

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ**  
**ІНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МАТЕМАТИЧНИХ МАШИН І СИСТЕМ**

**ЗАТВЕРДЖЕНО**  
рішенням вченої ради  
ПІММС НАН України  
від « 03 » серпня 2022 року  
протокол № 7

**РОБОЧА НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА**  
**ДИСЦИПЛІНИ**

***«ЙМОВІРНІСНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОБ'ЄКТІВ І ПРОЦЕСІВ»***

Третій освітньо-науковий  
рівень вищої освіти – доктор філософії

Спеціальність – 122 Комп'ютерні науки

Київ 2022

## I. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Курс «Ймовірнісне моделювання об'єктів і процесів» (ІМОП) є новою версією дисципліни «Ймовірнісний аналіз безпеки». Курс включає досить повний обсяг відомостей про методологію й основні принципи методу ймовірнісного моделювання, і дозволяє вивчити основні підходи ймовірнісного моделювання, методологію і практичну її реалізацію на основі комп'ютерних кодів. Методологія ІМОП за міжнародними стандартами визнана найбільш адекватною для аналізу великих і складних технічних об'єктів (ВСТО), АЕС тощо. Застосування цієї методології за міжнародними нормами МАГАТЕ є обов'язковою при визначенні рівня безпеки атомних станцій та надійності роботи систем АЕС.

Загальну мету цієї дисципліни можливо визначити як формування у майбутніх фахівців компетенцій з моделювання, аналізу безпеки та оцінки ризиків найскладніших систем, АЕС тощо за нормальних умов роботи й можливих аварій, прогнозувати на основі ІМОП можливі аварії та визначати заходи їх запобігання. В результаті вивчення курсу слухачі отримують знання по визначенню показників надійності устаткування, систем і персоналу ВСТО, їх взаємодії у процесі ліквідації аварій.

Слухачі отримують **уміння й навички** практичної роботи з аналізу безпеки за допомогою комп'ютерних кодів, набувають уміння використовувати набуті знання при проектуванні і експлуатації обладнання ВСТО.

В результаті вивчення курсу фахівець отримує **знання** по показникам надійності устаткування, систем і персоналу ВСТО, їх взаємодії у процесі ліквідації аварій.

## II. РОЗПОДІЛ УЧБОВОГО ЧАСУ

Курс відноситься до спеціальних дисциплін, базується на попереднє вивчених дисциплінах: «Теорія ймовірності та математична статистика», «Математичне моделювання систем і процесів», «Енергетичні ядерні реактори», «Насосне та допоміжне обладнання ВСТО».

Розподіл навчальних годин кредитного модуля за видами навчальних занять здійснюється відповідно до робочого плану.

Форма навчання	Семестри	Всього кредитів/годин	Розподіл навчального часу за видами занять						Семестрова атестація
			Лекції	Практичні заняття	Семінарські заняття	Лабораторні роботи	Комп'ютерний практикум	СРС	
Денна	3,4	6/180	32	32	6	-	-	110	екзамен

Перелік основних компетенції, що мають бути набути протягом навчання наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Обов'язкові компетентності		Результати навчання
Загальні компетентності	Спеціальні (фахові) компетентності	
<p><b>ЗК01.</b> Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.</p> <p><b>ЗК04.</b> Здатність розв'язувати комплексні проблеми комп'ютерних наук на основі системного наукового світогляду та загального культурного кругозору із дотриманням принципів професійної етики та академічної доброчесності</p>	<p><b>СК02.</b> Здатність застосовувати сучасні методології, методи та інструменти експериментальних і теоретичних досліджень у сфері комп'ютерних наук, сучасні цифрові технології, бази даних та інші електронні ресурси у науковій та освітній діяльності.</p> <p><b>СК04.</b> Здатність ініціювати, розробляти і реалізовувати комплексні інноваційні проєкти у галузі комп'ютерних наук та дотичні до неї міждисциплінарних проєктах, демонструвати лідерство під час їх реалізації</p>	<p><b>РН02.</b> Вільно презентувати та обговорювати з фахівцями і нефахівцями результати досліджень, наукові та прикладні проблеми комп'ютерних наук державною та іноземною мовами, оприлюднювати результати досліджень у наукових публікаціях у провідних міжнародних наукових виданнях.</p> <p><b>РН04.</b> Розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі процесів і систем, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та/або створення інноваційних продуктів у комп'ютерних науках та дотичних міждисциплінарних напрямках.</p> <p><b>РН05.</b> Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з комп'ютерних наук та дотичних міждисциплінарних напрямків з використанням сучасних інструментів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу</p>

		<p>сучасних знань щодо досліджуваної проблеми.</p> <p><b>РН06.</b> Застосовувати сучасні інструменти і технології пошуку, оброблення та аналізу інформації, зокрема, статистичні методи аналізу даних великого обсягу та/або складної структури, спеціалізовані бази даних та інформаційні системи.</p> <p><b>РН10.</b> Відшуковувати, оцінювати та критично аналізувати інформацію щодо поточного стану та трендів розвитку, інструментів та методів досліджень, наукових та інноваційних проєктів з комп'ютерних наук</p>
--	--	---

### III. ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ

Розділ 1. Поняття про ІМОП.

Вступ. Визначення ризику. Ризик при природних і техногенних подіях.

Основні цілі виконання ІМОП.

Обсяг і зміст ІМОП.

Номенклатура та значення кількісних показників безпеки.

Розділ 2. Ймовірнісні моделі безпеки ВСТО.

Основні визначення ІМОП.

Основні поняття й визначення математичної статистики.

Основні поняття Булевої алгебри.

Визначення марковського процесу. Марковська модель безпеки АС.

Алгоритм ймовірнісного аналізу безпеки за допомогою кодів.

Вихідні події. Комп'ютерні коди для ІМОП.

Розділ 3. Короткий огляд базисного коду SAPHIRE.

Головне меню й управління кодом. Опції головного меню.

Концепції Бази даних, розміщення та збереження даних.

SAPHIRE сімейства (проєкти). Створення нового, вибір проєкту, введення даних, зміна даних.

Деякі загальні правила роботи із графічними редакторами.

Розділ 4. Дерева подій – сценарії розвитку можливих аварій.  
Дерева подій (ДП). Поняття, визначення та призначення.  
Метри й завдання побудови дерева подій.  
Загальні принципи побудови ДП.  
Побудова функціональних дерев подій.  
Побудова системних дерев подій. Визначення кінцевих станів.  
Визначення критеріїв успішної роботи систем ВСТО.  
Побудова дерев подій в SAPHIRE. Загальні правила.  
Процедури побудови й редагування дерев подій.  
SAPHIRE умовні позначки. Приклад побудови дерева подій для сценарію «мала течя» з врахуванням 4 систем безпеки.

Розділ 5. Дерева відмов (ДВ).  
Розробка дерева відмов. Умовні позначки дерева відмов.  
Графічний редактор дерева відмов в кодах IRRAS, SAPHIRE.  
Побудова дерев відмов систем безпеки (САОЗ ВД, САОЗ НД, САПВ).  
Логічний редактор. Конвертація ДВ.  
Зв'язок логічного й графічного режиму.

Розділ 6. Генерація аварійних послідовностей.  
Аварійні послідовності, визначення та моделювання.  
Аналіз видів відмов і наслідків як допоміжна процедура аналізу систем (ГОСТ 27.310-95).  
Класифікації відмов елементів за їх типами. Базисні (основні) події.  
Вибір моделей надійності СБ.  
Визначення ймовірності реалізації мінімальних перерізів (МП) з відмовами, виникаючими в режимі очікування.  
Визначення ймовірності реалізації МП, з відмовами виникаючими при виконанні СБ функцій безпеки.  
Інформація про базисні події. Введення даних.  
Генерація аварійних послідовностей  
Бази даних по надійності обладнання та систем ВСТО радянських проектів. Світові БД (МАГАТЕ, США).

Розділ 7. Моделювання простих систем.  
Основні підходи моделювання.  
Формат, використовуваний в описах і аналізах систем.  
Опис систем (для кожної системи).  
Друк, дисплейне представлення результатів моделювання.

Розділ 8. Генерація мінімальних перерізів (МП).  
Алгоритми вибору мінімальних перерізів.  
Обмеження числа аварійних послідовностей.  
Попередній кількісний аналіз аварійних послідовностей  
Меню й опції SAPHIRE для виконання аналізу аварійних послідовностей.  
Таблиці відображення результатів аналізу мінімальних перерізів системи  
Моделювання відновлення функцій операторам.

Розділ 9. Вихідні події.  
Аналіз і відбір вихідних подій.  
Способи групування, приблизний перелік вихідних подій.  
Методи ідентифікації вихідних подій.

Оцінка частот вихідних подій. Байєсовські оцінки.  
Запроектні аварії.

Розділ 10. Аналіз невизначеностей.

Природа невизначеностей. Аналіз невизначеності систем (дерев відмов).

Методи аналізу невизначеності, що реалізовані в SAPHIRE.

Невизначеності базисних подій. Типи розподілів ймовірностей базисних подій, які моделюються в SAPHIRE.

Меню й опції аналізу невизначеності дерева відмов.

Аналіз значимості, показники значимості. Представлення результатів.

Аналіз чутливості, необхідність та методи.

Розділ 11. Зв'язування дерев подій.

Зв'язування дерев подій, представлення єдиної моделі.

Меню й опції для зв'язування дерев подій.

Генерація мінімальних перерізів дерева подій.

Аналіз аварійних послідовностей дерева подій. Аналіз кінцевих станів.

Генерація звітної інформації.

Представлення результатів в SAPHIRE.

Розділ 12. Відмови із загальної причини.

Основи процедури аналізу подій, зв'язаних загальними причинами.

Методика якісного аналізу відмов із загальної причини.

Методи моделювання відмов з загальних причин.

Облік відмов з загальних причинах у деревах відмов систем.

Аналіз реалізованих у проекті мір захисту.

Збір і обробка даних по відмовах по загальних причинах

Розділ 13. Аналіз чутливості.

Загальні відомості. Способи зміни даних в SAPHIRE.

Створення "постійних" змін даних.

Створення "тимчасових" змін даних використовуючи Change Sets.

Аналіз (змін) мінімальних перерізів дерев відмов.

Аналіз чутливості дерева подій.

Аналіз чутливості залежних відмов елементів.

Аналіз залежностей у помилках персоналу.

Розділ 14. Суперкомпоненти.

Аналіз надійності на рівні каналів.

Моделювання суперкомпонентів.

Моделювання надійності СБ в SAPHIRE з використанням суперкомпонентів.

Розділ 15. Підготовка даних для ІМОП.

Поняття й показники надійності.

Аналіз даних і визначення параметрів моделей.

Кореляція даних з базисних подій.

Аналіз надійності елементів.

Класифікація систем і елементів ВСТО.

Зв'язок поняття безпеки атомної станції й надійності атомної станції.

Розділ 16. Аналіз попередників аварій. (ASP аналіз).

Аналіз попередників аварій за допомогою кодів SAPHIRE. Загальні відомості, алгоритми.

Процедури аналізу попередників аварій.

Прохід по ASP моделях.

Короткий опис програмних засобів GEM.

Розділ 17. Перехідні процеси на ВСТО.

Перехідні процеси. Загальні поняття, типові представники.

Розгляд повного знеструмлення, аналіз роботи СБ.

Моделювання за допомогою кодів SAPHIRE.

Аналіз виконання функцій СБ при перехідних процесах на прикладах, системні дерева подій перехідних процесів.

Розділ 18. Аналіз надійності персоналу.

Вступ. Основні визначення й вимоги НД ядерної галузі.

Стан проблеми. Природа людських помилок.

Методи аналізу й обліку людського чинника (ЛЧ).

Побудова Дерева Помилки персоналу.

Врахування людського чинника в розрахунках ІМОП. Оцінки типових помилок.

Розрахунок ймовірності помилки персоналу під час виконання аварійних дій.

Рекомендації методики МАГАТЕ по обліку ЛЧ в імовірнісних моделях.

Розділ 19. Аналізу порушень на ВСТО.

Стандарт з аналізу порушень на АЕС, як приклад. Порядок розслідування. Звіт з аналізу порушень. Приклад аналізу важливого порушення.

Побудова логічного дерева подій. Розробка коригувальних заходів з ліквідації наслідків порушення, запобіганню їх повторення.

Провести повний (повторний) аналіз порушення. Приклади аналізу важливих вихідних подій.

Якісний аналіз порушення.

Використання отриманих результатів для аналізу подій за методикою ASP.

Розділ 20. Рівень 2 ймовірнісного аналізу безпеки АЕС.

Постановка задачі моделювання.

Узагальнений опис процедури ІАБ-2 рівня.

Основні процеси при важких аваріях.

Викид розплаву із активної зони, взаємодія коріуму з бетоном і пряме нагрівання контайнменту.

Перенос радіоактивних продуктів розподілу в контайнменті.

Загоряння водню. Стан контайнменту. Характеристики викидів.

Коди для аналізу важких аварій на АЕС.

Деякі аспекти аналізу невизначеностей.

Розділ 21. Рівень 3 ймовірнісного аналізу безпеки АЕС.

Аналіз наслідків важких аварій. Постанова завдання.

Визначення вихідних даних.

Визначення характеристик розповсюдження радіонуклідів в атмосфері.

Огляд деяких комп'ютерних програм прогнозу наслідків і розрахунку ризиків опромінення.

Перенос радіонуклідів ґрунтовими водами

Розділ 22. Результати ІМОП для деяких ВСТО.

Коли й за допомогою якого коду виконані розрахунки.

Порівняння результатів. Особливості розрахунків ІМОП в різних країнах світу (США, Японія, Росія).

Використання результатів ІМОП для модернізації ВСТО України.

#### **IV. ПЕРЕЛІК ПРАКТИЧНИХ РОБІТ**

Основною метою практичних робіт є формування вмінь ймовірнісного аналізу безпеки ВСТО за допомогою комп'ютерних кодів, аналізу порушень в роботі ВСТО та їх класифікації відповідно до чинних в галузі стандартів, проведення аналізу та моделювання можливих помилок персоналу під час виконання відновлювальних дій.

##### **Перелік практичних робіт:**

1. Основні поняття й визначення математичної статистики.
2. Побудова дерев подій, графічний редактор ДП.
3. Побудова дерев відмов. Логічний редактор. Зв'язок логічного й графічного режиму.
4. Побудова ДВ простих систем: САОЗ ВД, САОЗ НД, САПВ. Інформація про базисні події. Введення даних.
5. Генерація мінімальних перерізів. Відображення результатів мінімальних перерізів системи.
6. Оцінка частот вихідних подій. Байєсовські оцінки. Перелік вихідних подій аварій, що рекомендується для обліку у ІМОП.
7. Аналіз значимості базисних подій дерева відмов одної з розглянутих систем.
8. Аналізу невизначеності результатів дерева відмов одної з розглянутих систем.
9. Зв'язування послідовностей дерева подій. Генерація мінімальних перерізів дерева подій.
10. Зв'язування послідовностей дерева подій. Генерація мінімальних перерізів кінцевих станів.
11. Меню й опції з генерації звітної інформації.
12. Моделювання відмов з загальних причин. Облік (врахування) відмов з загальних причин у деревах відмов систем.
13. Аналіз чутливості базисних подій дерева відмов одної з розглянутих систем.
14. Моделювання суперкомпонентів.
15. Процедури аналізу попередників аварій.
16. Розгляд повного знеструмлення АЕС. Моделювання за допомогою коду SAPHIRE.
17. Методи аналізу й обліку людського чинника. Побудова Дерева Помилки персоналу для розрахунків ймовірності колективної помилки.

#### **V. ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ**

Індивідуальні завдання передбачаються лише в випадках неможливості засвоєння слухачем із тих або інших причин матеріалу в повному обсязі.



## VI. КОНТРОЛЬНІ РОБОТИ

Контрольні роботи передбачена за темами «Дерева відмов» - I семестр та «Людський чинник» - II семестр. Ціль контрольної роботи за темою «Дерева відмов» – перевірка засвоєння умінь ймовірнісного моделювання систем ВСТО. Ціль контрольної роботи за темою «Людський чинник» - перевірка засвоєння умінь проведення розрахунку ймовірності помилки людини – оператора при виконанні запобіжних та корегувальних дій, в залежності від зовнішніх, внутрішніх факторів, контексту та обставин для не менша чотирьох послідовних шагів.

## VII. ПОТОЧНИЙ ТА ПІДСУМКОВИЙ КОНТРОЛЬ

Поточний контроль здійснюється під час проведення лекцій та практичних занять.

Підсумковий контроль – це оцінювання засвоєння студентами всього теоретичного матеріалу та рівня практичної підготовки з навчальної дисципліни.

Підсумкова оцінка виставляється за результатами поточного контролю за шкалою оцінювання, наведеною в таблиці 2.

Таблиця 2

Оцінка (за національною шкалою)	Бали
Атестований з оцінкою "відмінно"	91-100
Атестований з оцінкою "добре"	76-90
Атестований з оцінкою "задовільно"	60-75
Не атестований з оцінкою "незадовільно"	26-59
Не атестований з оцінкою "н/а"	0-25

Підсумковий контроль проводиться у формі екзамену.

## VIII. ПЕРЕЛІК ЕКЗАМЕНАЦІЙНИХ ПИТАНЬ

1. Визначення ризику. Ризик при природних і техногенних подіях.
2. Дерева відмов (ДВ) – ймовірнісні моделі складних систем.
3. Поняття й показники надійності обладнання сучасних складних систем.
4. Номенклатура та значення кількісних показників безпеки.
5. Моделювання систем безпеки (СБ). Основні підходи моделювання.
6. Інформаційна технологія безпеки.
7. Ймовірнісні моделі безпеки великих і складних технічних об'єктів.
8. Класифікації відмов елементів за їх типами. Базисні (основні) події.
9. Аналіз даних і визначення параметрів моделей.

10. Деревя подій – сценарії розвитку можливих аварій.
11. Результати ймовірнісного моделювання об'єктів і процесів для деяких великих і складних технічних об'єктів.
12. Основні поняття й визначення математичної статистики.
13. Визначення критеріїв успішної роботи систем великих і складних технічних об'єктів.
14. Аналіз видів відмов і наслідків як допоміжна процедура аналізу систем (ГОСТ 27.310-95).
15. Алгоритм ймовірнісного аналізу безпеки за допомогою кодів.
16. Генерація мінімальних перерізів (МП). Алгоритми вибору мінімальних перерізів.
17. Вихідні події. Комп'ютерні коди для ймовірнісного моделювання об'єктів і процесів.
18. Оцінка частот вихідних подій. Байесовські оцінки.
19. Аналіз значимості, показники значимості. Аналіз чутливості, необхідність та методи. Стійкість управління.
20. Аварійні послідовності, визначення та моделювання. Генерація аварійних послідовностей.
21. Природа невизначеностей. Аналіз невизначеності систем (ДВ).
22. Аналіз надійності персоналу.
23. Природа людських помилок. Методи й моделі аналізу й обліку людського чинника (ЛЧ).
24. Залежність результатів моделювання від часу.
25. Вирішення задачі визначення поточного рівня безпеки.

## **ІХ. НАВЧАЛЬНО – МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ**

### **Основна література**

1. Бегун В.В., Горбунов О.В., Каденко І.М., Письменний Е.М., та ін. Імовірнісний аналіз безпеки ВСТО. Київ, 2000. Глава 1, стор. 12- 28.
2. Швыряв Ю. В. и др. Вероятностный анализ безопасности атомных станций. Методика выполнения. Москва, ИАЭ им. И.В.Курчатова, 1992г, 266 с.
3. Описания систем важных для безопасности АЭС с реактором ВВЭР-1000. Электронный навчальный посібник, ред. Бегуна В.В., НТУУ «КПІ», ТЕФ, 2009.
4. Підручник «Культура безпеки в ядерній енергетиці», К. -2012, «Гранмна», 544 с. Бегун В.В., Широков С.В., Бегун С.В. та ін.
5. Методичні вказівки до виконання лабораторних занять (комп'ютерного практикуму) з дисципліни "Методи аналізу ризику та надійності ВСТО - ІМОП" для студентів спеціальності 8.05060301 — "Атомна енергетика". Укладачі: В.В. Бегун, О.О. Килина.
6. Глоссарий по вопросам культуры безопасности на ядерных объектах (русский, украинский, английский). К. -2012, «Гранмна», 146 с. Бегун В.В., Широков С.В., Бегун С.В. та ін.
7. NUREG/CR - 6116. Version 7.0. 2008, Systems Analysis Programs for Hands - on Integrated Reliability Evaluations (SAPHIRE). Айдахо, 2008.
8. Хенли Э. Дж., Кумамото Х., Надежность технических систем и оценка риска. Перевод с англ. Сыромятникова В. С. Москва, "Машиностроение", 1984 г.

### **Додаткова література**

1. Бегун В.В. Методологічні основи інформаційної технології управління безпекою на основі ризик-орієнтованого підходу: дис. ... д-ра техн. наук: 05.13.06. Київ, 2020. 553 с.

2. МАГАТЭ. Руководство по проведению вероятностного анализа безопасности атомных станций. Отчет, 1990 г.
3. Integrated Reliability and Risk Analysis System (IRRAS). Basic Training Course. NRC, Washington, 1995.
4. NUREG/CR - 6116. Systems Analysis Programs for Hands - on Integrated Reliability Evaluations (SAPHIRE). Version 5.0. 1994.
5. ASP. Accident Sequence Precursor. Event Tree/ Fault Tree Development Course. 1995.
6. Human Reliability And Safety Analysis Data Handbook. David I. Gertman, Harold S. Blakman, New York, 1995.
7. Т. Х. Маргулова. Атомные электрические станции. Москва, 1978 г., 360 с.
8. Овчинников Ф. Я., Голубев Л. И. Добрынин и др. Эксплуатационные режимы водо-водяных энергетических реакторов. - М. : Атомиздат, 1977.
9. Human Reliability Assessment Training Course. USA, INEL, 1995.
10. Train Level Reliability. Analysis Training Course. NRC, USA, INEL, 1995.
11. Вентцель Е. С. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения. Высшая школа, Москва, 1990 г.
12. Хенли Э. Дж., Кумамото Х. Надежность технических систем и оценка риска. Перевод с англ. Сыромятникова В. С., Москва, "Машиностроение", 1984 г.
13. Широков С. В. Ядерные энергетические реакторы. Киев, 1997 г.
14. Типовой технологический регламент безопасной эксплуатации энергоблока АЭС с реактором ВВЭР-1000 (В-320). ТРВ - 1000 - 3. Москва, Минэнерго СССР, 1988 г.
15. Руководство по безопасности №50-SG-D1. Функции безопасности систем атомных электростанций. МАГАТЭ, 1980.
16. Серия изданий по безопасности МАГАТЭ, №75 - INSAG - 6. Вероятностный анализ безопасности. МАГАТЭ, Вена, 1994.
17. Бегун В.В., Бегун С.В., Широков С.В. и др. Культура безопасности на ядерных объектах Украины. ГП НАЭК «Энергоатом», г. Киев, 2009 г., 386 с.
18. НД 306.205-96. Положение о порядке расследования и учета нарушений в работе атомных станций. НАЭК, Киев, 1996.
19. Официальный сайт ГП НАЭК Энергоатом (<http://www.energoatom.kiev.ua/ru/index.html>).
20. Офіційний сайт Державного комітету ядерного регулювання України (<http://www.snrc.gov.ua/nuclear/uk/index>).
21. Официальный сайт Международного агентства по атомной энергии (<http://www.iaea.org/>).
22. Сайт Всемирного ядерного сообщества WNA (World Nuclear Association) (<http://www.world-nuclear.org/>).
23. Общие положения обеспечения безопасности атомных станций (О П Б -88). ПНАЭ Г-1-011-89, 1989 г.
24. Норми радіаційної безпеки України.(НРБУ-97). Державні гігієнічні нормативи. Київ 1997 Концепція державного регулювання безпеки та управління ядерною галуззю в Україні: Постанова Верховної Ради України від 25 січня 1994 року № 3871-ХІІ.
25. Глоссарий МАГАТЭ по вопросам безопасности. Терминология, используемая в области ядерной безопасности и радиационной защиты. Издание 2007 года. Международное агентство по атомной энергии, Вена, 2008 г., 303 с.
26. Общие положения безопасности атомных станций (ОПБ -2008). НП 306.2.141-2008. Киев, ГКЯРУ, 2008 г.

Розробник програми  
д.т.н., доцент **БЕГУН В.В.**