



МЕТОДИ АНАЛІЗУ РИЗИКУ ТА НАДІЙНОСТІ АТОМНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>14 Електрична інженерія</i>
Спеціальність	<i>143 Атомна енергетика</i>
Освітня програма	<i>ОПП Атомні електричні станції</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>120 годин/4 кр.</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Іспит/МКР</i>
Розклад занять	<i>1 лекція у тиждень, rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>к.т.н, Клевцов Сергій Валерійович, s.klevtsov@kpi.ua</i> Лабораторні: <i>Викладачі кафедри АЕС і ІТФ</i>
Розміщення курсу	<i>Посилання на дистанційний ресурс (Moodle, Google classroom, тощо) – Кампус?</i>

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Імовірнісний аналіз безпеки є важливим інструментом що доповнює детерміністичний аналіз і знаходить все більш використання для забезпечення та підвищення безпеки АЕС і використовується для оптимізації планово-попереджувальних ремонтів та навіть на БЦК у якості Риск моніторингу у режимі реального часу.

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів здатностей (компетентності):

ЗК 01. Здатність до пошуку, оброблення, аналізу та застосування інформації з різних джерел.

ЗК 02. Здатність розробляти проекти та управляти ними.

ЗК 03. Здатність виявляти та оцінювати ризики.

ЗК 04. Здатність використовувати іноземну мову для здійснення науково-технічної діяльності.

ЗК 05. Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності).

ФК 02. Здатність застосовувати існуючі та розробляти нові методи, методики, технології та процедури для вирішення складних інженерних завдань в галузі атомної енергетики.

ФК 03. Здатність застосовувати отримані спеціалізовані концептуальні знання та навички при проектуванні та експлуатації обладнання та систем.

ФК 06. Здатність демонструвати розуміння нормативно-правових актів, норм, правил і стандартів в галузі атомної енергетики.

ФК 09. Здатність розробляти та впроваджувати заходи з підвищення надійності та безпеки при проектуванні та експлуатації обладнання атомно-енергетичного комплексу.

ФК 10. Здатність приділяти увагу питанням безпеки відповідно до їх значимості.

ФК 11. Здатність приймати ефективні рішення з проектування і експлуатації систем та обладнання реакторних установок з урахуванням вимог що до якості, екологічності, надійності, конкурентноздатності та охорони праці.

ФК 12. Здатність застосовувати отримані знання та навички з детерміністичного та імовірнісного аналізу для підвищення надійності та безпеки АЕС із врахуванням вимог чинного законодавства, національних норм, правил і стандартів з ядерної енергетики.

Після вивчення дисципліни передбачається досягнення наступних програмних результатів навчання::

ПРН 01. Розв'язувати складні інженерні завдання і проблеми атомної енергетики, що потребує оновлення та інтеграції знань.

ПРН 02. Демонструвати спеціалізовані концептуальні знання з атомної енергетики, набуті у процесі навчання та/або професійної діяльності, у тому числі знання і розуміння новітніх досягнень, які забезпечують здатність до інноваційної та дослідницької діяльності.

ПРН 05. Використовувати сучасні технології, обладнання, засоби управління інформацією для вирішення складних інженерних завдань і проблем атомної енергетики.

ПРН 06. Застосовувати отримані знання для аналізу інженерних об'єктів, процесів і методів атомної енергетики.

ПРН 08. Застосовувати свої знання і розуміння для розробки проектів згідно із визначеними та описаними вимогами до конструкцій, технологічних схем, режимів роботи обладнання, характеристик теплоносіїв, схем їх руху та відповідних матеріалів, що застосовуються при аналізі процесів і проектуванні обладнання атомно-енергетичного комплексу.

ПРН 09. Розуміння методології проектування обладнання атомно-енергетичного комплексу відповідно до технічних умов та нормативних документів.

ПРН 10. Формулювати і розв'язувати складні інженерні, виробничі та/або дослідницькі задачі під час проектування і експлуатації обладнання та створення конкурентоспроможних розробок, втілення результатів у інноваційних проектах.

ПРН 12. Розуміння проблем здоров'я, безпеки і правових питань та відповідних обов'язків інженерної практики в атомній енергетиці, соціальних та екологічних наслідків технічних рішень, відповідальності та обов'язків щодо дотримання кодексу професійної етики і норм інженерної практики.

ПРН 16. Застосовувати отримані знання для надійної нормальної експлуатації АЕС та переводу реакторної установки у контрольований безпечний стан в аварійних режимах.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Перелік дисциплін, або знань та умінь, володіння якими необхідні студенту (вимоги до рівня підготовки) для успішного засвоєння дисципліни:

ПО 4 Режими експлуатації атомних електричних станцій

Перелік дисциплін які базуються на результатах навчання з даної дисципліни:

ПО 3 Курсова робота з методів аналізу ризику та надійності атомних електричних станцій

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Поняття про ІАБ

Тема 1 Введення в ІАБ. Класифікація ІАБ

Тема 2 Основні цілі виконання ІАБ

Тема 3 Обсяг і зміст ІАБ

Тема 4 Номенклатура та значення кількісних показників безпеки

Розділ 2. ІАБ 1-го рівня

Тема 1 Ідентифікація та групування вихідних подій

Тема 2 Опис систем

Тема 3 База даних з надійності обладнання. Відмови із загальної причини

Тема 4 Оцінка частот вихідних подій

Тема 5 Аналіз критеріїв успіху

Тема 6 Аналіз аварійних послідовностей – розробка дерев подій

Тема 7 Аналіз систем – розробка дерев відмов

Тема 8 Аналіз надійності персоналу

Тема 9 Кількісний аналіз аварійних послідовностей. Аналіз невизначеностей, значимості та чутливості

Тема 10 Аналіз результатів та рекомендації ІАБ

Розділ 3. Сучасне використання ІАБ

Тема 1 Використання ІАБ для модернізації

Тема 2 Аналіз попередників аварій. (ASP аналіз)

Тема 3 Використання ІАБ для прийняття рішень заснованих на оцінці ризику.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базові джерела.:

- 1. Швыряв Ю. В. и др. Вероятностный анализ безопасности атомных станций. Методика выполнения. Москва, ИАЭ им. И.В.Курчатова, 1992г, 266 с..*
- 2. Методичні вказівки до виконання лабораторних занять (комп'ютерного практикуму) з дисципліни "Методи аналізу ризику та надійності АЕС - ІАБ" для студентів спеціальності 8.05060301 — "Атомна енергетика". Укладачі: В.В. Бєгун, О.О. Килина.*

3. Бегун В.В., Горбунов О.В., Каденко І.М., Письменний Е.М., та ін. Імовірнісний аналіз безпеки АЕС. Київ, 2000.

Додаткові:

1. Хенли Э. Дж., Кумамото Х., Надежность технических систем и оценка риска. Перевод с англ. Сыромятникова В. С. Москва, "Машиностроение", 1984 г.
2. Вентцель Е. С. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения. Высшая школа, Москва, 1990 г.

Інформаційні ресурси

1. www.energoatom.kiev.ua – Офіційний сайт НАЕК «Енергоатом»
2. www.rosatom.ru – Офіційний сайт РосЕнергоАтома.
3. www.kiae.ru – Офіційний сайт РНЦ «Курчатовский Институт».
4. www.world-nuclear-university.org – Офіційний сайт світового університету з ядерної енергетики.
5. www.iaea.org – Офіційний сайт МАГАТЕ

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Надається інформація (за розділами, темами) про всі навчальні заняття (лекції, практичні, семінарські, лабораторні) та надаються рекомендації щодо їх засвоєння (наприклад, у формі календарного плану чи деталізованого опису кожного заняття та запланованої роботи).

Лекційні матеріали подаються за допомогою відео проектора. Найбільш важлива інформація для конспектування відображається жирним шрифтом. Лабораторні роботи виконуються за допомогою спеціалізованої програми з ІАБ - SAPHIRE.

Необхідна навчальна література знаходиться в науково-технічній бібліотеці КПІ ім. І.Сікорського та кабінеті курсового та дипломного проектування кафедри АЕС і ІТФ.

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1.	Вступ
Розділ 1 Поняття про ІАБ	
2.	Введення в ІАБ. Класифікація ІАБ
3.	Основні цілі виконання ІАБ
4.	Обсяг і зміст ІАБ
5.	Номенклатура та значення кількісних показників безпеки Література до розділу 1. [1], с. 19-57. С.Р.С. [3], с. 10-27.
Розділ 2 ІАБ 1-го рівня	

6.	Ідентифікація та групування вихідних подій <i>Література. [1], с. 163-168.</i> <i>С.Р.С. [3], с. 196-206.</i>
7.	Опис систем <i>Література. [1], с. 184-218.</i> <i>С.Р.С. [3], с. 154-179.</i>
8.	База даних з надійності обладнання. Відмови із загальної причини <i>Література. [1], с. 172-184.</i> <i>С.Р.С. [3], с. 293-307.</i>
9.	Оцінка частот вихідних подій <i>Література. [1], с. 241-252.</i> <i>С.Р.С. [3], с. 209-214.</i>
10	Аналіз критеріїв успіху <i>Література. [1], с. 168-170.</i> <i>С.Р.С. [3], с. 123-130.</i>
11	Аналіз аварійних послідовностей – розробка дерев подій <i>Література. [1], с. 170-172.</i> <i>С.Р.С. [3], с. 73-98.</i>
12	Аналіз систем – розробка дерев відмов <i>Література. [1], с. 105-108.</i> <i>С.Р.С. [3], с. 98-123., 152-179.</i>
13	Аналіз надійності персоналу <i>Література. [1], с. 223-241.</i> <i>С.Р.С. [3], с. 345-368.</i>
14	Кількісний аналіз аварійних послідовностей. Аналіз невизначеностей, значимості та чутливості <i>Література. [1], с. 184-219.</i> <i>С.Р.С. [3], с. 183-194.</i>
15	Аналіз результатів та рекомендації ІАБ <i>Література. [1], с. 184-219.</i> <i>С.Р.С. [3], с. 271-284, 217 – 236.</i>
16	Модульна контрольна робота <i>Література. [1], с. 85 - 252.</i> <i>С.Р.С. [3], с. 72-309.</i>
Розділ 3 Сучасне використання ІАБ	
17	Використання ІАБ для модернізації
18	Аналіз попередників аварій. (ASP аналіз)
19	Використання ІАБ для прийняття рішень заснованих на оцінці ризику

<i>Література до розділу 6. [1], с. 253-328. С.Р.С. [3], с. 311-328.</i>
--

У якості індивідуального завдання для всіх форм навчання рекомендується виконання проектної роботи, завданням якої є закріплення студентами знань з технологічних та теплогідравлічних процесів в ЯЄУ при аваріях, методології виконання ІАБ, моделювання систем, а також дій персоналу при аваріях.

Виконуються наступні лабораторні роботи з використанням програмного коду SAPHIRE.

<i>№ з/п</i>	<i>Назва лабораторної роботи (комп'ютерного практикуму)</i>
<i>1.</i>	<i>Побудова дерев подій, графічний редактор ДП.</i>
<i>2.</i>	<i>Побудова дерев відмов. Логічний редактор. Зв'язок логічного й графічного режиму.</i>
<i>3.</i>	<i>Побудова ДВ простих систем. Інформація про базисні події. Введення даних.</i>
<i>4.</i>	<i>Генерація мінімальних перерізів. Відображення результатів мінімальних перерізів системи.</i>
<i>5.</i>	<i>Оцінка частот вихідних подій. Байесовские оцінки. Перелік вихідних подій аварій, що рекомендується для обліку у ІАБ.</i>
<i>6.</i>	<i>Аналіз значимості, чутливості та невизначеності</i>
<i>7.</i>	<i>Зв'язування послідовностей дерева подій. Генерація мінімальних перерізів кінцевих станів.</i>
<i>8.</i>	<i>Зв'язування послідовностей дерева подій. Генерація мінімальних перерізів дерева подій.</i>

6. Самостійна робота студента/аспіранта

<i>№ з/п</i>	<i>Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання</i>	<i>Кількість годин СРС</i>
<i>1.</i>	<i>Обробка статистичних даних з експлуатації обладнання методами математичної статистики</i>	<i>4</i>
<i>2.</i>	<i>Аналіз взаємодії обладнання в процесі роботи</i>	<i>4</i>
<i>3.</i>	<i>Побудова й дослідження імовірнісної моделі роботи систем енергоблоку – дерева відмов (ДВ) для 4-5 систем</i>	<i>10</i>
<i>4.</i>	<i>Аналіз ролі людського чинника (ЛЧ) в роботі систем</i>	<i>6</i>
<i>5.</i>	<i>Вибір критеріїв успіху в роботі систем в залежності від вихідних подій (ВП)</i>	<i>2</i>
<i>6.</i>	<i>Побудови можливих сценаріїв розвитку аварій в залежності від вихідних подій та роботи вибраних систем безпеки (надійності обладнання)</i>	<i>8</i>
<i>7.</i>	<i>Визначення кінцевих станів аварії за варіантом в залежності від відмов систем захисту розрахунком за допомогою теплогідравлічного коду</i>	<i>4</i>
<i>8.</i>	<i>Побудова й дослідження імовірнісної моделі можливої аварії (за варіантом) в залежності від ВП й надійності систем</i>	<i>4</i>

9.	Розробка рекомендацій з підвищення надійності СБ й безпеки енергоблоку	4
10.	Формування звіту з безпеки	2
11.	Модульна контрольна робота	3

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Навчання проводиться у вигляді потокових лекцій з використанням відеопроєктора, лабораторних робіт з експрес-опитуванням.

Заняття проводяться відповідно до розкладу, запізнення не допускаються. Відвідування занять є обов'язковим.

На лабораторних роботах студенти працюють самостійно, використовуючи довідкову літературу.

Модульна контрольна робота пишеться самостійно, користування додатковими матеріалами виключено.

Під час навчання, а особливо при проведенні контрольних заходів студенти повинні строго дотримуватись Кодексу честі, який доступний зав посиланням : <https://kpi.ua/code>.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Вказуються всі види контролю та бали за кожен елемент контролю, наприклад:

Поточний контроль: експрес-опитування, опитування за темою заняття, МКР, тест тощо

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: екзамен / залік / захист курсового проекту (роботи)

Умови допуску до семестрового контролю: мінімально позитивна оцінка за індивідуальне завдання / зарахування усіх лабораторних робіт / семестровий рейтинг більше XX балів.

Розподіл навчального часу за видами занять і завдань з дисципліни згідно з робочим навчальним планом:

Форма навчання	Кредитні модулі	Всього		Розподіл навчального часу за видами занять				Семестров а атестація
		кредитів	годин	лекції	практичні (семінарські) заняття	лабораторні роботи (комп'ютерні практикуми)	СРС	
Денна	1	4.0	120	36	-	18	66	Екзамен

Рейтинг студента з кредитного модуля складається з балів, які він отримує за:

- 1) активну участь у роботі на лекціях;
- 2) виконання модульної контрольної роботи;
- 3) підготовку розрахунково-графічної роботи;
- 4) виконання лабораторних робіт;
- 5) відповідь на заліку.

Система рейтингових балів

Система оцінки успішності за видами занять і завдань з кредитного модуля згідно з робочою навчальною програмою:

	кількість	бали	сума балів
Лабораторні заняття	4	виконання завдання та захист	5 20
КР	1	виконання завдання та захист	20 20
Мод. КР	1	виконання	10 10
Сума вагових балів контрольних заходів			50

Шкала балів за відповідні рівні оцінювання з кожного виду контролю.

1. МКР:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 9-10 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними помилками – 7-8 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 5-6 бали;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам) – 4-0 балів.

2. Курсова робота:

- за умови повністю правильно виконаного завдання та доповіді, а також відповіді на запитання до доповіді оцінюється в 20 балів;
- за умови несвоєчасного подання КР на перевірку нараховуються штрафні 3 бали;
- якщо КР виконано з помилками, то нараховуються штрафні бали (- 1 бал за кожну помилку);
- за умови не відповіді, або помилкової відповіді на захисті за доповіддю нараховуються штрафні бали (- 1 бал по кожній позиції).

3. Лабораторна робота (з розрахунку виконання 4-х лабораторних робіт):

- за умови повністю правильно та вчасно виконаної роботи (3 бали), правильно оформленого протоколу (1 бал), гарного і своєчасного захисту роботи (1 бал) – 4×5=20 балів;
- за умови невиконання (зниження) показника хоча б з однієї позиції нараховуються штрафні бали (- 1 бал по кожній позиції)
- «задовільно», не достатньо повне розкриття питань, достатня робота на лабораторній роботі – 3...2 балів.

Заохочувальні і штрафні бали:

	бали
1. Несвоєчасне виконання КР	-3
3. Відсутність на лекції або на практичних заняттях без поважних причин	-2
4. Ведення конспекту лекцій	1...5
5. Експрес - відповідь на лекції	1...2
Сума заохочувальних і штрафних балів R₅	10

За результатами навчальної роботи за перші 7 тижнів «ідеальний студент» має набрати 36 балів. На першій атестації (8-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 18 балів.

За результатами 13 тижнів навчання «ідеальний студент» має набрати 54 бали. На другій атестації (14-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 32.

Максимальна сума балів стартової складової складає 50. Необхідною умовою допуску до екзамену є захист лабораторних робіт та стартовий рейтинг не менше 35 балів.

Екзаменаційна робота складається з двох теоретичних питань і одного практичного завдання. Перше і друге питання оцінюються у 10 балів, практичне завдання – у 30 балів.

Кожне питання екзаменаційної роботи оцінюється згідно до системи оцінювання:

- правильне раціональне рішення, або повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 9-10 (25-30) балів;
- достатньо повна відповідь, правильне рішення (не менше 70% потрібної інформації, або незначні неточності) – 7-8 (20-24) балів;
- неповна відповідь, рішення з помилками (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 6 (15-19) балів;
- незадовільна відповідь, або відсутність рішення (менше 60% потрібної інформації та помилки) – менше 5 (14) балів.

Отриманий студентом рейтинг переводиться в традиційні оцінки згідно з таблицею:

$R_D = r_1 + r_2$	Національна оцінка
$95 \leq R_D \leq 100$	відмінно
$85 \leq R_D \leq 94$	дуже добре
$75 \leq R_D \leq 84$	добре
$65 \leq R_D \leq 74$	задовільно
$60 \leq R_D \leq 64$	достатньо
$R_D \leq 59$	незадовільно
Є не зараховані лабораторні роботи, та курсовий проект або $R_C \leq 30$	не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань на іспит до курсу «Методи аналізу ризику на надійності АЕС» за денною формою навчання:

1. Сформулювати цілі ІАБ та ймовірні критерії безпеки.
2. Які юридичні підстави передбачені для застосування методології ІАБ.
3. Викласти основні переваги ІАБ.
4. Які результати дозволяє досягти використання ІАБ.
5. Які властивості і обмеження притаманні ІАБ.
6. Класифікація ІАБ.
7. Процедура виконання ІАБ 1-го рівня по відношенню до внутрішніх ініціаторам.
8. Які основні розподілу застосовуються в ІАБ і за допомогою яких параметрів їх задають?
9. Особливості логнормального розподілу.
10. Особливості біномного розподілу.
11. Особливості розподілу Пуассона.
12. Привести перелік основних ФБ і їх визначення.

13. Цілі і процедурні кроки завдання «Ідентифікація та групування ВПА» в частині ідентифікації ВПА.
14. Сформулювати визначення поняття ВПА і привести класифікацію ВПА.
15. Дати визначення категорії 1 ВПА і навести приклади.
16. Дати визначення категорії 2 ВПА і навести приклади.
17. Дати визначення категорії 3 ВПА і навести приклади.
18. Цілі і процедурні кроки завдання «Ідентифікація та групування ВПА» в частині групування ВПА.
19. Цілі і визначення обсягу робіт завдання «База даних по опису систем»
20. Описати розділи, що входять до опису кожної системи.
21. Привести формулу розрахунку повної неготовності елемента і формули розрахунку її доданків.
22. Описати основні процедурні кроки етапу збору первинної інформації щодо відмов.
23. Як визначаються межі обладнання.
24. Описати основні процедурні кроки етапу обробки первинної інформації щодо відмов і розрахунку параметрів надійності.
25. Привести і описати формули розрахунків відмов на вимогу і в роботі (пряма оцінка і оцінка методом Байєса).
26. Що таке залежний відмова і в чому полягає його важливість для ІАБ.
27. Які категорії залежних відмов існують в ІАБ?
28. Описати основні процедурні кроки формування БД ВЗП.
29. Як виробляються якісний і кількісний відбір відмов із загальної причини.
30. Кількісна оцінка параметрів ВЗП: модель β - фактору.
31. Кількісна оцінка параметрів ВЗП: модель α - фактору.
32. Кількісна оцінка параметрів ВПП: модель грецьких букв.
33. Сформулювати мету розробки БД по інцидентах і порушень, а також описати процедуру виконання цього завдання.
34. Сформулювати мету оцінки частот ВПА, а також описати процедуру виконання цього завдання.
35. Методологія оцінки частот ВПА. Специфіка оцінки частот з нульовою статистикою.
36. Мета аналізу критеріїв успіху і основні визначення.
37. Описати основні процедурні кроки аналізу КУ.
38. Цілі і основні проблеми аналізу надійності персоналу.
39. Описати категорії дій персоналу і привести для них приклади.
40. Описати основні процедурні кроки аналізу надійності персоналу.
41. Залежності між діями персоналу. Їх категорії і способи оцінки.
42. Якісна і кількісна оцінка дій персоналу типу «А».
43. Якісна і кількісна оцінка дій персоналу типу «В».
44. Підходи до кількісної оцінки дій персоналу типу «С».
45. Процедура оцінки ймовірності помилки персоналу типу «С» (випадки А і Б).
46. Мета побудови дерев подій і основні визначення.
47. Методи і процедура побудови ДП.
48. Мета побудови дерев відмови і основні визначення.
49. Описати основні процедурні кроки розробки ДВ.
50. Цілі і процедура кількісної оцінки АП.
51. Методи аналізу чутливості.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено посада, науковий ступінь, вчене звання, ПІБ

Ухвалено кафедрою _____ (протокол № ___ від _____)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № ___ від _____)