



# МЕТОДИ АНАЛІЗУ РИЗИКУ ТА НАДІЙНОСТІ АТОМНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ

## Робоча програма навчальної дисципліни (силабус)

### 1. 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>ОНП 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>135 годин/4.5 кредити ЄКТС, 36 годин лекцій, 18 годин лабораторних робіт, 81 година СРС</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>екзамен/модульна контрольна робота</i>
Розклад занять	<a href="http://roz.kpi.ua/">http://roz.kpi.ua/</a>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н, Клевцов Сергій Валерійович, <a href="mailto:s.klevtsov@kpi.ua">s.klevtsov@kpi.ua</a> Лабораторні роботи: Остапенко Іван Анатолійович, <a href="mailto:i.ostapenko.kpi@gmail.com">i.ostapenko.kpi@gmail.com</a>
Розміщення курсу	<a href="https://do.ipk.kpi.ua/enrol/index.php?id=7405">https://do.ipk.kpi.ua/enrol/index.php?id=7405</a>

### 2. 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 АС і використовується для оптимізації планово-попереджувальних ремонтів та навіть на БЦК у якості ризику моніторингу у режимі реального часу.

**Предметом** навчальної дисципліни є методологія та процедура виконання сучасного універсального інженерного інструменту - Імовірнісного аналізу безпеки АС.

**Метою** навчальної дисципліни є формування у студентів наступних фахових здатностей (компетентностей):

1. Здатність виявляти та оцінювати ризику (ЗК 03).
2. Здатність застосовувати існуючі та розробляти нові методи, методика, технології та процедури для вирішення складних інженерних завдань в галузі атомної енергетики (ФК 02).
3. Здатність застосовувати отримані спеціалізовані концептуальні знання та навички при проектуванні та експлуатації обладнання та систем (ФК 03).
4. Здатність демонструвати розуміння нормативно-правових актів, норм, правил и стандартів в галузі атомної енергетики (ФК 06).
5. Здатність розробляти та впроваджувати заходи з підвищення надійності та безпеки при проектуванні та експлуатації обладнання атомно-енергетичного комплексу (ФК 09).
6. Здатність приділяти увагу питанням безпеки відповідно до їх значимості (ФК 10).
7. Здатність приймати ефективні рішення з проектування і експлуатації систем та обладнання реакторних установок з урахуванням вимог що до якості, екологічності, надійності, конкурентоздатності та охорони праці (ФК 11).

Згідно з вимогами освітньо-наукової програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі **програмні результати навчання**:

1. Розв'язувати складні інженерні завдання і проблеми атомної енергетики, що потребує оновлення та інтеграції знань (ПРН 01).
2. 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 02).
3. Використовувати сучасні технології, обладнання, засоби управління інформацією для вирішення складних інженерних завдань і проблем атомної енергетики (ПРН 05).
4. Застосовувати отримані знання для аналізу інженерних об'єктів, процесів і методів атомної енергетики (ПРН 06).
5. 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 08).
6. Розуміння методології проектування обладнання атомно-енергетичного комплексу відповідно до технічних умов та нормативних документів (ПРН 09).
7. 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 10).
8. 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 12).

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

**Пререквізити:** *Режими експлуатації атомних електричних станцій*

**Постреквізити:** *Методи аналізу ризику та надійності атомних електричних станцій. Курсова робота*

## **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**

Базова (підручники, навчальні посібники) література.

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

Додаткова (монографії, статті, документи, електронні ресурси) література.

3. 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. Бегун, О.О. Килина.
4. M.Modarres, Reliability and Risk Analysis. Printed in the United States of America, Marcel Dekker Inc./New-York: 349 pages – ISBN: 0-8247-8958-X
5. Хенли Э. Дж., Кумамото Х., Надежность технических систем и оценка риска. Перевод с англ. Сыромьятникова В. С. Москва, "Машиностроение", 1984 г.
6. Швыряев Ю. В. и др. Вероятностный анализ безопасности атомных станций. Методика выполнения. Москва, ИАЭ им. И.В.Курчатова, 1992г, 266 с.
7. Вентцель Е. С. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения. Высшая школа, Москва, 1990 г.

Інформаційні ресурси

1. [www.energoatom.kiev.ua](http://www.energoatom.kiev.ua) – Офіційний сайт НАЕК «Енергоатом»
2. [www.world-nuclear-university.org](http://www.world-nuclear-university.org) – Офіційний сайт світового університету з ядерної енергетики.
3. [www.iaea.org](http://www.iaea.org) – Офіційний сайт МАГАТЕ

## 8. Навчальний контент

### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Оскільки дисципліна „Методи аналізу ризику та надійності Атомних електричних станцій” пов'язана із дисциплінами фахової підготовки, то її викладання, а особливо виконання індивідуальних завдань, є запорукою подальшого засвоєння студентами спеціальних фахових дисциплін, та формування базових основ професійної діяльності.

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 АЕ.

№ з/п лекції	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1.	Вступ
<b>Розділ 1 Поняття про ІАБ</b>	
	Введення в ІАБ. Класифікація ІАБ
2.	Основні цілі виконання ІАБ
3.	Обсяг і зміст ІАБ
4.	Номенклатура та значення кількісних показників безпеки <b>Література до розділу 1.</b> [1], с. 19-57. <b>С.Р.С.</b> [3], с. 10-27.
<b>Розділ 2 ІАБ 1-го рівня</b>	
5.	Ідентифікація та групування вихідних подій <b>Література.</b> [1], с. 163-168. <b>С.Р.С.</b> [3], с. 196-206.
6.	Опис систем <b>Література.</b> [1], с. 184-218. <b>С.Р.С.</b> [3], с. 154-179.
7.	База даних з надійності обладнання. Відмови із загальної причини <b>Література.</b> [1], с. 172-184. <b>С.Р.С.</b> [3], с. 293-307.
8.	Оцінка частот вихідних подій <b>Література.</b> [1], с. 241-252. <b>С.Р.С.</b> [3], с. 209-214.
9.	Аналіз критеріїв успіху

	<i>Література. [1], с. 168-170. С.Р.С. [3], с. 123-130.</i>
10.	<i>Аналіз аварійних послідовностей – розробка дерев подій Література. [1], с. 170-172. С.Р.С. [3], с. 73-98.</i>
11.	<i>Аналіз систем – розробка дерев відмов Література. [1], с. 105-108. С.Р.С. [3], с. 98-123., 152-179.</i>
12.	<i>Аналіз надійності персоналу Література. [1], с. 223-241. С.Р.С. [3], с. 345-368.</i>
13.	<i>Кількісний аналіз аварійних послідовностей. Аналіз невизначеності, значимості та чутливості Література. [1], с. 184-219. С.Р.С. [3], с. 183-194.</i>
14.	<i>Аналіз результатів та рекомендації ІАБ Література. [1], с. 184-219. С.Р.С. [3], с. 271-284, 217 – 236.</i>
<b>Розділ 3 Сучасне використання ІАБ</b>	
15.	<i>Використання ІАБ для модернізації</i>
16.	<i>Аналіз попередників аварій. (ASP аналіз)</i>
17.	<i>Використання ІАБ для прийняття рішень заснованих на оцінці ризику Література до розділу 6. [1], с. 253-328. С.Р.С. [3], с. 311-328.</i>
18.	<i>Модульна контрольна робота</i>

Завданням лабораторних робіт є закріплення студентами знань з технологічних та тепло-гідролічних процесів в ЯЕУ при аваріях, процедури та методології виконання ІАБ, моделювання систем, а також дій персоналу при аваріях.

Виконуються 8 лабораторних робіт за пропонованими темами з використанням програмного коду SAPHIRE. При чому, лабораторна робота №5 є більш складною чим решта, тому для її виконання потрібно затратити два заняття. На першому занятті кожної нової теми лабораторних робіт проводиться ознайомлення та теоретична підготовка, а на наступному – захист відповідної лабораторної роботи.

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

## 6. Самостійна робота студента/аспіранта

Під час вивчення навчальної дисципліни студенти видами самостійної роботи є підготовка до аудиторних занять (лекційних і лабораторних робіт, завдань СРС), підготовку до модульної контрольної роботи і до екзамену. Час на їх підготовку подано нижче.

№ з/п	Назва	Кількість годин СРС
1.	<i>Лекція 1. Введення в ІАБ. Класифікація ІАБ</i>	0,5
2.	<i>Лекція 2. Основні цілі виконання ІАБ</i>	0,5
3.	<i>Лабораторна робота 1. Побудова дерев подій, графічний редактор ДП.</i>	1
4.	<i>Лекція 3. Обсяг і зміст ІАБ</i>	0,5

5.	Лекція 4. Номенклатура та значення кількісних показників безпеки	0,5
6.	СРС 1. Обробка статистичних даних з експлуатації обладнання методами математичної статистики	3
7.	Лабораторна робота 2. Побудова дерев відмов. Логічний редактор. Зв'язок логічного й графічного режиму.	1,5
8.	Лекція 5. Ідентифікація та групування вихідних подій	0,5
9.	СРС 2. Аналіз взаємодії обладнання в процесі роботи	2
10.	Лекція 6. Опис систем	0,5
11.	СРС 3. Побудова й дослідження імовірнісної моделі роботи систем енергоблоку – дерева відмов (ДВ) для 4-5 систем	4
12.	Лабораторна робота 3. Побудова ДВ простих систем. Інформація про базисні події. Введення даних.	1,5
13.	Лекція 7. База даних з надійності обладнання. Відмови із загальної причини	0,5
14.	СРС 4. Аналіз ролі людського чинника (ЛЧ) в роботі систем	3
15.	Лекція 8. Оцінка частот вихідних подій	0,5
16.	Лабораторна робота 4. Генерація мінімальних перерізів. Відображення результатів мінімальних перерізів системи.	1,5
17.	СРС 5. Вибір критеріїв успіху в роботі систем в залежності від вихідних подій (ВП)	3
18.	Лекція 9. Аналіз критеріїв успіху	0,5
19.	СРС 6. Побудови можливих сценаріїв розвитку аварій в залежності від вихідних подій та роботи вибраних систем безпеки (надійності обладнання)	3
20.	Лекція 10. Аналіз аварійних послідовностей – розробка дерев подій	0,5
21.	Лабораторна робота 5. Оцінка частот вихідних подій. Байєсовские оцінки. Перелік вихідних подій аварій, що рекомендується для обліку у ІАБ.	1,5
22.	СРС 7. Визначення кінцевих станів аварії за варіантом в залежності від відмов систем захисту розрахунком за допомогою теплогідравлічного коду	2
23.	Лекція 11. Аналіз систем – розробка дерев відмов	0,5
24.	СРС 8. Побудова й дослідження імовірнісної моделі можливої аварії (за варіантом) в залежності від ВП й надійності систем	2
25.	Лекція 12. Аналіз надійності персоналу	0,5
26.	Лабораторна робота 6. Аналіз значимості, чутливості та невизначеності	1,5
27.	СРС 9. Розробка рекомендацій з підвищення надійності СБ й безпеки енергоблоку	3
28.	Лекція 13. Кількісний аналіз аварійних послідовностей. Аналіз невизначеності, значимості та чутливості	0,5
29.	Лекція 14. Аналіз результатів та рекомендації ІАБ	0,5
30.	Лабораторна робота 7. Зв'язування послідовностей дерева подій. Генерація мінімальних перерізів кінцевих станів.	1,5
31.	Лекція 15. Використання ІАБ для модернізації	0,5
32.	Лекція 16. Аналіз попередників аварій. (ASP аналіз)	0,5
33.	Лабораторна робота 8. Зв'язування послідовностей дерева подій. Генерація мінімальних перерізів дерева подій.	1,5
34.	Лекція 17. Використання ІАБ для прийняття рішень заснованих на оцінці ризику	0,5
35.	СРС 10. Формування звіту з безпеки	2
36.	Модульна контрольна робота	4
37.	Екзамен	30
	<b>ВСЬОГО</b>	<b>81,0</b>

## 9. 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 усіх видів (лекцій та лабораторні роботи) є обов'язковим як при навчанні в аудиторіях, так і при використанні дистанційного режиму навчання. В останньому випадку заняття проводяться в режимі онлайн-конференцій і студенти їх «відвідують» під'єднуючись за наданими викладачем



посиланням. На лабораторних роботах студенти працюють самостійно, використовуючи довідкову літературу.

Правила поведінки на заняттях – не заважати зайвою діяльністю, розмовами (в тому числі телефоном) іншим студентам слухати лекцію. В аудиторіях/лабораторіях та при дистанційному навчанні вдома дотримуватись правил техніки безпеки при роботі з обладнанням.

Правила призначення заохочувальних та штрафних балів передбачають заохочувальні бали за академічну активність на лекційних заняттях, штрафні бали нараховуються при виявленні фактів порушення правил доброчесності при виконанні контрольних і можуть накладатися у розмірі оцінки передбаченої за конкретну роботу. Модульна контрольна робота пишеться самостійно, користування додатковими матеріалами виключено.

Під час освітнього процесу, а особливо при проведенні контрольних заходів студенти зобов'язані дотримуватись положень Кодексу честі та вимог академічної доброчесності (<https://kpi.ua/code>).

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

**Поточний контроль:** МКР, виконання та захист лабораторних робіт

**Календарний контроль:** атестація

**Семестровий контроль:** екзамен.

**Умови допуску до семестрового контролю:** виконані лабораторні роботи і захищені звіти з них, зараховано МКР, виконані та захищені лабораторні роботи та загальний бал за всі види робіт не менше 25 балів. Отримання оцінки з кредитного модуля «автоматом» не передбачено окрім надзвичайних випадків, наприклад, пандемії або дії військового стану.

### **1. Атестація**

Під час семестру проводиться 2 атестації як заходи календарного контролю. За атестацію окремих балів не виставляється. Для успішного проходження 1 атестації студент повинен захистити не менш 2 лабораторних робіт, а при проходженні другої – не менш чотирьох.

### **2. Модульна контрольна робота**

На останній лекції наприкінці семестру виконуються одна модульна контрольна робота, завдання якої містить два питання теоретичного спрямування. Максимальна оцінка за МКР становить  $5 \cdot 2 = 10$  балів:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 5 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними помилками – 4 бали;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 3 бали;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам) – 1-2 бали.

У разі відсутності студента на модульній контрольній роботі без поважних причин робота оцінюється в 0 балів.

### **3. Лабораторні роботи (ЛР)**

Під час семестру здобувачі вищої освіти у складі окремих груп опрацьовують з доступної літератури та з використанням розрахункового коду SAPHIRE видане завдання на лабораторну роботу згідно переліку тем у таблиці п.5 силабусу. Кожна із 8 лабораторних робіт захищається у складі групи. За демонстрацію глибини засвоєння методології та процедури виконання ІАБ до рейтингу студента додається 0...5 балів за кожну лабораторну роботу:

- творче розкриття питань, вільне володіння матеріалом – 5 балів;
- глибоке розкриття питань – 3...4 бали;
- не достатньо повне розкриття питань – 1...2 бали.

### **Штрафні бали:**

- несвоєчасне представлення та/або захист лабораторних робіт без поважної причини (хвороба) — -1 бал.

### **Заохочувальні бали**

Сума заохочувальних балів не повинна перевищувати 10 балів. Додатково до рейтингу зараховуються бали:

- за отримані сертифікати, що підтверджують участь у науково-практичних, наукових конференціях або проходження спеціалізованих курсів (наприклад МАГАТЕ) за тематикою дисципліни (3 бали/сертифікат);
- за публікацію статті у науковому журналі за тематикою дисципліни (10 балів/стаття);

- за відповіді на лекціях при опитуваннях (1 бал за правильну відповідь);
- за ведення охайного конспекту (5 балів).

#### 4. Розрахунок суми основних рейтингових балів

Сума основних рейтингових балів відповідає рейтинговій шкалі (100 балів)

Розрахунок шкали рейтингу:

$$R = 10 (\text{МКР}) + 8 \times 5 (\text{ЛР}) + 50 (\text{екзамен}) = 100 \text{ балів.}$$

#### Система додаткових рейтингових балів та відповідні критерії оцінювання

На іспиті студенти виконують письмову роботу. Кожне завдання містить 2 теоретичних питання, кожне з яких оцінюється у 10 балів, та одне практичне завдання, яке оцінюється у 30 балів.

Система оцінювання теоретичних питань:

- повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 9...10 балів;
- достатньо повна відповідь (не менше 70% потрібної інформації, або незначні неточності) – 7...8 балів;

– неповна відповідь (не менше 50% потрібної інформації та деякі помилки) – 5...6 балів;

– незадовільна відповідь – 0...4 балів.

Система оцінювання практичного завдання:

– повна відповідь без помилок (не менше 90% потрібної інформації) – 27...30 балів;

– достатньо повна відповідь (не менше 70% потрібної інформації, або незначні неточності) – 21...27 балів;

– неповна відповідь (не менше 50% потрібної інформації та деякі помилки) – 15...20 балів;

– незадовільна відповідь – 0...14 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

#### Процедура оскарження результатів контрольних заходів

Студенти мають право і можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто згідно із наперед визначеними процедурами (детальніше: [https://osvita.kpi.ua/2020\\_7-170](https://osvita.kpi.ua/2020_7-170), [https://document.kpi.ua/files/2020\\_7-170.pdf](https://document.kpi.ua/files/2020_7-170.pdf)).

Студенти мають право оскаржити результати контрольних заходів, але обов'язково аргументовано, пояснивши з яким критерієм не погоджуються відповідно до оціночного листа та/або зауважень.

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (детальніше: <https://kpi.ua/code>).

#### 9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

В умовах дистанційного режиму організація освітнього процесу здійснюється з використанням технологій дистанційного навчання: платформи дистанційного навчання «Сікорський» та «Електронний кампус». Навчальний процес у дистанційному режимі здійснюється відповідно до затвердженого розкладу навчальних занять. Заняття проходять з використанням сучасних ресурсів проведення онлайн-зустрічей (організація відео-конференцій на платформі Zoom).

Навчання в умовах правового режиму воєнного стану передбачає :

- проведення усіх видів занять дистанційно (з використанням синхронної або асинхронної моделі освітньої взаємодії), у відповідності до Регламенту організації освітнього процесу в дистанційному режимі та Положення про дистанційне навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського;

- перенесення кінцевих термінів виконання індивідуальних завдань і завдань самостійної роботи на кінець семестру (з обов'язковим виконанням і захистом);

- внесення у рейтингову систему оцінювання змін стосовно нарахування штрафних балів - за не своєчасне виконання завдань: штрафні бали не нараховуються.

Для студентів існує можливість зарахування (у вигляді додаткових балів до рейтингу до 20 балів):

- сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за тематикою дисципліни;
- сертифікатів, які підтверджують участь у науково-практичних і наукових конференціях за тематикою дисципліни;
- публікація статті у науковому журналі за тематикою дисципліни.

## Додаток 1

### **Перелік питань, які виносяться на модульну контрольну роботу**

1. *Ідентифікувати та категоризувати подію: Ненавмисне вилучення органу регулювання СУЗ. До якої групи ВПА його можна віднести?*
2. *Ідентифікувати подію на блоці: «18.09.1992 15:50:59 Різко знизилася продуктивність ТПН-Б до 1700 м3/год та підвищилася продуктивність ТПН-А до 3840 м3/год. 18.09.1992 15:51:10 Регулятор продуктивності ТПН-А,Б переведений на дистанційне керування. Підвищено продуктивність ТПН-А до 4064 м3/год. 18.09.1992 15:51:18 Розпочато розвантаження енергоблоку. 18.09.1992 15:51:48 Включились RL31-33Д01. 18.09.1992 15:53:12 Дією ТЗ відключилися ПВД групи "А". Під час огляду ТПН-Б зафіксовано сторонній шум у районі муфти передвмікненого насоса. 18.09.1992 15:57:38 Вимкнено з БЩУ RL31-33Д01. 18.09.1992 16:35:00 Електрична потужність енергоблоку знизена до 530 МВт. (N<sub>т</sub> = 1530 МВт). Включено та виведено в ремонт ТПН-Б.» До якої групи ВПА його можна віднести?*
3. *Ідентифікувати та категоризувати подію: Підключення петлі, що раніше не працювала.*
4. *До якої групи ВПА його можна віднести?*
5. *Для течій 1-го контуру в неізолюваній частині в межах ГО моделюється в ДО відповідних систем трубопровід на ділянці: зливний пристрій прямка ГО - ТОАР. Якщо так, то яким чином?*
6. *Ідентифікувати та категоризувати подію: Розведення теплоносія 1-го контуру чистим конденсатом. До якої групи ВПА його можна віднести?*
7. *У мінімальному перерізі є такі події: частота виникнення ІСА «Втрата підживлення ПГ»; відмова на запуск ДГ 1-го каналу СБ; відмова на відкриття арматури на лінії рециркуляції ДЖЕН-2; відмова у роботі ДГ 2-го каналу СБ та відмова на відкриття арматури на лінії рециркуляції АЖЕН-3. Чи є у мінімальному перерізі кандидати в ВЗП? Якщо так, то які?*
8. *В рамках якої системи моделюється арматура на лінії техводи відповідальних споживачів ТОАР?*
9. *Які види відмови потрібно моделювати для рівнеміру бака аварійного запасу борної кислоти системи TQ14 для ВПА «Розрив ГПК»?*
10. *Чи входить блок керування двигуном у межі електрофікованої арматури? Поясніть, чому ви включили або не включили його в межі*
11. *Ідентифікувати та категоризувати подію: Неізолювана течія теплоносія 1-го контуру витратою менше 2 тон на годину. До якої групи ВПА його можна віднести?*
12. *Чи входить блок керування двигуном у межі насоса з електроприводом? Поясніть, чому ви включили або не включили його в межі.*
13. *Як за допомогою методів аналізу чутливості RI (risk increase) та RR (risk reduction) можна розробити рекомендації для підвищення надійності напірної арматури на подачу розчину борної кислоти у 1-й контур у системі TQ14?*
14. *Чи існує залежність між функціями безпеки «Управління запасом теплоносія» та «Управління тиском 1-го контуру» для ВПА «Мала течія 1-го контуру Ду 10-30 мм»? Якщо так, то яка?*
15. *Чи є залежність між діями персоналу при реалізації функцій безпеки «Управління запасом теплоносія» та «Управління тиском 1-го контуру» для ВПА «Мала течія з 1-го контуру в 2-й»? Якщо так, то яка?*



16. У станційній статистиці зазначено 2 катастрофічні відмови: погнутий шток при відкритті арматури на напірній лінії подачі розчину борної кислоти в 1-й контур у системі TQ14 каналу №1 і погнутий шток при закритті арматури на напірній лінії подачі розчину борної кислоти в 1-й контур у системі TQ14 каналу №2. Чи є статистика для ВЗП? Якщо так, то яка корінна причина та сполучний механізм?
17. Для ВПА «Мала течія з 1-го контуру в 2-й» моделюється дія персоналу «Управління тиском 1-го контуру». За якою методикою і чому оцінюватиметься ВВП для когнітивної частини дії?
18. Ідентифікувати подію на блоці: «12.03.1992 11:36:22 - Відключився автоматичний вимикач SF13 збірки HG49, внаслідок чого знеструмилися датчики, що призвело до виникнення ряду порушень у роботі обладнання енергоблоку. У тому числі відключилися ТЕН КТ, основний регулятор рівня води в ПГ-2 RL72S02 почав закриватися, а регулятор рівня води в ПГ-4 RL74S02 почав відкриватися. Дія блокування включалася в роботу ДЖЕН-1, ДЖЕН-2 в роботу не включився. На панелях БЩУ спрацювала світлова та звукова сигналізація: "Немає живлення на панелях живлення шаф УКТС "БЩУ", "Немає живлення датчиків КВП прим. АКО41/2", "Несправність підканалів захисту турбіни". 12.03.1992 11:36:25 - Спрацювала світлова і звукова сигналізація про відхилення рівня ПГ-2 від номінального значення. При цьому показання приладів вимірювання рівня води в ПГО2 поз. УВ20L14P1 та УВ20L19P1, встановлені на оперативній панелі БЩУ, згідно з діаграмами залишалися без змін. Показання рівнемірів, заведені на УВС, вказували на зменшення рівня ПГ-2. 12.03.1992 11:36:38 - Відкрився RL74S02. 12.03.1992 11:36:42 Після прикриття в автоматичному режимі роботи почав відкриватися RL72S02. 12.03.1992 11:37:14 Дією ТЗ зі зниження рівня води в ПГ-2 відключився ГЦН-2, спрацював РОП. 12.03.1992 11:37:21 Регулятор RL74S02 переведений на дистанційне керування, після чого розпочалося його прикриття. 12.03.1992 11:39:00 Закрився RL72S02. Через пропуск RL72S02 в закритому положенні рівень в ПГ-2 продовжував підвищуватися. 21.03.1992 11:39:54 Включився ВЦЕН-2. 12.03.1992 11:42:20 Через відмову блокування не закрилися засувки RL72S01,03 за фактом підвищення рівня в ПГ-2. 12.03.1992 11:45:25 Спрацювали ТЗ ТГ-3 щодо підвищення рівня у ПГ-2, РОМ, ПЗ-1. 12.03.1992 11:47:34 Спрацювала АЗ-1 щодо зниження тиску в I контурі. 12.03.1992 11:48:27 Включено ТВ10Д03 на всмоктування насосів ТК. 12.03.1992 11:48:35 Вимкнено ТПН-А,Б.». До якої групи ВПА його можна віднести?
19. У межах завдання «Кількісні розрахунки АП. Аналіз невизначеностей, важливості та чутливості» навіщо виконується аналіз невизначеності? Що він демонструє?
20. Ідентифікувати подію на блоці: «27.05.1992 17:30:00 - Спрацьовування сигналізації "несправність СУЗ на БЩУ. При огляді СУЗ встановлено, що на панелях 2ПФС спрацював світлодіод "контроль" блоку БУВ-1 "2 з 4-х ГЦН" на панелі 2ПФС. 27.05.1992 17:33:43 - блоку БУВ-1 на панелі ПФС спрацювала АЗ-1 РУ. При цьому на панелі 9П БЩУ спрацювала сигналізація "відсутність 220 В силового живлення СУЗ", а на панелі ПСП СУЗ - "зменшення Ісил." та "2 з 4-х ГЦН" 27.05.1992 17:33:55 - Дія АЗ-1 продубльована ключем з БЩУ. 27.05.1992 17:34:01 Закриті СК ТГ-1 з БЩУ. 27.05.1992 17:34:03 - Включено RL31,32,33Д01. 27.05.1992 17:34:03 - Закриті СК ТПН-А,Б. 27.05.1992 17:34:42 Секції 6кВ системи електропостачання власних потреб переведені на резервне живлення, після чого генератор відключений від мережі. 27.05.1992 17:35:45 - Включено насос ТД70Д31, розпочато введення в 1 контур розчину борної кислоти.». До якої групи ВПА його можна віднести?
21. При виконанні аналізу критеріїв успіху для ВПА «Мала течія 1-го контуру Ду 10-30 мм» було показано, що холодний стан енергоблоку досягається за 6 годин розхолодження. Який час тривалості роботи (mission time) насосів CAO3 ВТ, CAO3 НТ, ДЖЕН/АЖЕН потрібно вказати в моделі для розрахунку відмови у роботі?
22. В оперативному журналі зазначено, що на напірній лінії та лінії рециркуляції насоса CAO3 ВТ має місце протікання зворотних клапанів через неповне закриття через попадання

сторонніх частинок – шламу. Чи можна занести до статистики ці події як відмову із загальної причини? Якщо так, то чому? Яка корінна причина та сполучний механізм?

23. Для течій 1-го контуру в неізольованій частині в межах ГО чи моделюється в ДВ відповідних систем трубопровід на ділянці: зливний пристрій приямка ГО – ТОАР. Якщо так, то яким чином?
24. Чи входить зворотній клапан на напорі у межі відцентрового насоса? Поясніть, чому ви включили або не включили його в межі обладнання.
25. Для ВПА «Мала течія з 1-го контуру в 2-й» моделюється дія персоналу «Управління тиском 1-го контуру». За якою методикою і чому оцінюватиметься ВВП для когнітивної частини дії?
26. У межах завдання «Кількісні розрахунки АП. Аналіз невизначеностей, важливості та чутливості» навіщо виконується аналіз невизначеності? Що він демонструє?
27. Ідентифікувати подію на блоці: «20.11.1992 13:38:43 Дія захисту по зниженню тиску поживної води на всмоктуванні головного насоса до 13 кгс/см<sup>2</sup> відключився ТПН-"Б". За блокуванням не закрилося ДПЗ ТПН-"Б". Включились у роботу УРБ, РОП. 20.11.1992 13:38:44 Дія автоматики розпочала розвантаження енергоблоку. Під час роботи УРБ не дійшов до кінцевиків низу ОР СУЗ 10-37. 20.11.1992 13:38:49 Відзначено роботу ШРУ-К та електронагрівачів КТ. 20.11.1992 13:38:57 Через підвищення рівня конденсату до 1 межі відключилися ПВТ гр. "А". 20.11.1992 13:39:05 Через зниження рівня котлової води в парогенераторах включились до роботи АЖЕН -1,3 20.11.1992 13:39:08 Включились до роботи ШРУ-РТД №1,2 20.11.1992 13:39:41 Живлення ТПН-"А" переведено від колектора РТД. 20.11.1992 13:40:00 Вибило ел. схему пускового регулятора рівня ПГ-3 RL43S10 20.11.1992 13:44:00 Стабілізовано параметри на енергоблоці: Нел = 390 МВт, АЖЕН-1,3 відключено в резерв.». До якої групи ВПА його можна віднести?
28. Ідентифікувати подію на блоці: «Блок №5 працював на номінальному рівні потужності Нел. = 1040 МВт. О 14:41 спрацювала УРБ без сигналізації першопричини, закрилися регулюючі клапани ТГ-5. Оперативний персонал закрив стопорні клапани ТГ-5. О 14.43 відключився КАГ-24. О 14:52 через погіршення вакууму РУ розвантажено до 10% номінальної потужності. О 23:05 ТГ-5 включено в мережу, розпочато підйом потужності. Причина виникнення порушення: помилкове формування сигналу "відключення генератора" при проведенні перемикань на ОРУ-750 кВ для виведення в ремонт ПЛ-ЮД.» До якої групи ВПА його можна віднести?
29. Ідентифікувати подію на блоці: «Блок №5 працював на номінальному рівні потужності Нел. = 980 МВт. О 05:20 оперативний персонал помилково вивів у ремонт працюючий маслоохолоджувач YD71W01: закрито арматуру VB32S01. О 05:23 на БЦУ помічено зростання температури олії на вході до ГУП ГЦН-2, розпочато відкриття засувки VB32S01 вручну. О 05:27 відключився ГЦН-2 за температурою олії, розвантаження від РОП до 67% номінальної потужності. О 05:35 розвантаження блоку від КУ до 30% для включення ГЦН-2. О 06:05 включено ГЦН-2, розпочато навантаження блоку. О 23:00 потужність енергоблоку відновлено.» До якої групи ВПА його можна віднести?
30. Яка інформація та з яких завдань ІАБ та станційних документів потрібна для побудови ДВ системи САОЗ НТ?
31. Чи потрібно моделювати колектор живильної води, що зв'язує деаератори, наприклад, в ДВ для ДЖЕН? Якщо так чи ні, то чому?
32. У ДВ каналу якої системи слід моделювати ТОАР? Чому і як?
33. У мінімальному перерізі є такі події: частота виникнення ВПА «Знеструмлення енергоблоку»; відмова на запуск ДГ 1-го каналу СБ; відмова у роботі 2-го каналу АЖЕН у роботі; відмова у роботі ДГ 3-го каналу СБ. Чи є у мінімальному перерізі кандидати в ВЗП? Якщо так, то які?
34. У межах якої системи моделюється арматура лінії промконтура при моделюванні теплообмінника лінії виведення теплоносія з 1-го контуру (система ТК)?

35. Які види відмови слід моделювати для датчика тиску в паропроводі ПГ для ВПА «Розрив ГПК»?
36. Визначте межі такого елемента як байпасний (пуско-зупинний) регулятор живильної води на ПГ для збирання статистичних даних на блоці.
37. У мінімальному перерізі є такі події: частота виникнення ВПА «Відключення 2-х ТНН»; відмова на запуск ДЖЕН 1; відмова у роботі ДЖЕН-2; відмова на запуск АЖЕН 1 і 2 та відмова в роботі АЖЕН-3. Чи є у мінімальному перерізі кандидати в ВЗП? Якщо так, то які?
38. Чи існує залежність між функціями безпеки «Управління реактивністю» та «Управління тиском 2-го контуру» для ВПА «Розрив паропроводу ПГ усередині ГО»? Якщо так, то яка?
39. Яка інформація та з яких завдань ІАБ потрібна для побудови ДВ системи САОЗ ВТ?
40. Чи потрібно моделювати колектор основної поживної води в ДВ для ДЖЕН. Якщо так чи ні, то чому?
41. У ДВ якої системи слід моделювати бак-прямок? Чому?
42. У мінімальному перерізі є такі події: частота виникнення ВПА «Мала течія 1-го контуру ДУ 30-50мм»; відмова на запуск ДГ 1-го каналу СБ; відмова на відкриття арматури на напірній лінії САОЗ ВТ 2-го каналу; відмова у роботі ДГ 3-го каналу СБ. Чи є у мінімальному перерізі кандидати в ВЗП? Якщо так, то які?
43. Яка інформація та з яких завдань ІАБ потрібна для побудови ДП ВПА «Розрив трубки ПГ»?
44. Які види відмови необхідно моделювати для рівнеміра ПГ для ВПА «Відключення 2-х ТЖН»?
45. Визначте межі такого елемента, як основний регулятор (РРО) живильної води на ПГ, для збору статистичних даних на блоці.
46. Чи існує залежність між функціями безпеки «Керування реактивністю» та «Керування тиском 2-го контуру» для ВПА «Розрив ГПК»? Якщо так, то яка?
47. Чи є залежність між діями персоналу при реалізації функцій безпеки «Управління реактивністю» та «Управління тиском 2-го контуру в режимі охолодження» для ВПА «Мала течія з 1-го контуру Ду 30-50 мм»? Якщо так, то яка?
48. У станційній статистиці зазначено 2 катастрофічні відмови: погнутий шток при відкритті арматури на лінії рециркуляції при випробуванні АЖЕН-1 і розірваний шток при відкритті арматури на лінії рециркуляції АЖЕН-2 через 2 тижні від 1-ї відмови. Чи є статистика для ВЗП? Якщо так, то яка корінна причина та сполучний механізм?
49. Для ВПА «Знеструмлення енергоблоку» моделюється дія персоналу «Управління тиском 2-го контуру (закриття СРК ТГ)». За якою методикою і чому оцінюватиметься ВВП для когнітивної частини дії?
50. У межах завдання «Кількісні розрахунки АП. Аналіз невизначеностей, важливості та чутливості» навіщо виконується аналіз значущості? Що він демонструє?
51. При виконанні аналізу критеріїв успіху для ВПА «Мала течія 1-го контуру в 2-й (розрив трубки ПГ)» було показано, що відновлення запасу теплоносія 1-го контуру досягається за 25 хвилин роботи 1-го каналу САОЗ ВТ. Який час тривалості роботи (mission time) насосів САОЗ ВТ необхідно вказати на моделі для розрахунку відмови у роботі?

## **Додаток 2**

### **Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль**

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 Байеса).
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  $\beta$  - фактору.
31. Кількісна оцінка параметрів ВЗП: модель  $\alpha$  - 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.

*Практичне завдання складається з побудови дерева відмов згідно схеми системи АЕС, а також з розрахунку ймовірності відмови системи згідно наданих показників надійності та помилок персоналу.*

**Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

*Складено доцентом каф. АЕ, к.т.н. Клевцовим Сергієм Валерійовичем*

*Ухвалено кафедрою АЕ (протокол № 19 від 17.05.2023р.)*

*Погоджено Методичною комісією НН ІАТЕ (протокол № 9 від 23.06.2023р.)*