей внаслідок НС	148	7004	у 47,3 раза ↑
Постраждало людей внаслідок НС	545	11072	у 20,3 раза ↑

Рис. 1.1. Кількісні показники НС, що виникли у 2022 році, порівняно із 2021 роком

На рис. 1.2. наведено розподіл кількості надзвичайних ситуацій, що виникли в регіонах України у 2022 році.

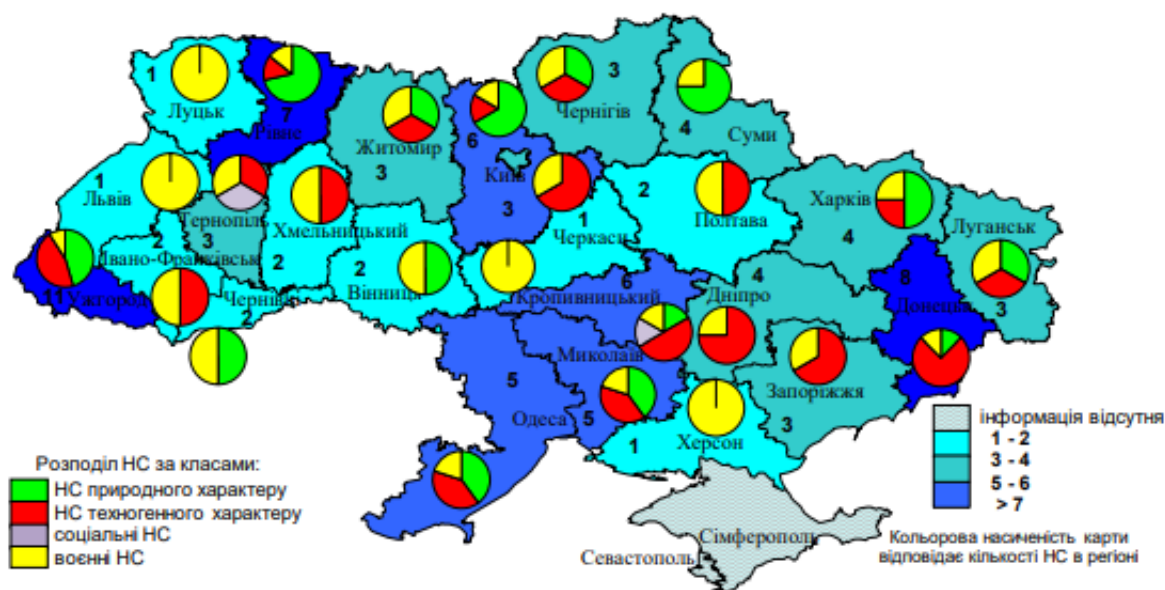


Рис. 1.2. Розподіл кількості надзвичайних ситуацій, що виникли в регіонах України у 2022 році

У регіональному розрізі найбільшу кількість НС зареєстровано на території Закарпатської (11 НС), Донецької (8 НС) та Рівненської (7 НС) областей, по 6 НС виникло у Київській та Кіровоградській областях, по 5 НС зареєстровано у Миколаївській та Одеській областях, по 4 НС – у Дніпропетровській, Сумській та Харківській областях. По три НС зареєстровано у Житомирській, Запорізькій, Луганській, Тернопільській, Чернігівській областях та місті Києві, в інших регіонах зареєстровано по одній-дві НС [1].

1.2. Загальна характеристика атомних станцій

Атомна енергетика України бере свій початок з 1977 року, коли було введено в експлуатацію перший енергоблок Чорнобильської АЕС. Відповідно до планів розвитку атомної енергетики в колишньому Радянському Союзі на території України мало бути споруджено 9 атомних електростанцій. За період з 1977 по 1989 рік планувалося ввести в експлуатацію 16 енергоблоків загальною потужністю 14800 МВт на 5 атомних станціях: Запорізькій, Рівненській,

Хмельницькій, Чорнобильській, Південоукраїнській, які приведені на рис. 1.3.[2].



Рис.1.3. Карта АЕС України

Зростаюча потреба в електроенергії сприяла швидкому будівництву атомних енергоблоків: на час техногенної аварії на четвертому енергоблоці Чорнобильської АЕС у квітні 1986 році в Україні перебувало в експлуатації 10 енергоблоків, 8 з яких потужністю 1000 МВт (чотири ВВЕР-1000 та чотири РВПК-1000). З 1986 року і до 1990 року було введено в експлуатацію ще 6 атомних енергоблоків потужністю 1000 МВт кожний: три на Запорізькій АЕС й по одному на Південоукраїнській, Рівненській та Хмельницькій АЕС. Проте після аварії на Чорнобильській АЕС, у серпні 1990 року Верховна Рада України оголосила мораторій на спорудження і введення в експлуатацію нових атомних енергоблоків, в результаті чого будівництво нових енергоблоків Хмельницької, Запорізької і Рівненської АЕС було призупинене.

Після скасування Верховною Радою України мораторію постали питання, пов'язані з відновленням і реконструкцією недобудованих енергоблоків. Спорудження і введення були необхідні насамперед для компенсації

					НУЦЗУ.2.16-065.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

потужностей енергоблоків, що відробили свій ресурс, заміни блоків, що не задовольняють сучасним вимогам безпеки [3].

У 1993 році були відновлені роботи на 6-му блоці Запорізької АЕС, 4-му блоці Рівненської та 2-му – Хмельницької АЕС.

У жовтні 1995 року відбувся енергетичний пуск 6-го блоку Запорізької АЕС. Запорізька атомна станція із встановленою потужністю 6 млн кВт стала найбільшою в Європі.

17 жовтня 1996 року постановою Кабінету Міністрів України №1268 було створено державне підприємство «Національна атомна енергогенеруюча компанія «Енергоатом» [4].

Чорнобильська АЕС — перша українська атомна електростанція, експлуатацію якої припинено до закінчення проектного ресурсу. Нині три блоки станції з реакторами РБМК-1000 перебувають на етапі зняття з експлуатації, зокрема, 2-й енергоблок – з 1991 року після пожежі у машинному залі, 1-й енергоблок – з 1996 року за рішенням українського Уряду, 3-й блок зупинено наприкінці 2000 року.

Постановою Кабінету Міністрів України № 399 від 25 квітня 2001 року Чорнобильську АЕС виведено зі складу НАЕК «Енергоатом» [4]. Їй надано статус державного спеціалізованого підприємства.

Протягом тривалого періоду атомна енергетика забезпечує значну частку загального виробництва електроенергії в Україні (до 60%).

На сьогодні для всіх енергоблоків України виконано аналіз безпеки енергоблоків, що діють. Результати проведеного аналізу свідчать:

- енергоблоки експлуатуються безпечно із допустимим рівнем ризиків. Вимоги щодо забезпечення безпеки реакторних установок, передбачені проектом, науково-технічною документацією та міжнародною практикою, виконуються у достатньому обсязі;
- виявлені дефіцити безпеки та відхилення від вимог нормативних документів дозволяють експлуатувати енергоблоки в проектних рамках та не вимагають зупинення енергоблоків для їх усунення.

								Лист
								11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	НУЦЗУ.2.16-065.СХ та ХТ.РПЗ.01			

1.3. Огляд радіаційних аварій на атомних електростанціях

Історія радіаційних аварій на АЕС є довгою і трагічною. З моменту початку експлуатації атомних електростанцій у 1950-х роках було повідомлено про кілька серйозних аварій, які призвели до викидів радіоактивних речовин у навколишнє середовище.

Радіаційна аварія - це незапланована небезпечна подія на будь-якому об'єкті з радіаційною чи радіаційно-ядерною технологією, при виникненні якої виконуються дві необхідні та достатні умови [5]: а) втрата регулюючого контролю над джерелом; б) реальне (або потенційне) опромінення людей, пов'язане з втратою регулюючого контролю над джерелом. Під визначення радіаційної аварії підпадає широкий спектр таких подій, як розгерметизація, крадіжка чи втрата закритих ДІВ. Будь-яка незапланована подія, яка відповідає вищезазначеним умовам і виникла на енергетичному, транспортно-енергетичному, дослідницькому чи промисловому атомному реакторі, кваліфікується як радіаційна аварія незалежно від причин і масштабів. У разі радіаційної аварії на місцевості можуть утворюватися сліди радіоактивного забруднення. Радіаційна аварія може відбутися при перевезенні радіоізотопних спеціальних вантажів, при цьому можливі токсичні ефекти в результаті впливу радіоактивних речовин з токсичними властивостями. Радіаційно-ядерна аварія - будь-яка незапланована небезпечна подія на об'єкті з радіаційно-ядерною технологією яка відбувається з одночасною втратою контролю над ланцюговою ядерною реакцією і виникненням реальної чи потенційної загрози спонтанної ланцюгової реакції. Але радіаційна аварія на ядерному реакторі не завжди пов'язана з втратою контролю над ланцюговою ядерною реакцією [5].

Історія радіаційних аварій на АЕС починається з 12 грудня 1952 року вона увійшла в історію, як дата першої в світі серйозної аварії на атомній електростанції. Причиною стала помилка технічного характеру, яку допустив персонал АЕС Чолк - Рівер в штаті Онтаріо (Канада). Стався перегрів і часткове розплавлення активної зони. Земля неподалік від річки Оттава, ввібрала в себе близько 3800 куб м радіоактивно забрудненої води. Цікаво, що у складі команди, що займалася екологічним очищенням території станції, працював майбутній

					НУЦЗУ.2.16-065.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

президент США Джиммі Картер, тоді інженер-ядерник військово-морського флоту [6]



Рис. 1.4 Аварія на Чолк - Рівер в штаті Онтаріо (Канада).

10 жовтня 1957 року сталася велика аварія на АЕС Віндскейл-Пайл (Великобританія). Це сталось через помилку, допущену при експлуатації одного з двох реакторів з напрацювання збройового плутонію, різко збільшилася температура палива в реакторі. Виникла пожежа в активній зоні, що тривала чотири доби. Під час пожежі згоріло 11 тонн урану. Радіоактивна хмара дійшла до території Німеччини, Данії, Бельгії та Норвегії [6].



Рис. 1.5. Аварія на АЕС Віндскейл-Пайл (Великобританія)

У 1969 році сталася аварія на АЕС Святий Лаврентій у Франції. Через неуважність оператора нічної зміни, був неправильно завантажений паливний канал, що призвело до вибуху запущеного реактора, потужністю 500 мВт. Як

					НУЦЗУ.2.16-065.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

наслідок - елементи перегрілися і розплавився, близько 50 кг рідкого палива витекло назовні [6].

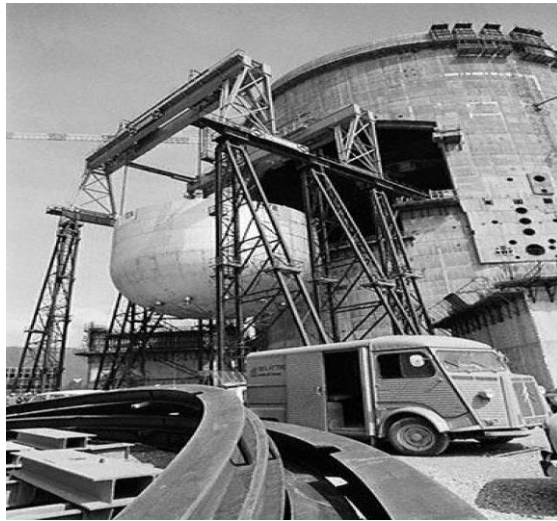


Рис.. 1.6. Аварія на АЕС Святий Лаврентій у Франції

\$10 млн коштувала пожежа на реакторі Браунс Феррі в Алабамі (США), яка сталася 22 березня 1975 року. Робітник із запаленою свічкою в руках вирішив владнати потрапляння повітря в бетонній стіні. Завдяки протягу вогонь поширився через кабельний канал. Ця пригода на цілий рік вивела АЕС з ладу [6].



Рис. 1.7. Пожежа на реакторі Браунс Феррі в Алабамі (США)

Аварія яка відбулась в 1979 році на атомній електростанції Айленд стала наймасштабнішою в історії США. З вини грубих помилок операторів і серії збоїв

					НУЦЗУ.2.16-065.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

у роботі обладнання, активна зона другого енергоблоку АЕС була розплавлена на 53%. З постраждалого району було евакуйовано 200 тис. людей. Крім того, в атмосферу було викинуто інертні радіоактивні гази - йод і ксенон. У річку Сукуахана потрапило 185 куб м радіоактивної води [6].



Рис. 1.8. Аварія на АЕС Айленд (США)

Але найбільша ядерна аварія за всю історію людства сталася в ніч з 25 на 26 квітня 1986 року. На четвертому блоці Чорнобильської АЕС частково була зруйнована активна зона реактора. Внаслідок аварії населення Чорнобиля відчувало на собі опромінення в 90 разів більше, ніж бомба, що впала на Хіросіму. Загальна площа забруднення становить 160 тис кв км [6].



Рис. 1.9. Аварія на АЕС Чорнобиль (Україна)

Найбільша ядерна аварія в історії Японії сталася 30 вересня 1999 року. Через помилку персоналу на заводі, який спеціалізується на виготовленні палива

для АЕС в містечку Токаймура почалася неконтрольована ланцюгова реакція, що тривала 17 годин. Дозу, що перевищує щорічно допустимий рівень, отримали 119 осіб. Всього було опромінено 439 робітників. З трьох людей, які отримали критичну дозу, двоє померли [6].



Рис. 1.10. Аварія на ядерному об'єкті Токаймура

9 серпня 2004 року в 320 км на захід Токіо, на острові Хонсю сталася аварія на АЕС Міхама. Надпотужний викид розпеченої пари (близько 200 С) стався в турбіні третього реактора. Сильні опіки отримали всі співробітники, які були поруч. У момент аварії близько 200 чоловік знаходилося в будівлі, де розташований третій реактор. Загинули 4 людини, постраждали ще 18 співробітників. За кількістю жертв, ця аварія стала найсерйознішою в Японії [6].



Рис. 1.11. Аварія на АЕС «Міхама»

					НУЦЗУ.2.16-065.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

Внаслідок найпотужнішого за всю історію Японії землетрусу 11 березня 2011 року, була зруйнована турбіна на АЕС "Онагава". Пожежа, що виникла була швидко ліквідована. Набагато серйозніше склалася ситуація на АЕС "Фукусіма-1", де через відключення охолоджуючої системи розплавилася ядерне паливо в реакторі блоку № 1. У зв'язку з виявленим витоком, була проведена евакуація у 10-ти км зоні навколо АЕС [6].



Рис. 1.12. Аварія на АЕС "Фукусіма - 1"

Радіаційні аварії на АЕС є серйозними надзвичайними ситуаціями, які можуть мати далекосяжні наслідки для здоров'я людини та навколишнього середовища. Щоб запобігти радіаційним аваріям, необхідно впроваджувати ефективні заходи безпеки на атомних електростанціях.

Розділ 2. ЗАГРОЗИ НА РАДІАЦІЙНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТАХ

2.1. Класифікація радіаційно небезпечних об'єктів

Відповідно до ОСПУ-2005 [7] радіаційно-небезпечні об'єкти, що застосовують радіаційно-ядерні технології або використовують ДІВ, класифікуються за їх категорією потенційної радіаційної небезпеки для населення та довкілля у проектному (штатному) режимі та у випадку виникнення радіаційної аварії.

При встановленні потенційної радіаційної небезпечності підприємства або об'єкта враховується можливість опромінення персоналу та населення внаслідок радіаційної аварії на цьому підприємстві або об'єкті.

Категорія підприємства або об'єкту встановлюється на етапі проектування за узгодженням із державною санітарно-епідеміологічною службою МОЗ України. Для діючих підприємств і об'єктів категорія встановлюється адміністрацією установи за узгодженням із державною санітарно-епідеміологічною службою МОЗ України.

Вказаною класифікацією встановлюються три категорії підприємств і об'єктів [7].

До категорії I належать підприємства, на яких під час їх роботи чи аварії є можливим радіаційний вплив на населення. До них належать АЕС, установи, що мають промислові та дослідницькі ядерні реактори, транспортні ядерні установки, критичні складання, підприємства з видобутку і переробки уранових руд, а також радіохімічні виробництва, підприємства з переробки ядерних матеріалів, підприємства з переробки і захоронення радіоактивних відходів.

До категорії II належать підприємства та об'єкти, на яких радіаційний вплив обмежується СЗЗ. До цієї категорії належать установи, що мають прискорювачі протонів і інших важких частинок, а також електронів з енергією більше 25 МеВ, потужні гамма-установки, підприємства з виробництва виробів із незбагаченого урану, пункти захоронення і переробки низькоактивних відходів, підприємства з видобутку і переробки кольорових і рідкісних металів, видобутку нафти і газу, деякі підприємства з виробництва мінеральних добрив.

					Лист
					18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

До категорії III належать підприємства та об'єкти, на яких радіаційний вплив обмежується територією або приміщенням, де проводяться роботи з ДІВ. До цієї категорії належать установи, що мають Гамма-терапевтичні установки, лабораторії та відділення радіонуклідної діагностики I терапії, стаціонарні гамма-дефектоскопічні установки, прискорювачі електронів з енергією менше 25 МеВ, а також лабораторії радіонуклідної діагностики, радонові лабораторії, рентгенотерапевтичні та рентгенодіагностичні кабінети, включаючи флюорографічні, відділення радонотерапії [7].

Науково-дослідні установи та їх підрозділи можуть бути віднесені до будь-якої з вищезазначених категорій підприємств (установ, організацій).

Дещо інша класифікація радіаційно-небезпечних об'єктів, що застосовують радіаційно-ядерні технології або використовують ДІВ, введена Планом реагування на радіаційні аварії (НП-306.5.01/3.083-2004) [7]. Вони класифікуються за категорією потенційної радіаційної небезпеки для населення та довкілля у проектному (штатному) режимі та у випадку виникнення радіаційної аварії.

При встановленні потенційної небезпечності підприємства або об'єкту враховується можливість опромінення персоналу та населення внаслідок радіаційної аварії на цьому підприємстві або об'єкті.

За цією класифікацією встановлюються п'ять категорій підприємств і об'єктів:

Категорія I - об'єкти (такі, як атомні електричні станції), для яких небезпечні події на проммайданчику, включаючи події з дуже низькою імовірністю виникнення, можуть призвести до тяжких детермінованих медичних ефектів за межами майданчика;

Категорія II - об'єкти (такі, як деякі типи дослідницьких реакторів або підприємства з виробництва закритих джерел іонізуючого випромінювання тощо), для яких небезпечні події на проммайданчику можуть призвести до підвищення доз опромінення населення за межами майданчика, що виправдовує здійснення термінових контрзаходів;

					НУЦЗУ.2.16-065.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

Категорія III - об'єкти (такі, як промислові випромінювальні установки, підприємства, що зберігають відпрацьоване ядерне паливо, або підприємства, що здійснюють збір та захоронення відходів низької активності тощо), для яких небезпечні події на проммайданчику можуть призвести до підвищення доз опромінення або виникнення забруднення, що виправдовує термінові захисні дії на проммайданчику;

Категорія IV - діяльність, яка може призвести до виникнення радіаційної аварії, що виправдовує застосування термінових контрзаходів у непередбаченому місці. Ця діяльність включає перевезення та інші види санкціонованої діяльності, пов'язані з мобільними об'єктами (такими, як промислові радіографічні джерела іонізуючого випромінювання, супутники на ядерному енергопостачанні або радіотермічні генератори), а також несанкціоновану діяльність (таку, як дії з незаконно отриманими джерелами іонізуючого випромінювання). Категорія безпеки IV репрезентує мінімальний рівень безпеки, що застосовується для всієї території країни;

Категорія V - діяльність, яка в нормальних умовах не пов'язана з застосуванням джерел іонізуючого випромінювання, але для якої існує значна імовірність радіоактивного забруднення сільськогосподарських продуктів до рівнів, що вимагають негайну заборону вживання продуктів у результаті події на об'єктах категорій радіаційної безпеки I або II, включаючи такі об'єкти в інших країнах;

Науково-дослідні установи та їх підрозділи можуть бути віднесені до будь-якої з вищезазначених категорій підприємств (установ, організацій) [8].

Для забезпечення радіаційної безпеки в районі розміщення РНО у разі потреби визначають відповідні зони:

1. Зона радіаційної аварії - територія, на якій у разі аварії на РНО можливе радіоактивне забруднення, що вимагає планування та проведення заходів захисту. Межі зони залежать від масштабів аварії і визначаються державними органами [5].

2. Санітарно-захисна зона - (СЗЗ) - територія навколо РНО, де рівень опромінення людей в умовах нормальної експлуатації об'єкта може перевищити

					НУЦЗУ.2.16-065.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

допустимі норми доз. У СЗЗ забороняється проживання населення, обмежується виробнича діяльність, що не відноситься до РНО [5].

3. Зона спостереження - територія, на якій можливий вплив радіоактивних скидів та викидів РНО й де здійснюється моніторинг технологічних процесів з метою забезпечення радіаційної безпеки [5,8].

4. Зона контрольована - територія, на якій передбачено посилений дозиметричний контроль [5].

2.2. Механізми та принцип роботи атомних електростанцій

Основний принцип роботи АЕС полягає в тому, що в ядерному реакторі з використанням спеціальних паливних елементів, які містять ядерні палива (зазвичай це уран або плутоній), відбувається розщеплення ядер атомів цих елементів, яке супроводжується великим виділенням енергії. Отримана енергія використовується для нагрівання води, яка перетворюється в пар і потім приводить турбіну в рух, яка в свою чергу генерує електричну енергію.

На АЕС отримана в реакторі теплота перетворюється в електроенергію за допомогою парових турбін і електричних генераторів. У парових турбінах використовують водяний пар як робоче тіло. Принцип отримання теплової енергії в реакторах різних типів однаковий, але використання теплоти в залежності від призначення – різне.

За числом контурів циркуляції для передачі виділеної теплоти по робочому тілу виділяють одно-, дво- та триконтурні теплові схеми.

Щодо одноконтурних АЕС, то теплоносій, який приймає теплоту в активній зоні реактора, надходить в турбіну як робоче тіло. В активній зоні відбувається пароутворення, пара надходить в турбіну, віддає енергію і в конденсаторі знову утворюється вода, яка знов подається в реактор. Основний недолік – турбіни і конденсатори забруднюються радіоактивними речовинами, які потрапляють разом з парою.

У двоконтурному АЕС схема складається з двох контурів, причому контур теплоносія називається першим, а контур робочого тіла – другим. Перший контур призначений для виділення теплоти з ядерного реактора, а другий – для перетворення її в механічну енергію, а потім в електроенергію. Теплообмінна

					НУЦЗУ.2.16-065.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
						21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

поверхня парогенератора не дозволяє радіоактивним речовинам потрапляти з першого контуру в другий.

У триконтурних АЕС (рис. 2.1) використовується теплоносій натрій, який потрібен для запобігання контакту в парогенераторі радіоактивного натрію першого контуру з водою і викиду їх у приміщення АЕС. Триконтурні АЕС найбільш складні та дорогі тому, що використання рідкометалевого теплоносія ускладнює обладнання. Ці АЕС роблять на реакторах на “швидких” нейтронах, і призначені вони як для отримання електроенергії, так і для отримання плутонію.

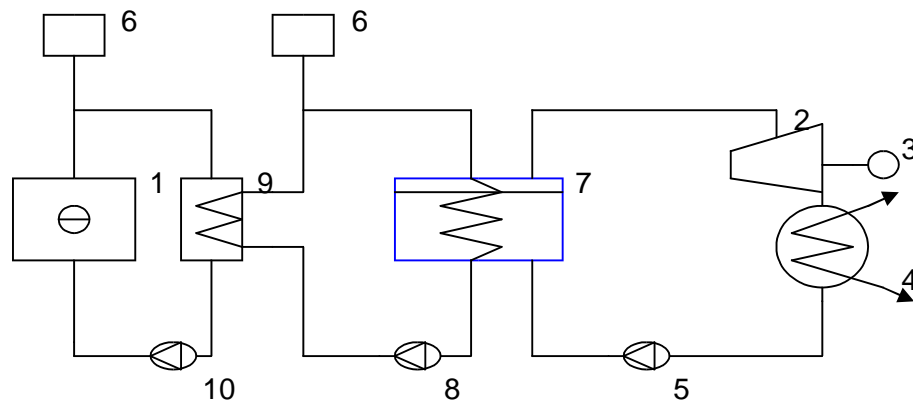


Рис. 2.1. Теплова схема триконтурної АЕС

1 – реактор; 2 – турбіна; 3 – генератор; 4 – конденсатор; 5, 8, 10 – насоси; 6 – розширювач; 7 – компенсатор; 9 – теплообмінник

Щодо екологічного впливу, то при нормальному експлуатуванні АЕС дають значно менше шкідливих викидів в атмосферу, ніж ТЕС, які працюють на органічному паливі. Робота АЕС не впливає на вміст кисню і вуглекислого газу в атмосфері, не змінюючи її хімічного складу. Основний фактор забруднення – радіоактивність. Радіоактивність контуру ядерного реактора обумовлена активністю продуктів корозії і проникнення продуктів поділу в теплоносії. Це стосується майже всіх речовин, які взаємодіють з радіоактивним випромінюванням. Прямий вихід радіоактивних відходів попереджується багатоступеневою системою захисту. Найбільшу небезпеку становлять аварії АЕС і безконтрольне розповсюдження радіації. Аварія на ЧАЕС призвела до глобальної катастрофи, наслідки якої відомі всім і детально описані в науковій, технічній та популярній літературі. Друга проблема експлуатації АЕС – теплове

					НУЦЗУ.2.16-065.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

забруднення. Основне тепловиділення відбувається в конденсаторах паротурбінних установок. Скид охолоджувальної води ядерних енергетичних установок не виключає їх радіаційного впливу на водне середовище. Використання повітря на АЕС визначається необхідністю розбавлення забруднюючих викидів і забезпечення нормальних умов роботи персоналу. Важливими особливостями впливу АЕС на довкілля є переробка радіоактивних відходів, також необхідність їх демонтажу і захоронення елементів обладнання [9].

На рис. 2.2. наведена схема роботи АЕС. В атомному реакторі відбувається керована ланцюгова реакція поділу ядер атомного палива. Найпоширенішим видом палива є уран-235. Поділ ядра відбувається таким чином, нейтрон бомбардує ядро атома урану-235. Ядро урану-235 розпадається на два менших ядра (криптон та барію) та 3 нейтрони. Цей процес виділяє велику кількість енергії у вигляді тепла та гамма-випромінювання.

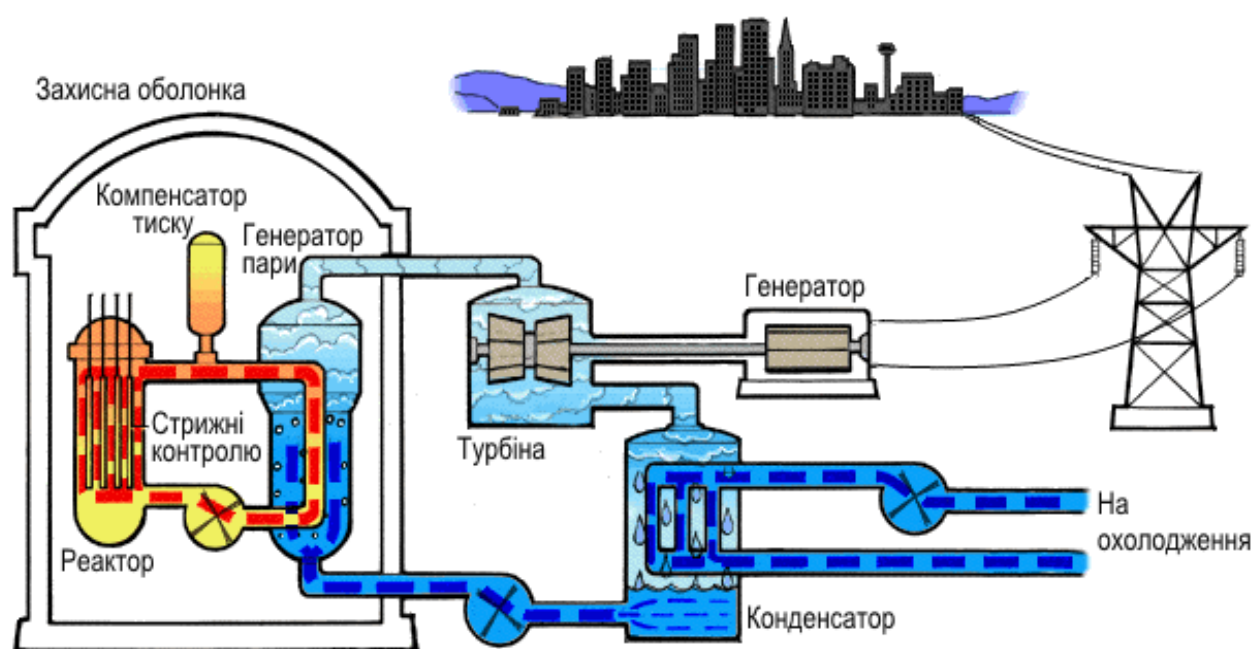


Рис. 2.2. Схема роботи АЕС

Ланцюгова реакція: 3 нейтрони, що вивільнилися при поділі ядра урану-235, можуть бомбардувати інші ядра урану-235, викликаючи їх поділ. Цей процес може повторюватися багато разів, створюючи ланцюгову реакцію. Ланцюгова реакція може бути керованою або некерованою. Можлива ланцюгова реакція

ядерного поділу: 1) Атом урану-235 поглинає нейтрон і ділиться на два, вивільняючи три нових нейтрони та велику кількість енергії зв'язку. 2) Один з цих нейтронів поглинається атомом урану-238 і не продовжує реакцію.

Інший нейтрон покидає систему, не поглинаючись. Реакція зображена на рис.2.3.

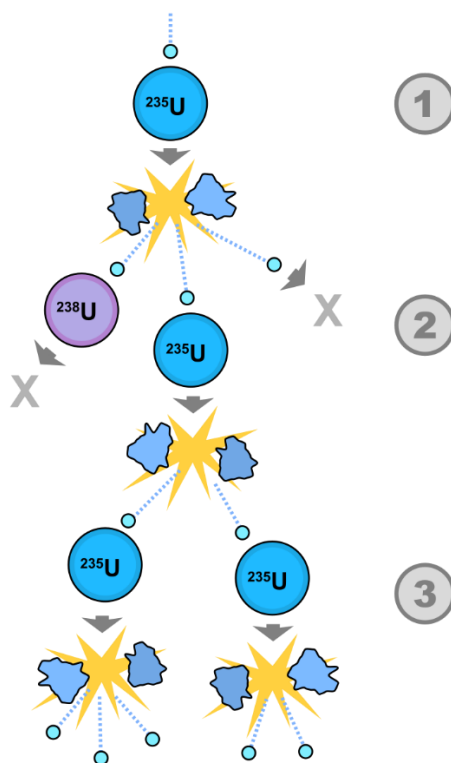


Рис.2.3. Ланцюгова ядерна реакція

Керована ланцюгова реакція: у ядерному реакторі ланцюгова реакція контролюється за допомогою регулюючих стрижнів. Регулюючі стрижні виготовляються з матеріалів, які поглинають нейтрони, що уповільнює або зупиняє ланцюгову реакцію. Оператор реактора може вставляти або виймати регулюючі стрижні, щоб контролювати швидкість ланцюгової реакції та, відповідно, кількість енергії, що виділяється.

Енергія: тепло, що виділяється при ядерній реакції, використовується для нагрівання води. Нагріта вода перетворюється на пару, яка обертає турбіну. Турбіна генерує електрику.

2.3. Аналіз та причини аварій на атомних електростанціях

Сьогодні є дуже актуальним питання безпеки на радіаційно ядерних об'єктах. Згідно з фундаментальними принципами безпеки МАГАТЕ [10], основна ціль безпеки полягає у індивідуальному та колективному захисті людей та охороні навколишнього природного середовища від шкідливого впливу іонізуючого випромінювання без невинновданого обмеження експлуатації установок або провадження діяльності, що пов'язані із радіаційними ризиками. Для досягнення найвищих, реально досяжних рівнів безпеки при експлуатації установок і здійсненні діяльності, повинні вживатись наступні заходи: а) забезпечення контролю за радіаційним опроміненням людей і викидом радіоактивного матеріалу в навколишнє середовище; б) обмеження ймовірності подій, що можуть привести до втрати контролю за активною зоною ядерного реактора, ядерною ланцюговою реакцією, радіоактивним джерелом або іншим джерелом випромінювання; в) пом'якшення наслідків таких подій у випадку, якщо вони будуть мати місце [10].

У цілому, як вважають фахівці, спостерігається неухильне зростання кількості промислових і енергетичних аварій, викликане, з одного боку, збільшенням кількості небезпечних об'єктів, з іншого боку, зростанням питомої щільності населення в зонах розвитку промислових і енергетичних об'єктів [11].

Найбільша в історії людства радіаційна катастрофа на Чорнобильській АЕС (Україна) сталася 26 квітня 1986 р. Кілька років після катастрофи всі офіційні джерела в СРСР повідомляли, що жертвами Чорнобиля стали тільки 33 людини – в основному пожежники, які брали участь в найперших роботах. Потім почали з'являтися окремі повідомлення про те, що від променевої хвороби загинуло кілька десятків ліквідаторів, а захворіли тисячі. Про жертви серед місцевого населення не говорилося взагалі. Режим секретності з питань аварії на ЧАЕС, який існував до 1991 р., не дозволяв відтворити об'єктивну картину масштабів ураження населення [11].

За сучасними уявленнями, аварія на ЧАЕС має серйозні наслідки пролонгованої дії, в тому числі такі, що можуть виявлятися на генетичному рівні в окремих груп персоналу АЕС, ліквідаторів і населення, яке проживає поблизу

						НУЦЗУ.2.16-065.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			25

зони аварії.

У результаті вибуху четвертого реактора Чорнобильської атомної електростанції стався величезний викид радіоактивних речовин в атмосферу. Ці радіоактивні опади випали в основному в межах євро-азіатського континенту, але особливо у великих кількостях на значних територіях Білорусі, Російської Федерації та України [11].

За оцінками, протягом 1986–1987 рр. до ліквідації наслідків аварії було залучено понад 350000 чоловік-«ліквідаторів» з числа військовослужбовців, працівників АЕС, місцевої міліції та пожежних служб. Досить високі дози радіації отримали близько 240000 чоловік під час проведення робіт з ліквідації наслідків аварії в межах 30-кілометрової зони, виконання робіт з консервації аварійного 4-го блоку АЕС – будівництва «Саркофагу», очищення дахів АЕС, створення системи захисту водних об'єктів. Згодом число зареєстрованих ліквідаторів збільшилося до 600000. Навесні та влітку 1986 року 116 тис. осіб були евакуйовані із зони Чорнобильської АЕС. У наступні роки було переселено ще 230 тис. чоловік, але лише невелика їх частина піддалася впливу високих рівнів радіації [11].

У даний час приблизно п'ять мільйонів людей проживають в районах Білорусі, Російської Федерації та України, де рівні радіоактивного забруднення ґрунтів цезієм перевищують 37 кБк/м². З них приблизно 270000 людей продовжують жити в районах, які класифікувалися радянськими повноважними органами як зони посиленого контролю (ЗПК), де зараження ¹³⁷Cs перевищує 555 кБк/м².

Нижче в табл. 2.1. наводяться загальні середні ефективні дози, акумульовані за 20 років найбільш сильно потерпілими групами населення в результаті Чорнобильської аварії. Їх можна порівняти із середніми дозами, які люди зазвичай отримують від природного фону за 20 років. Для порівняння наводяться також дози, одержувані в результаті звичайних медичних процедур [11].

					НУЦЗУ.2.16-065.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

**Середні ефективні дози, отримані постраждалими групами населення
внаслідок Чорнобильської аварії**

Населення (роки впливу)	Кількість	Середня загальна доза за 20 років, мЗв *
Ліквідатори (1986–1987 рр.) (високий вплив)	240 000 чол.	>100
Евакуйовані (1986 р.)	116 000 чол.	> 33
Населення ЗПК (>555 кБк/м ²) (1986–2006 рр.)	270 000 чол.	> 50
Населення низькозаражених районів (37 кБк/м ²) (1986–2005 рр.)	5 000 000 чол.	10–20
Природний фон	2,4 мЗв/рік (звичайний діапазон 1–10, максимум > 20)	48
Дози, отримані в результаті опромінення рентгенівськими променями, на одну процедуру, мЗв		
Опромінення при комп'ютерній томографії всього тіла		12
Мамографія		0,13
Рентгеноскопія грудної клітини		0,08

Можна припустити збільшення кількості випадків смерті від раку протягом усього життя серед осіб, які зазнали впливу радіації в результаті аварії. У зв'язку з тим, що в даний час неможливо визначити, які конкретні випадки раку були викликані радіацією, кількість таких випадків смерті можна оцінити лише статистично на основі використання інформації та проєкцій, отриманих під час досліджень на людях, які вижили після вибухів атомних бомб.

Необхідно врахувати, що люди, які вижили після вибухів атомних бомб,

					Лист	
					27	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	НУЦЗУ.2.16-065.СХ та ХТ.РПЗ.01	

отримали високі дози радіації за короткий період часу, в той час як вплив радіації в Чорнобилі був в низьких дозах і протягом тривалого часу. Цей та інші фактори, такі як спроби визначити дози, отримані людьми через значний час після аварії, а також зміни в їх способі життя і харчування, приводять до дуже великої невизначеності при складанні проєкцій щодо майбутніх випадків смерті від раку. Крім того, значне, не пов'язане з радіацією, скорочення середньої тривалості життя в трьох країнах за останні 15 років, викликане надмірним вживанням алкоголю і тютюну, погіршенням умов життя та надання медичної допомоги, істотним чином ускладнило виявлення будь-якого впливу радіації на смертність від раку [11].

Однозначний висновок, яке зробило населення з трагедії: у разі подібної аварії на АЕС людина втрачає абсолютно все – здоров'я, своє і своїх дітей і близьких, роботу та майно. Для значної частини населення будь яка радіація – причина різноманітних хвороб, генетичних порушень, смертельних онкологічних захворювань. Таке сприйняття – стійкий і відтворений в нових поколіннях феномен масової свідомості – викликало кризу довіри до атомної енергетики.

Оцінити перелічені фактори і визначити раціональні способи і прийоми подачі вогнегасних речовин в зону горіння не завжди вдається через складну обстановку на пожежі. Тому одною з гострих і актуальних проблем підвищення пожежної безпеки АЕС є зниження пожежної небезпеки кабельних комунікацій та електрообладнання, оскільки кабельні системи створюють високий рівень пожежного навантаження і підвищують вірогідність виникнення пожеж на АЕС. Пожежі, що виникають в результаті загоряння кабелів, заподіюють, як правило, величезні збитки і виводять АЕС з ладу на тривалий час.

Проблема зниження пожежної небезпеки кабельного господарства на АЕС вирішується в напрямку використання кабелів з важкогорючою і негорючою ізоляцією і спеціальних вогнезахисних покриттів, які наносяться на поверхню кабелів з метою збільшення вогнестійкості та зниження їх пожежної небезпеки, а також шляхом впровадження спеціальних систем аварійної пожежної сигналізації, протипожежної автоматики та пожежогасіння [11].

					НУЦЗУ.2.16-065.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

Розділ 3. РОЗРОБКА ПЛАНУ ЛОКАЛІЗАЦІЇ ТА ЛІКВІДАЦІЇ УМОВНОЇ АВАРІЇ

3.1. Загальна характеристика Запорізької АЕС

Енергодар — місто в Україні, адміністративний центр Енергодарської міської громади Василівського району Запорізької області. Розташоване на лівому березі Каховського водосховища Дніпра (в нижньому Придніпров'ї), за 120 км — від обласного центру Запоріжжя. Площа території міста — 63,5 км².

Місто засноване 12 червня 1970 року з початком будівництва Запорізької ДРЕС. 1972 року одержало назву Енергодар. З 1981 року почалося будівництво Запорізької АЕС, яка нині є найбільшою в Європі [12].

З березня 2022 року Енергодар, в ході російського вторгнення в Україну, тимчасово окупований російськими загарбниками.

Місто-супутник – Енергодар із населенням близько 54 000 осіб розташоване на відстані 5 км від ЗАЕС. Іншими великими населеними пунктами поблизу ЗАЕС є Марганець (близько 50 000 осіб) та Нікополь (близько 122 000 осіб).



Рис. 3.1. Місце розташування «ЗАЕС»

					НУЦЗУ.2.16-065.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

Всього в 30 км зони ЗАЕС розташовано 59 населених пунктів Запорізької, Дніпропетровської та Херсонської областей, де проживає приблизно 380 000 осіб. В регіоні експлуатуються великі промислові комплекси.

Запорізька АЕС (ЗАЕС) знаходиться у степовій зоні України на березі Каховського водосховища. Це найбільша в Європі та Україні атомна електростанція. Рішення про її будівництво було ухвалено 1978 року [2].

1981 року почалася поетапна споруда блоків станції. Протягом 1984-1987 років було введено в експлуатацію чотири енергоблоки.



Рис. 3.2. Краєвид на перші чотири енергоблоки

1989 року почав функціонувати п'ятий енергоблок, а шостий – лише 1995 року, після скасування мораторію на будівництво ядерних об'єктів в Україні.

Сьогодні ЗАЕС є сучасним високотехнологічним підприємством, великим постачальником електроенергії в Україні.

Щорічно станція генерує 40-42 млрд. кВтг електроенергії, що становить п'яту частину загальнорічного виробництва електроенергії у державі та половину її виробництва на українських атомних станціях.

Для підтримки високого рівня професійної підготовки персоналу на ЗВЕС у 1992 році створено навчально-тренувальний центр, до складу якого входять повномасштабні тренажери – повні аналоги блокових щитів управління першого, третього та п'ятого енергоблоків.

За підсумками роботи у 2000 році, Запорізька АЕС була визнана однією з трьох найкращих атомних станцій світу, яка повністю відповідає вимогам

МАГАТЕ [10]. Станція отримала позитивні висновки за результатами місії OSART МАГАТЕ у 2004 році та пост-місії OSART у 2006 році, партнерської перевірки ВАТ АЕС у 2007 році.

На Запорізькій АЕС, першій серед атомних станцій України з реакторами типу ВВЕР, було збудовано та введено в експлуатацію сухе сховище відпрацьованого ядерного палива (СВЯП).

Таблиця 3.1.

Характеристика реакторів

Блок №	Тип реакторної установки	Встановлена потужність (МВт)	Дата енергопуску	Дата завершення проектного терміну експлуатації
Запорізька АЕС				
1	ВВЕР 1000/320	1000	10.12.1984	23.12.2015 (продовжено до 23.12.2025)
2	ВВЕР 1000/320	1000	22.07.1985	19.02.2016 (продовжено до 19.02.2026)
3	ВВЕР 1000/320	1000	10.12.1986	05.03.2017 (продовжено до 05.03.2027)
4	ВВЕР 1000/320	1000	18.12.1987	04.04.2018 (продовжено до 04.04.2028)
5	ВВЕР 1000/320	1000	14.08.1989	27.05.2020
6	ВВЕР 1000/320	1000	19.10.1995	21.10.2026

Технологія запорізького СВЯП базується на зберіганні відпрацьованих паливних збірок у вентильованих бетонних контейнерах, розташованих на майданчику в межах атомної станції. Промислова експлуатація СПСЯТ почалася 10 серпня 2004 року.

Також на Запорізькій АЕС вперше в СНД було введено в роботу інформаційно-вимірювальну систему «Кільце». Система призначена для постійного контролю над радіаційною обстановкою на промайданчику атомної станції, у санітарно-захисній та 30-кілометровій зонах спостереження за всіх

					Лист
					31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

НУЦЗУ.2.16-065.СХ та ХТ.РПЗ.01

режимів роботи, а також у разі проектних та запроектних аварій або зняття блоків з експлуатації.

13 вересня 2016 року на засіданні Колегії Державної інспекції ядерного регулювання України було ухвалено рішення про продовження термінів експлуатації енергоблоку №1 Запорізької АЕС до 23 грудня 2025 року.

За результатами проведення державної експертизи ядерної та радіаційної безпеки «Звіту з періодичної переоцінки безпеки та комплексного інспекційного обстеження енергоблоку №2 ЗАЕС» 3 жовтня 2016 року Колегія Держатомрегулювання ухвалила визнати обґрунтованою можливість безпечної експлуатації енергоблоку №2 ЗАЕС до 19 лютого 2026 року [3].

3 листопада 2017 року на засіданні Колегії Держатомрегулювання ухвалено рішення про продовження термінів експлуатації енергоблоку №3 Запорізької АЕС до 5 березня 2027 року [2].

З 27-го листопада по 1 грудня 2023 року потужність експозиційної дози гамма-випромінювання в районі розміщення Запорізької АЕС на тимчасово окупованих територіях України відповідає чинним нормам [3].\



Рис. 3.3. Потужність експозиційної дози гамма-випромінювання в районі розміщення Запорізької АЕС на ТОТ.

Інформація щодо енергоблоків.

Енергоблок	Тип реакторів	Потужність		Початок будівництва	Підключення до мережі	Уведення в експлуатацію	Закінчення проєктного терміну Експлуатації	Вірогідне завершення терміну експлуатації
		Чиста	Брутто					
Запоріжжя-1	ВВЕР-1000/320	950 МВт	1000 МВт	01.04.1980	10.12.1984	25.12.1985	23.12.2015	Продовжений до 23.12.2025
Запоріжжя-2	ВВЕР-1000/320	950 МВт	1000 МВт	01.01.1981	22.10.1985	15.02.1986	19.02.2016	Продовжений до 19.02.2026
Запоріжжя-3	ВВЕР-1000/320	950 МВт	1000 МВт	01.04.1982	10.12.1986	05.03.1987	05.03.2017	Продовжений до 05.03.2027
Запоріжжя-4	ВВЕР-1000/320	950 МВт	1000 МВт	01.04.1983	18.12.1987	14.04.1988	04.04.2018	Продовжений до 04.04.2028
Запоріжжя-5	ВВЕР-1000/320	950 МВт	1000 МВт	01.11.1985	20.08.1989	27.10.1989	27.05.2020	Продовжений до 27.05.2030
Запоріжжя-6	ВВЕР-1000/320	950 МВт	1000 МВт	01.06.1986	19.10.1995	16.09.1996	21.10.2026	

3.2. Сучасний стан на Запорізькій АЕС

Запорізька атомна електростанція (ЗАЕС) — найбільша в Європі й третя у світі за сукупною потужністю АЕС, перші блоки якої почали зводити ще у 1981 році. Розташована вона на березі Каховського водосховища поруч із містом Енергодар. Її генеруюча потужність складає 6000 МВт — це близько 22% всього виробництва електроенергії в Україні. Станція налічує 6 ядерних реакторів та сухе сховище для відпрацьованого ядерного палива (ВЯП)[13].

В ніч з 3 на 4 березня 2022 року внаслідок російського широкомасштабного вторгнення світ став свідком першого випадку у світовій історії, коли військові однієї країни атакували та захопили діючу атомну станцію іншої. Унаслідок цих дій ЗАЕС зазнала значних пошкоджень та пережила пожежі і в результаті були зупинені деякі енергоблоки. Персонал станції підтримував працездатність та безпеку станції, не зважаючи на присутність там росіян. Усі ці події становлять серйозну загрозу для ядерної безпеки регіону та могли спричинити нову техногенну екологічно-гуманітарну катастрофу. Вони ж стали передвісником подій, що відбуватимуться протягом наступного року на Запорізькій АЕС[13].

За час російської окупації атомна станція пережила чимало подій, що

									Лист
									33
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата	НУЦЗУ.2.16-065.СХ та ХТ.РПЗ.01				

могли становити ризик для її нормальної роботи. У квітні дві російські крилаті ракети пролетіли на низькій висоті над майданчиком Запорізької АЕС у напрямку Запоріжжя. 5 липня стало відомо, що російські війська облаштували на території станції військову базу. 8 серпня російський обстріл пошкодив там три радіаційні датчики та травмував одного з працівників. А у вересні МАГАТЕ зафіксувала чергові обстріли в районі станції, які повторилися пізніше в жовтні та листопаді. Ці випадки пошкодили, зокрема, й енергетичну інфраструктуру, що живила станцію від української енергомережі [13].

Зовнішнє живлення необхідне для підтримки критично важливих для роботи станції систем — наприклад, системи охолодження. За час окупації це живлення неодноразово переривалося, а після вересневих обстрілів станція вперше відключилася повністю, поставивши світ перед безпрецедентною ядерною загрозою. У листопаді ж ЗАЕС узагалі працювала в режимі повного знеструмлення й уникнути найгірших наслідків вдалося лише завдяки роботі резервних дизель-генераторів та зусиллям працівників, які за кілька днів відновили електропостачання.

Наразі усі шість реакторів ЗАЕС зупинені, а станція продовжує отримувати електроенергію з останньої з чотирьох резервних ліній електропередачі та надалі зазнає проблем із безпекою та експлуатацією. Повідомлялось про численні обстріли та порушення вимог ядерної та радіаційної безпеки на станції. Відомо, що Росатом та його супутні компанії взяли на себе контроль над технологічними та управлінськими процесами на ЗАЕС та сприяють підключенню атомної електростанції до російської енергетичної системи [13].

3.3. Огляд наслідків при потенційній аварії на ЗАЕС

Атомні електростанції є складними промисловими об'єктами. Навіть у мирний час їх безпечна робота залежить від стабільного технічного, людського, нормативного, політичного та економічного середовища. Раніше безпечність ядерних реакторів аналізували лише в умовах дотримання такої стабільності. Коли вона порушена, ризики збоїв зростають [14].

						Лист
						34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Військові дії, зокрема, можуть пошкодити критичні для безпеки частини атомної станції. Деякі елементи систем безпеки знаходяться в будівлях реакторів. Вони захищені надійніше, ніж решта споруд, та все ж не від усього. Їх захист здатен витримати падіння невеликого літака, однак не розрахований на артилерійський вогонь чи детонацію вибухівки. Інші ж важливі складові, як-от частини ланцюгів охолодження, трансформатори, дизельні генератори для аварійного живлення, розташовані у традиційних промислових будівлях, які більш вразливі до пошкоджень [14].

Один із найбільш обговорюваних ризиків окупації ЗАЕС — це так званий «сценарій Фукусіми», коли через втрату живлення зупинилася система охолодження, що призвело до перегрівання реакторів і зрештою витоку радіації. Таке може трапитися як через пряме пошкодження системи, так і через втрату зовнішнього живлення, від якого працюють насоси — наприклад, коли руйнуються підстанції чи обриваються лінії електропередач, як було і на ЗАЕС.

У другому випадку станцію мають врятувати резервні дизель-генератори, що забезпечують її електрикою у разі збоїв. Однак в умовах окупації неможливо перевірити ні їх справність, ні достатність запасів пального. До того ж, вони здатні забезпечити лише мінімум потреб для короткострокової підтримки роботи системи і не розраховані на довгу роботу[14].

Підрив Каховського водосховища, звідки станція бере воду для системи охолодження, також може негативно вплинути на роботу станції.

Усі атомні електростанції також мають басейни для зберігання відпрацьованого ядерного палива (ВЯП), які так само можуть постраждати через аварії чи збої в роботі. Завантажене паливо, що відпрацювало та закінчився строк служби, декілька років охолоджується у воді, після чого може бути переміщене в сухі контейнери для зберігання, де залишкове тепло видаляється потоком повітря, тому активна система охолодження не потрібна. Запорізька атомна електростанція єдина, яка має і басейни-охолоджувачі, і таке сухе сховище[14].

Переривання охолодження ВЯП в басейні призводить до поступового випаровування, поки тепловиділяючі елементи, що потребують охолодження, не

					НУЦЗУ.2.16-065.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

будуть частково або повністю розкриті. Потім вони нагріваються до руйнування оболонки та викидають радіацію у навколишнє середовище. При більш високих температурах також може утворюватися вибуховий водень. У випадку сухого сховища лише руйнування цілісності контейнера призведе до викидів радіації. У таких сценаріях забруднення зачепить меншу площу, якщо тільки ВЯП не загориться, наприклад, через влучання боєприпасів.

Додаткові фактори ризику для станції — це розміщення ракетних систем та озброєння на території Запорізької АЕС російськими військовими. Існує можливість мінування станції та зберігання мін та боєприпасів поруч із енергоблоками. Також відсутність запасних частин, доступу для планового обслуговування реакторів та належних контактів з персоналом становить загрозу для безпеки. Належні перевірки безпеки та стану станції як державним регулятором, так і міжнародними організаціями, як-от МАГАТЕ, теж найімовірніше неможливі в таких умовах[14].

На рис 3.4. зображені такі зони як, Зона А (помірного зараження) в якій застосовуються такі заходи: контроль за радіаційною обстановкою, медичне спостереження за населенням, обмеження на вживання продуктів харчування. Зона Б (сильного зараження) в ній застосовують такі заходи евакуація населення, обмеження на доступ до зони, дезактивація території.

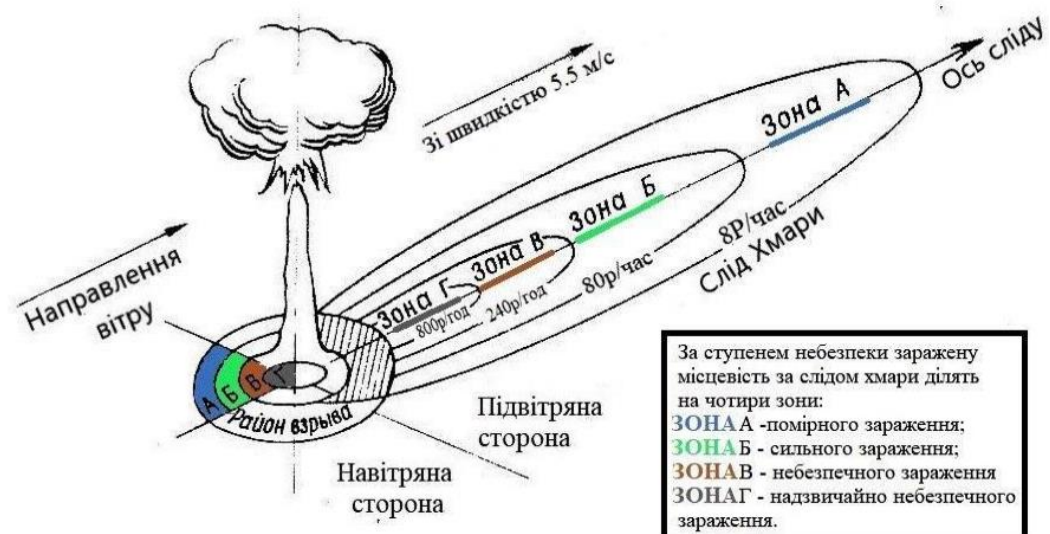


Рис.3.4. Зони небезпеки зараження місцевості.

Зона В (небезпечного зараження): заходи такі як евакуація населення та заборона на будь-яку діяльність. Зона Г (надзвичайно небезпечного зараження): заходи евакуація населення, заборона на будь-яку діяльності, дезактивація території.

Слід враховувати і людський фактор. Оператори реакторів навчаються для конкретної окремої станції і їх не можна просто замінити працівниками з інших місць. До того ж ті українці, які лишилися працювати на станції, знаходяться там під постійним тиском і позбавлені своїх звичайних засобів зв'язку, таких як мобільні телефони, що обмежить їхню можливість спілкуватися з колегами, керівниками та регуляторами. Стрес та терор щодо цих людей теж може нашкодити нормальній роботі підприємства.

Усі ці події свідчать про серйозні проблеми з безпекою на станції, які спричинила росія та які можуть мати наслідки не тільки для України, але й для міжнародної спільноти [14].

3.4. Розрахунок ризику ураження населення при умовній аварії на ЗАЕС

Умова: На АЕС сталася аварія з руйнуванням ядерного реактора і викидом радіоактивних речовин у навколишнє середовище. За даними радіаційного контролю отримані дані про рівні радіації на території об'єкта на початку його зараження. Реактор ВВЕР-1000. Напрямок вітру - на об'єкт.

Завдання: Оцінити радіаційну обстановку, що може скластися в районі об'єкту та вибрати найбільш ефективний спосіб захисту робітників і службовців об'єкту. Під час оцінки обстановки розв'язати такі задані:

Задача № 1. Визначити в яку зону РЗ потрапив об'єкт.

Задача № 2. Визначити, які дози радіації отримають люди, якщо вони: а) залишаться працювати на робочому місці;

б) укриються в захисних спорудженнях (ЗС);

в) евакуюються із зони зараження.

Задача № 3. Визначити допустиму тривалість праці на робочому місці при установленій дозі радіації.

										Лист
										37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	НУЦЗУ.2.16-065.СХ та ХТ.РПЗ.01					

Задача № 4. Визначити, коли об'єкт зможе почати працювати повними робочими змінами.

Рівні радіації на межах зон перераховані на одну годину після початку викиду (аварії) зображений на рис.3.5.

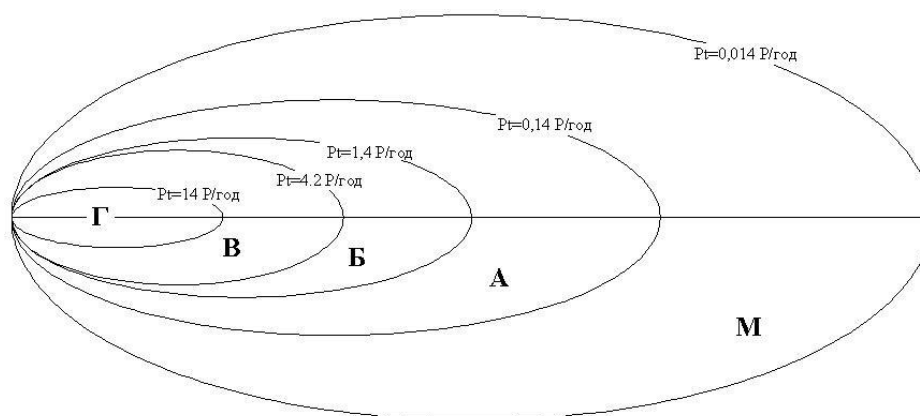


Рис.3.5. Зони РЗ після аварії на АЕС

Вихідні дані:

- Відстань об'єкта господарювання від АЕС $R=10$ км
- Тип реактора ВВЕР-1000;
- Швидкість вітру $V_B=1$ м/с від АЕС, напрямок - на об'єкт;
- Рівень радіації на об'єкті на початку його зараження $P_{п} = 6$ р/год;
- Доза радіації, що устанавлюється на одну робочу зміну $D_y = 2$ р;
- Тривалість робочої зміни $t_p=8$ год;
- Коефіцієнт ослаблення радіаційного випромінювання будівлею, де працюють люди $K_{осл.буд} = 5$;
- Коефіцієнт ослаблення радіаційного випромінювання транспортним засобом, на якому евакуюються люди $K_{осл.тр.} = 2$;
- Коефіцієнт ослаблення радіаційного випромінювання захисною спорудою $K_{осл. зс.} = 160$;
- Довжина маршруту евакуації по зараженій місцевості $L = 9$ км
- Середня швидкість руху транспортного засобу $V_{рух.тр} = 40$ км/год
- Середня швидкість руху пішої колони $V_{рух.п} = 5$ км/год

Розв'язання задач

Задача 1. Визначення зони РЗ, в яку потрапив об'єкт.

1. Визначається час початку зараження території об'єкту за формулою

					НУЦЗУ.2.16-065.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
						38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$t_{\text{п}} = \frac{R}{V_B} = \frac{10000}{3600 \times 5} = 0.55 \text{ год.}$$

2. Розраховується рівень радіації на 1 год після аварії за формулою

$$P_1 = P_{\text{п}} \times t_{\text{п}}^{0.4} = 6 \times 0.55^{0.4} = 4.72 \frac{\text{Р}}{\text{год}}$$

Висновок: згідно з рис. 3.5 об'єкт потрапив в зону Б – сильного зараження

Задача 2. Визначення доз радіації, які можуть отримати люди.

1. Визначається доза радіації, яку можуть отримати люди на своєму робочому місці за повну робочу зміну ($t_p=8$ год), якщо почнуть роботу з початку зараження об'єкту (це найгірший випадок з можливих) за формулою

$$D_{\text{буд}} = \frac{P_1(t_k^{0.6} - t_{\text{п}}^{0.6})}{0.6 \times K_{\text{осл.буд}}} = \frac{4.72(8.55^{0.6} - 0.55^{0.6})}{0.6 \times 5} = 4.6 \text{ Р.}$$

2. Визначається доза радіації, яку можуть люди отримати під час перебування у захисній споруді, протягом 24 год за формулою

$$D_{\text{зс}} = \frac{P_1(t_k^{0.6} - t_{\text{п}}^{0.6})}{0.6 \times K_{\text{осл.зс.}}} = \frac{4.72(24.55^{0.6} - 0.55^{0.6})}{0.6 \times 160} = 0.301 \text{ Р.}$$

3. Визначається доза радіації, яку можуть отримати люди під час евакуації, якщо вони почнуть рух з моменту початку зараження об'єкту за формулою

- а) під час маршу пішої колони

$$D_{\text{ев.п.}} = \frac{P_{\text{сер}} \times t_{\text{ев}}}{K_{\text{осл}}} = \frac{P_{\text{п}} \times L}{2 \times K_{\text{осл}} \times V_{\text{рух.п.}}} = \frac{6 \times 9}{2 \times 1 \times 5} = 5.4 \text{ Р.}$$

- б) під час маршу авто колони

$$D_{\text{ев.тр.}} = \frac{6 \times 9}{2 \times 2 \times 40} = 0.33 \text{ Р.}$$

Задача 3. Визначення допустимої тривалості роботи зміни у зоні РЗ при установленій дозі радіації.

1. Визначається допоміжний параметр за формулою

$$a = \frac{P_1}{D_y \times K_{\text{осл.буд}}} = \frac{4.72}{2 \times 5} = 0.47 \frac{1}{\text{год}}$$

2. Визначається допустима тривалість робочої зміни у будинку за формулою.

									Лист
									39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	НУЦЗУ.2.16-065.СХ та ХТ.РПЗ.01				

$$T_{\text{доп}} = (t_{\text{п}}^{0.6} + \frac{0.6}{a})^{\frac{1}{0.6}} - t_{\text{п}} = \left(0,55^{0,6} + \frac{0,6}{0,47}\right)^{\frac{1}{0,6}} - 0,55 = 2,56 \text{ год.}$$

Задача 4. Визначення часу початку роботи об'єкту повними робочими змінами ($t_{\text{п}}=8$ год).

1. Користуючись графіком (Додаток 3), для $t_{\text{р макс}}=8$ год і $a=0,47$ 1/год, знаходимо $t_{\text{п}}=90$ год

Таблиця 3.3.

Підсумкова таблиця

P ₁ P/год	Доза радіації, P				T _{доп} , год	Початок роботи у звичайному режимі, год
	D _{буд}	D _{зс}	D _{ев п}	D _{ев тр}		
4,72	4,6	0,31	5,4	0,33	2,56	90

3.5. Висновки з розділу

- Об'єкт господарювання потрапив у зону сильного зараження (зона Б) зображено на рис.3.6.
- Відповідно до Закону України «Про забезпечення захисту населення в умовах радіаційного зараження» від 27.02.1991 виробничий персонал об'єкту підлягає обов'язковій евакуації в безпечний район, оскільки рівень радіації на об'єкті набагато більше 150 мкР/год.
- Доцільним способом проведення евакуації є евакуація з використанням транспортних засобів, оскільки отримана доза радіації при цьому буде на порядок менше, ніж при евакуації пішим порядком.
- До початку евакуації потрібно здійснювати такі заходи захисту : укрити людей у захисних спорудах, йодну профілактику, обмежити перебування на відкритій місцевості.
- Об'єкти з безперервним циклом виробництва за рішенням уряду можуть продовжувати роботу при умові, якщо тривалість роботи зміни не буде перевищувати $T_{\text{доп}}=2,56$ год .

6. Потрібно розраховувати режим роботи об'єкту скороченими змінами.
7. Об'єкт може почати працювати повними змінами ($t_p=8$ год) через 90 годин після аварії на АЕС
8. Для зменшення рівня випромінювання, на об'єкті потрібно провести дезактивацію будинків, територій, технологічного обладнання.



Рис.3.6. Зони небезпеки зараження місцевості ЗАЕС

3.6. Рекомендації щодо ліквідації умовної аварії

План проведення ліквідації умовної аварії на ЗАЕС.

1. здійснює оповіщення та інформування центральних та місцевих органів виконавчої влади про загрозу і виникнення надзвичайних ситуацій;
2. залучає підрозділи пошуково-рятувальних сил та аварійно-рятувальних служб центральних та місцевих органів виконавчої влади, підприємств, установ, організацій незалежно від форми власності та координує їх діяльність під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій державного і регіонального рівня, організовує проведення пошуково-рятувальних робіт та здійснює контроль за їх проведенням;
3. здійснює заходи щодо радіаційного захисту, координує та контролює здійснення заходів щодо захисту населення і територій у разі виникнення радіаційних аварій;
4. забезпечує гасіння пожеж, рятування людей, надання допомоги в ліквідації

наслідків аварій;

5. координує проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт авіаційними силами та засобами ДСНС, інших центральних та місцевих органів виконавчої влади, підприємств, установ, організацій незалежно від форми власності;

6. надає органам державної влади, органам місцевого самоврядування і населенню безоплатну інформацію загального користування про фактичні та очікувані зміни гідрометеорологічних умов і стану навколишнього природного середовища, здійснює попередження про небезпечні та стихійні гідрометеорологічні явища.

Крім того, ДСНС здійснює виконання обов'язків компетентного національного органу, уповноваженого надсилати та одержувати прохання про допомогу і приймати пропозиції про допомогу згідно з Конвенцією про допомогу в разі ядерної аварії або радіаційної аварійної ситуації.

Алгоритм дій населення під час повідомлення про радіаційну аварію:

- знайти будь-яке укриття: підвал або будівлю, оскільки радіація осідає на стінах будівель, краще триматися від них подалі;
- взяти з собою в укриття своїх домашніх тварин;
- якомога ретельніше заблокувати всі вікна і двері;
- запаситися водою на кілька днів в закритих ємностях, продукти ретельно загорнути і заховати в шафу або в холодильник;
- заздалегідь приготувати маску, респіратор або ватномарлеву пов'язку для захисту органів дихання;
- уважно стежити за повідомленнями офіційних представників влади або ДСНС

Після отримання відповідних рекомендацій варто провести йодну профілактику: - протягом семи днів по одній таблетці (0,125 г) Йодиду калію, для дітей до двох років – частина таблетки (0,04 г). За відсутності йодистого калію використовуйте розчин 5% йоду: три-п'ять крапель на склянку води, дітям до двох років – одна-дві краплі.

										Лист
										42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	НУЦЗУ.2.16-065.СХ та ХТ.РПЗ.01					

Розділ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Загальні поняття та визначення, що регламентують виконання вимог охорони праці

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності [15].

Роботодавець – власник підприємства, установи, організації або уповноважений ним орган, незалежно від форм власності, виду діяльності, господарювання, і фізична особа, яка використовує найману працю.

Працівник – особа, яка працює на підприємстві, в організації, установі та виконує обов'язки або функції згідно з трудовим договором (контрактом) [15].

Головна мета охорони праці – створення на кожному робочому місці безпечних умов праці, безпечної експлуатації обладнання, зменшення або повна нейтралізація дії шкідливих і небезпечних виробничих факторів на організм людини і, як наслідок, зниження виробничого травматизму та професійних захворювань [16].

Стаття 43. Держава створює умови для повного здійснення громадянами права на працю, гарантує рівні можливості у виборі професії та роду трудової діяльності, реалізовує програми професійно-технічного навчання, підготовки і перепідготовки кадрів відповідно до суспільних потреб [17].

Зміст права на охорону праці включає право працівника на:

- робоче місце, що відповідає вимогам охорони праці;
- загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності;
- відмову від виконання робіт у випадку виникнення небезпеки для його життя та здоров'я внаслідок порушення вимог охорони праці;
- забезпечення індивідуального та колективного захисту за рахунок роботодавця;

					НУЦЗУ.2.16-065.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

- навчання безпечним методам праці за рахунок роботодавця;
- звернення до органів державної влади та місцевого самоврядування, роботодавця, профспілки з питань охорони праці;
- особисту участь або участь через своїх представників у розгляді питань, пов'язаних із забезпеченням безпечних умов праці на його робочому місці, і в розслідуванні нещасного випадку, що відбувся з ним, на виробництві або професійного захворювання;
- медичний огляд відповідно до медичних рекомендацій зі збереженням місця роботи (посади) і середнього заробітку під час його проходження.

4.2 Визначення небезпечних та шкідливих виробничих факторів на Запорізькій АЕС

На Запорізькій атомній електростанції (ЗАЕС) існує ряд небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища, які можуть негативно впливати на здоров'я працівників.

Залежно від природи впливу небезпечні та шкідливі виробничі фактори поділяються на такі групи:

- Фізичні фактори – це фактори, що характеризуються певними фізичними властивостями (наприклад, рухомі машини та механізми, підвищена або знижена температура повітря, шум, вібрація, електромагнітні поля тощо).
- Хімічні фактори – це фактори, що містять шкідливі речовини (наприклад, токсичні гази, пари, пил, аерозолі тощо).
- Біологічні фактори – це фактори, що містять шкідливі мікроорганізми (наприклад, бактерії, віруси, грибки тощо).
- Психофізіологічні фактори – це фактори, що впливають на нервову систему та опорно-руховий апарат людини (наприклад, монотонна робота, підвищена відповідальність, несприятливі умови освітлення тощо).

Небезпечні фактори:

- Радіаційне опромінення. Цей фактор є найбільш небезпечним на

					НУЦЗУ.2.16-065.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		44

ЗАЕС, оскільки атомні реактори є джерелами іонізуючого випромінювання.

Іонізуюче випромінювання може викликати розвиток онкологічних захворювань, генетичні мутації та інші патології.

- Вибухи та пожежі. Атомні реактори є потенційними джерелами вибухів та пожеж. Вибухи та пожежі можуть призвести до значних матеріальних збитків та загибелі людей.

- Електричний струм. На ЗАЕС використовуються високовольтні електричні мережі, які можуть становити небезпеку для життя працівників.

- Хімічні речовини. На ЗАЕС використовуються різні хімічні речовини, які можуть бути токсичними, канцерогенними або мати інші шкідливі властивості (кислоти, луги, солі, розчинники).

Шкідливі фактори:

- Шум. На ЗАЕС працює багато шумового обладнання, яке може негативно впливати на слух працівників.

- Вібрація. Вібрація також може негативно впливати на здоров'я працівників, зокрема викликати захворювання опорно-рухового апарату.

- Забруднене повітря. На ЗАЕС виділяються в повітря шкідливі радіоактивні речовини, які можуть викликати різні захворювання, зокрема дихальних шляхів.

4.3 Аналіз виробничого травматизму на ЗАЕС

Аналіз виробничого травматизму на Запорізькій атомній електростанції (ЗАЕС) за останні 10 років (2014-2023 роки) свідчить про загальну тенденцію до зниження показників травматизму. Так, у 2014 році на ЗАЕС було зафіксовано 12 нещасних випадків зі смертельним наслідком, у 2023 році – лише 1. Коефіцієнт виробничого травматизму (КВТ) за цей період знизився з 1,05 до 0,16.

Основними причинами нещасних випадків на ЗАЕС є:

- порушення працівниками вимог охорони праці;
- недостатня технічна готовність обладнання;
- недосконалість технологічних процесів.

Серед основних видів нещасних випадків на ЗАЕС є:

					НУЦЗУ.2.16-065.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		45

- падіння з висоти;
- ураження електричним струмом;
- травми, отримані внаслідок дорожньо-транспортних пригод.

Одним із найбільш ефективних заходів профілактики травматизму є проведення інструктажів з охорони праці. На ЗАЕС щорічно проводиться понад 100 тисяч інструктажів з охорони праці, у тому числі понад 70 тисяч первинних інструктажів. Також на ЗАЕС діє система навчання працівників з охорони праці, яка включає в себе курси підвищення кваліфікації, семінари та тренінги.

Для підвищення технічного стану обладнання на ЗАЕС проводиться планово-попереджувальний ремонт, а також заходи з підвищення надійності обладнання. Зокрема, на ЗАЕС реалізуються програми з модернізації обладнання, впроваджуються нові технології та матеріали.

З метою оптимізації технологічних процесів на ЗАЕС проводиться робота з впровадження безпечних технологій, а також з удосконалення системи управління технологічними процесами.

Заходи, які проводяться на ЗАЕС з метою запобігання нещасним випадкам, дають позитивні результати. За останні 10 років на станції не було жодного випадку радіаційного забруднення внаслідок нещасного випадку.

4.5 Якими нормативно-правовими актами регламентується охорона праці в галузі радіаційного опромінення

В Україні охорона праці в галузі радіаційного опромінення регламентується низкою нормативно-правових актів, основними з яких є:

- Кодексом цивільного захисту України;
- Законами України: «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку» від 08.02.1995 № 39/95-ВР.
- Закон України: «Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання» від 14.01.1998 № 15/98-ВР;
- Порядком забезпечення населення і працівників формувань та спеціалізованих служб цивільного захисту засобами індивідуального захисту, приладами радіаційної та хімічної розвідки, дозиметричного і хімічного

										Лист
										46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	НУЦЗУ.2.16-065.СХ та ХТ.РПЗ.01					

контролю, затвердженим постановою КМУ від 19.08.2002 № 1200 (далі - Порядок № 1200);

- Інструкцією з тривалого зберігання засобів радіаційного та хімічного захисту, затвердженою наказом МНС України від 16.12.2002 № 330;
- Нормами безоплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам, які зайняті на роботах з радіоактивними речовинами та джерелами іонізуючого випромінювання, затвердженими наказом Міністерства енергетики та теплоенергетики України від 06.02.2014 № 116 та ін.

На підприємствах, які постійно виконують роботи з радіоактивними речовинами, потрібно забезпечити підвищений рівень вимог з охорони праці. З цією метою роботодавець зобов'язаний розробити детальні інструкції, щодо порядку проведення робіт, обліку, збереження та використання джерел випромінювання, збору та знешкодження радіаційних відходів, порядку проведення дозиметричного контролю тощо.

4.6 Засоби захисту в галузі радіаційного опромінення

Високі дози радіації, отримані від контакту з радіоактивними матеріалами, становлять загрозу для будь-яких живих організмів. Радіоактивне опромінення клітин змінює їхню здатність відновлюватися, що може призвести до загибелі, пошкодження або неправильного відновлення.

Внаслідок радіаційний впливу у людини порушуються життєві функції органів кровотворення, нервової системи, шлунково-кишкового тракту. Залежно від дози опромінення, проникаючої радіації чи радіоактивних речовин загальна гамма зовнішнього опромінення спричиняє у людей і тварин гостру променевою хворобу, яка може бути від легкого до надзвичайно важкого ступеня [18].

У зоні особливого ризику опиняються люди, що працюють у пов'язаних із радіацією сферах: лікарі, що займаються променевою терапією, екіпажі літаків, які піддаються впливу космічного випромінювання, працівники ядерної галузі.

Для захисту працівників від забруднень радіоактивними речовинами та запобігання їх потраплянню всередину організму застосовуються засоби захисту

					НУЦЗУ.2.16-065.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		47

від радіації.

На підприємствах, які постійно виконують роботи з радіоактивними речовинами, потрібно забезпечити підвищений рівень вимог з охорони праці. З цією метою роботодавець зобов'язаний розробити детальні інструкції, щодо порядку проведення робіт, обліку, збереження та використання джерел випромінювання, збору та знешкодження радіаційних відходів, порядку проведення дозиметричного контролю тощо.

Важливо, щоб працівники, які виконують роботи з радіоактивними речовинами, перебували під постійним медичним наглядом, використовувати прилади індивідуального дозиметричного контролю (універсальні радіометри) для своєчасного виявлення і вимірювання рівня випромінювання, дотримуватися вимог безпеки праці.

Під час організації захисту від зовнішнього іонізуючого опромінювання при роботах із закритими джерелами випромінювання, тобто такими, які виключають можливість потрапляння радіоактивних речовин у навколишнє середовище, передусім необхідно не допустити переопромінення працівників. Основним способами захисту від цього є:

- зменшення активності джерела, з яким контактують працівники під час конкретного технологічного процесу, — досягається шляхом використання речовин із меншою активністю [19];
- зменшення часу контакту з джерелом випромінювання — досягається шляхом вдосконалення організації робіт і технологічного виробничого процесу та проведення попередніх тренінгів працівників [19];
- збільшення відстані між людиною і джерелом — використовується, як правило, при контакті з точковим джерелом випромінювання шляхом використання дистанційних універсальних маніпуляторів та інших автоматизованих пристроїв [19];
- розташування між людиною і джерелом захисного екрану (стаціонарного, пересувного, розбірного, настільного тощо), тобто пристрою, який зменшує інтенсивність випромінювання до безпечного рівня.

Для виготовлення екранів, а також для захисту працівників в стаціонарних

									Лист
									48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	НУЦЗУ.2.16-065.СХ та ХТ.РПЗ.01				

спорудах, використовується бетон, чавун, сталь, алюміній, скло, свинець та інші матеріали.

Від дії рентгенівських променів застосовують екрани зі сталевого листа товщиною 0,5-1 мм або алюмінію товщиною 3 мм, спеціальної гуми. Оглядові вікна виконують з плексигласу товщиною 30 мм або з покритого оловом скла товщиною 9 мм [19].

Для захисту шкіри від забруднень радіоактивними речовинами та запобігання їх попаданню всередину організму, захисту від альфа і бета-випромінювання передусім застосовуються засоби індивідуального захисту від радіації (ЗІЗ від радіації).

Засоби захисту від радіації використовуються у тих випадках, коли інші заходи недостатньо ефективні: при переході через зони збільшеної інтенсивності випромінювання, при ремонтних та налагоджувальних роботах у аварійних ситуаціях, під час короточасного контролю та при зміні інтенсивності опромінення [19].

Види засобів індивідуального захисту від радіації:

Комплектувати підприємства ЗІЗ необхідно відповідно до Порядку № 1200[19]. Згідно з документом до засобів радіаційного та хімічного захисту населення та забезпечення працівників формувань та спеціалізованих служб цивільного захисту на випадок надзвичайної ситуації у мирний і воєнний час належать:

- засоби індивідуального захисту органів дихання від бойових отруйних речовин;
- одяг спеціальний захисний;
- засоби індивідуального захисту органів дихання від небезпечних хімічних речовин;
- респіратори;
- прилади радіаційної розвідки і дозиметричного контролю;
- прилади хімічної розвідки і контролю;
- джерела живлення і засоби індикації для перелічених приладів;
- ватно-марлеві пов'язки.

										Лист
										49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	НУЦЗУ.2.16-065.СХ та ХТ.РПЗ.01					

4.7 Висновок до розділу

Удосконалення охорони праці в галузі радіаційного опромінення є актуальним завданням, яке є необхідним для забезпечення безпечних умов праці для працівників, які піддаються впливу іонізуючого випромінювання.

Для удосконалення охорони праці в галузі радіаційного опромінення можна запропонувати такі заходи: Удосконалення нормативно-правової бази. Необхідно вдосконалити нормативно-правову базу в галузі охорони праці в галузі радіаційного опромінення, зокрема з урахуванням сучасних технологій та методів захисту. Посилення контролю за дотриманням вимог охорони праці.

Необхідно посилити контроль за дотриманням вимог охорони праці в галузі радіаційного опромінення, зокрема з боку державних органів, а також роботодавців.

Підвищення рівня знань працівників з питань охорони праці. Необхідно підвищувати рівень знань працівників з питань охорони праці в галузі радіаційного опромінення, зокрема шляхом проведення навчання та інструктажів.

Впровадження дистанційного управління радіаційно небезпечними процесами. Це дозволить зменшити вплив іонізуючого випромінювання на працівників.

Розробка та впровадження нових засобів індивідуального захисту, які будуть більш ефективними та комфортними для працівників.

Впровадження автоматизованих систем контролю за рівнем радіаційного опромінювання. Це дозволить своєчасно виявляти та усувати порушення вимог охорони праці.

Реалізація цих заходів дозволить підвищити рівень захисту працівників від впливу іонізуючого випромінювання та забезпечити безпечні умови праці в галузі радіаційного опромінення.

					НУЦЗУ.2.16-065.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
						50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ВИСНОВКИ

В літературному огляді було зазначено загальні характеристики надзвичайних ситуацій за остані роки. Загострення військової обстановки в Україні значно збільшує загрозу виникнення надзвичайних ситуацій радіаційного характеру. Серед основних джерел надзвичайних ситуацій воєнного часу, що являють загрозу життю людини, несуть в собі об'єкти, які й за мирних умов були джерелом небезпеки. Серед основних загроз на радіаційно небезпечних об'єктах є: ядерна аварія, радіаційний викид, вибухова аварія, саботаж і тероризм, втрата контролю над радіоактивними матеріалами, інфраструктурні вади. Особливу небезпеку для людей і навколишнього середовища становлять радіаційно небезпечні об'єкти, серед яких АЕС. Україна входить до десятки країн з найбільш розвиненою атомною енергетикою. За кількістю ядерних енергетичних реакторів наша країна посідає 9 місце у світі та 3 в Європі. Нажаль з березня по тривалий час знаходиться в окупації, спеціалісти МАГАТЕ зазначають що актуальний стан на Запорізькій АЕС призведе до потенційної аварії. Так як питання потенційної радіаційної аварії є вельми актуальним в наш воєнний час, тому мною було розраховано ризик ураження населення при умовній аварії яка може статися на АЕС.

З огляду на воєнний стан і актуальність подій мною було розраховано ймовірну аварію: Місце розташування - м. Енергодар, відстань об'єкта господарювання від АЕС $R=10$ км, тип реактора ВВЕР-1000, швидкість вітру $V_B=1$ м/с від АЕС, напрямок - на об'єкт, рівень радіації на об'єкті на початку його зараження $P_{\Sigma}=6$ р/год. В ході розрахунку імовірною аврії на Запорізька АЕС показала що в зону зараження потрапляє село Водяне, в зону Б, а так як зона відноситься до сильного зараження то необхідно провести евакуацію населення, кількість якого складає 5920 осіб.

Функції Державної служби з надзвичайних ситуацій України у разі виникнення радіаційної аварії виконує такі дії: здійснює оповіщення та інформування центральних та місцевих органів виконавчої влади про загрозу виникнення і виникнення надзвичайних ситуацій, залучає підрозділи пошуково-рятувальних сил та аварійно-рятувальних служб центральних та місцевих

					ЛУЦЗУ.2.16-065.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

органів виконавчої влади, підприємств, установ, організацій незалежно від форми власності та координує їх діяльність під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій державного і регіонального рівня, організовує проведення пошуково-рятувальних робіт та здійснює контроль за їх проведенням, здійснює заходи щодо радіаційного захисту, координує та контролює здійснення заходів щодо захисту населення і територій у разі виникнення радіаційних аварій, координує проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт авіаційними силами та засобами ДСНС, інших центральних та місцевих органів виконавчої влади, підприємств, установ, організацій незалежно від форми власності, забезпечує гасіння пожеж, рятування людей, надання допомоги в ліквідації наслідків аварій, надає органам державної влади, органам місцевого самоврядування і населенню безоплатну інформацію загального користування

про фактичні та очікувані зміни гідрометеорологічних умов і стану навколишнього природного середовища, здійснює попередження про небезпечні та стихійні гідрометеорологічні явища

					НУЦЗУ.2.16-065.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
						52
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ЛІТЕРАТУРА

1. ЗВІТ про основні результати діяльності Державної служби України з надзвичайних ситуацій у 2022 році, URL: <https://dsns.gov.ua/upload/1/6/4/9/3/5/0/publicnii-zvit-2022-ostannia-versiia-1.pdf>.
2. НАЭК «Энергоатом» URL: <https://www.energoatom.com.ua/>
3. Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, URL: <https://www.mev.gov.ua/>
4. Сайт з питань ядерної безпеки, радіаційного захисту та нерозповсюдження ядерної зброї, URL: <https://www.uatom.org/ru/obschie-svediniya/deystvuyuschie-aes-ukrainy/zaporogskaya-aes>
5. «Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97)». Постанова від 1 грудня 1997 року № 62.
6. ТОП-9 найпотужніших аварій на АЕС, URL: https://espresso.tv/article/2014/04/25/top_9_naybilshykh_avariy_na_aes
7. «Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України». Наказ від 2 лютого 2005 року № 54.
8. План реагування на радіаційні аварії (НГ-306.5.01/3.083-2004), затверджений наказом Держатомрегулювання та МНС від 17.05.2004 № 7/211, зареєстрований в Мін'юсті 10.06.2004 за №720/9319, зі змінами, внесеними згідно з наказом Держатомрегулювання і МНС № 24/126, зареєстрованим в Мін'юсті 25.03.2010 за № 250/17545. - <http://document.ua>.
9. Атомні електростанції. URL: <https://corelamps.com/zahalne/atomna-elektrostantsiia/>
10. Корікова О. М. Доповідь про стан ядерної та радіаційної безпеки в Україні у 2023 році. URL: <https://snriu.gov.ua/storage/app/sites/1/%202022.pdf> (дата звернення: 07.12.2023).
11. Плачкова С.Г. Книга 5. Електроенергетика та охорона навколишнього середовища. Функціонування енергетики в сучасному світі. URL: <http://energetika.in.ua/ua/books/book-5/part-3/section-3/3-3/3-3-4>
12. Сайт з питань ядерної безпеки, радіаційного захисту та нерозповсюдження ядерної зброї, URL: <https://www.uatom.org/ru/obschie-svediniya/deystvuyuschie-aes-ukrainy/zaporogskaya-aes>

					НУЦЗУ.2.16-065.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

13. Мирний атом — зброя в руках терориста <https://ecoaction.org.ua/myrnyj-atom-zbroia-terorysta.html>

14. Наказ Державної інспекції ядерного регулювання України від 30.08.2017 № 313 «Про затвердження Вимог до періодичної переоцінки безпеки енергоблоків атомних станцій». URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1158-17>.

15. Закон України «Про охорону праці» від 01.10.2023 р.
[Електронний ресурс] URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text>
(Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1992, № 49, ст.669) 2. Джерело з інтернет ресурсів.

16. [Електронний ресурс] URL: <https://xplb47.ptu.org.ua/ohorona-pratsi/>

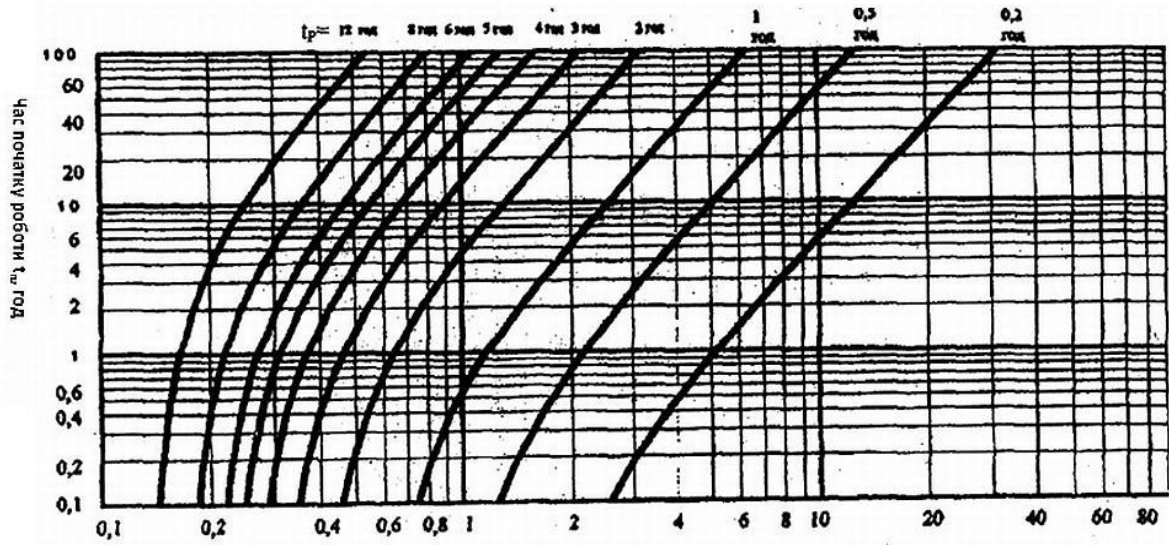
17. Конституція України від 01.01.2020 р.
[Електронний ресурс] URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254%D0%BA/96-%D0%B2%D1%80#Text> (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1996, № 30, ст.141).

18. «Основні засоби захисту від радіації»
[Електронний ресурс] URL: <https://pro-op.com.ua/article/1073-zasobi-individualnogo-zahistu-vd-radats>

19. Закон України «Кабінет міністрів України» від 30.03.2021 р.
[Електронний ресурс] URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text>
(Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2002, № 1200.).

ДОДАТОК

					НУЦЗУ.2.16-065.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55



Допоміжний параметр a , 1/год

P_1 - рівень радіації на 1 годину після аварії, Р/год;

D_y - величина установленної дози радіації, Р;

$$a = \frac{P_1}{D_y \cdot K_{осл\ буд}}, 1/ГОД$$

$K_{осл}$ - коефіцієнт ослаблення радіації будівлею, спорудою і т.і.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата