



# 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 кредита ЕКТС, 36 годин лекцій, 18 годин лабораторних робіт, 66 години СРС</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Іспит/МКР</i>
Розклад занять	<i>1 лекція у тиждень, 1 лабораторна робота у 2 тижня, rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н, Клевцов Сергій Валерійович, <a href="mailto:s.klevtsov@kpi.ua">s.klevtsov@kpi.ua</a> Лабораторні: Викладачі кафедри АЕ</i>
Розміщення курсу	<i><a href="https://campus.kpi.ua">https://campus.kpi.ua</a>, <a href="https://drive.google.com">https://drive.google.com</a></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 АС і використовується для оптимізації планово-попереджувальних ремонтів та навіть на БЩК у якості Риск 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 ризики (ЗК 03).
2. Здатність застосовувати існуючі та розробляти нові методи, методики, 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).
8. 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 (ФК 12).

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі **програвні 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).
9. Застосовувати отримані знання для надійної нормальної експлуатації АЕС та переводу реакторної установки у контрольований безпечний стан в аварійних режимах (ПРН 16).

## **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:

1. ПО 4 Режими експлуатації атомних електричних станцій

Перелік дисциплін які базуються на результатах навчання з даної дисципліни:

1. ПО 3 Курсова робота з методів аналізу ризику та надійності атомних електричних станцій
2. ПО 8 Наукова робота за темою магістерської дисертації.

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

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

1. Хенли Э. Дж., Кумамото Х., Надежность технических систем и оценка риска. Перевод с англ. Сыромятникова В. С. Москва, "Машиностроение", 1984 г.
2. Швыряв Ю. В. и др. Вероятностный анализ безопасности атомных станций. Методика выполнения. Москва, ИАЭ им. И.В.Курчатова, 1992г, 266 с.
3. 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

## 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 АЕС і ІТФ.

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

	<b>С.Р.С. [3], с. 209-214.</b>
10.	Аналіз критеріїв успіху <b>Література. [1], с. 168-170.</b> <b>С.Р.С. [3], с. 123-130.</b>
11.	Аналіз аварійних послідовностей – розробка дерев подій <b>Література. [1], с. 170-172.</b> <b>С.Р.С. [3], с. 73-98.</b>
12.	Аналіз систем – розробка дерев відмов <b>Література. [1], с. 105-108.</b> <b>С.Р.С. [3], с. 98-123., 152-179.</b>
13.	Аналіз надійності персоналу <b>Література. [1], с. 223-241.</b> <b>С.Р.С. [3], с. 345-368.</b>
14.	Кількісний аналіз аварійних послідовностей. Аналіз невизначеностей, значимості та чутливості <b>Література. [1], с. 184-219.</b> <b>С.Р.С. [3], с. 183-194.</b>
15.	Аналіз результатів та рекомендації ІАБ <b>Література. [1], с. 184-219.</b> <b>С.Р.С. [3], с. 271-284, 217 – 236.</b>
16.	Модульна контрольна робота <b>Література. [1], с. 85 - 252.</b> <b>С.Р.С. [3], с. 72-309.</b>
<b>Розділ 3 Сучасне використання ІАБ</b>	
17.	Використання ІАБ для модернізації
18.	Аналіз попередників аварій. (ASP аналіз)
19.	Використання ІАБ для прийняття рішень заснованих на оцінці ризику <b>Література до розділу 6. [1], с. 253-328.</b> <b>С.Р.С. [3], с. 311-328.</b>

У якості індивідуального завдання для всіх форм навчання рекомендується виконання лабораторних робіт, завданням яких є закріплення студентами знань з технологічних та тепло-гідрравлічних процесів в ЯЕУ при аваріях, процедури та методології виконання ІАБ, моделювання систем, а також дій персоналу при аваріях.

Виконуються наступні лабораторні роботи з використанням програмного коду SAPHIRE.

<b>№ з/п</b>	<b>Назва лабораторної роботи (комп'ютерного практикуму)</b>
1.	Побудова дерев подій, графічний редактор ДП.

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. Байесовские 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

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

## 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.

**Семестровий контроль:** іспит.

**Умови допуску до семестрового контролю:** виконаний та зарахований цикл завдань до індивідуальних занять, захищено РГР, 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 положення.

### **1. Модульна контрольна робота**

Під час семестру виконуються одна модульна контрольна робота яка виконана у вигляді питань. Завдання містить два питання теоретичного спрямування. Максимальна оцінка за МКР становить 10 балів.

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

### **2. Самостійна робота студента (СРС)**

Під час семестру здобувачі вищої освіти самостійно опрацьовують з доступної літератури та конспектують видане завдання. За вичерпну законспектовану відповідь до рейтингу студента додається 0...3 бали.

### **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 4 лабораторних робіт захищається у складі групи. За демонстрацію глибини засвоєння методології та процедури виконання ІАБ до рейтингу студента додається 0...10 балів за кожну лабораторну роботу.

### **Заохочувальні бали**

Сума заохочувальних балів не повинна перевищувати 20 балів. Додатково до рейтингу зараховуються бали:

- 1.1. за отримані сертифікати, що підтверджують участь у науково-практичних, наукових конференціях або проходження спеціалізованих курсів (наприклад МАГАТЕ) за тематикою дисципліни (3 бали/сертифікат);
- 1.2. за публікацію статті у науковому журналі за тематикою дисципліни (10 балів/стаття);
- 1.3. за ведення охайного конспекту (5 балів).

#### 4. Розрахунок суми основних рейтингових балів

Сума основних рейтингових балів відповідає рейтинговій шкалі (100 балів)

Розрахунок шкали рейтингу:

$$R = 10 (\text{МКР}) + 40 (\text{ЛР}) + 50 (\text{іспит}) = 100 \text{ балів.}$$

#### 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:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 9...10 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 70% потрібної інформації, або незначні неточності) – 7...8 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 50% потрібної інформації та деякі помилки) – 5...6 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь – 0...4 балів.

Система оцінювання практичного завдання:

- «відмінно», повна відповідь без помилок (не менше 90% потрібної інформації) – 27...30 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 70% потрібної інформації, або незначні неточності) – 21...27 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 50% потрібної інформації та деякі помилки) – 15...20 балів;
- «незадовільно», 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

За рішенням кафедри, згідно Тимчасового регламенту проведення семестрового контролю в дистанційному режимі (Наказ № 7/86 від 08.05 2020 року), допускається застосувати підхід щодо виставлення оцінки з кредитного модуля «автоматом» шляхом пропорційного перерахунку стартових балів у підсумкові за 100-бальною шкалою. При цьому обов'язковим залишається виконання студентом умов допуску до заліку. Студентам, які набрали фактичний стартовий рейтинг не менший, ніж 0,9 від максимально можливого (тобто  $R_c \geq 45$ ), екзаменатор може запропонувати виставити оцінку «Дуже добре». Найвища оцінка «автоматом» не виставляється.

Переведення стартових балів у підсумкові здійснюється за формулою

$$R = 50 + \frac{50 \cdot (R_i - R_D)}{(R_c - R_D)},$$

де  $R$  – оцінка за 100-бальною шкалою;

$R_i$  – сума балів, набраних студентом продовж семестру;

$R_c$  – максимальна сума вагових балів контрольних заходів продовж семестру;

$R_D$  – бал допуску до екзамену.



Студенти, які хочуть підвищити оцінку з кредитного модуля, виконують екзаменаційну роботу. При цьому переведення стартових балів у підсумкові не здійснюється.

### **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 Резко снизилась производительность ТПН-Б до 1700 м3/ч и повысилась производительность ТПН-А до 3840 м3/ч. 18.09.1992 15:51:10 Регулятор производительности ТПН-А,Б переведен на дистанционное управление. Повышена производительность ТПН-А до 4064 м3/ч. 18.09.1992 15:51:18 Начата разгрузка энергоблока. 18.09.1992 15:51:48 Включились RL31-33Д01. 18.09.1992 15:53:12 Действием ТЗ отключились ПВД группы "А". При осмотре ТПН-Б зафиксирован посторонний шум в районе муфты предвключенного насоса. 18.09.1992 15:57:38 Отключены с БЩУ RL31-33Д01. 18.09.1992 16:35:00 Электрическая мощность*

енергоблока понижена до 530 МВт. ( $N_m=1530$  МВт). Включен и выведен 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 приямка 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 ЦПК»?
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- Отключился автоматический выключатель SF13 сборки HG49, в результате чего обесточились датчики, что привело к возникновению ряда нарушений в работе оборудования энергоблока. В том числе отключились ТЭНЫ КД, основной регулятор уровня воды в ПГ-2 RL72S02 начал закрываться, а регулятор уровня воды в ПГ-4 RL74S02 начал открываться. Действием блокировки включался в работу ВПЭН-1, ВПЭН-2 в работу не включился. На панелях БЩУ сработала световая и звуковая сигнализация: "Нет питания на панелях питания шкафов УКТС "БЩУ", "Нет питания датчиков КИП пом. АКО41/2", "Неисправность подканалов защит турбины". 12.03.1992 11:36:25- Сработала световая и звуковая сигнализация об отклонении уровня в ПГ-2 от номинального значения. При этом показания приборов замера уровня воды в ПГ02 поз. УВ20L14P1 и УВ20L19P1, установленные на оперативной панели БЩУ, согласно диаграмм оставались без

изменений. Показания уровнемеров, заведенные на УВС, указывали на уменьшение уровня в ПГ-2. 12.03.1992 11:36:38- Открылся RL74S02. 12.03.1992 11:36:42- После прикрытия в автоматическом режиме работы начал открываться RL72S02. 12.03.1992 11:37:14 Действием ТЗ по понижению уровня воды в ПГ-2 отключился ГЦН-2, сработал РОМ. 12.03.1992 11:37:21 Регулятор RL74S02 переведен на дистанционное управление, после чего началось его прикрытия. 12.03.1992 11:39:00 Закрылся RL72S02. Из-за пропуска RL72S02 в закрытом положении уровень в ПГ-2 продолжал повышаться. 21.03.1992 11:39:54 Включился ВЦЭН-2. 12.03.1992 11:42:20 Из-за отказа блокировки не закрылись задвижки RL72S01,03 по факту повышения уровня в ПГ-2. 12.03.1992 11:45:25 Сработали ТЗ ТГ-3 по повышению уровня в ПГ-2, РОМ, ПЗ-1. 12.03.1992 11:47:34 Сработала АЗ-1 по понижению давления в I контуре. 12.03.1992 11:48:27 Включен ТВ10Д03 на всас насосов ТК. 12.03.1992 11:48:35 Отключены 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- Срабатывание сигнализации "неисправность СУЗ на БЩУ. При осмотре СУЗ установлено, что на панелях 2ПФС сработал светодиод "контроль" блока БУВ-1 "2 из 4-х ГЦН" на панели 2ПФС. 27.05.1992 17:33:43- При извлечении неисправного блока БУВ-1 на панели ПФС сработала АЗ-1 РУ. При этом на панели 9П БЩУ сработала сигнализация "отсутствие 220 В силового питания СУЗ", а на панели ПСП СУЗ - "уменьшение Исил." и "2 из 4-х ГЦН". 27.05.1992 17:33:55- Действие АЗ-1 продублировано ключом с БЩУ. 27.05.1992 17:34:01- Закрыты СК ТГ-1 с БЩУ. 27.05.1992 17:34:03- Включены RL31,32,33Д01. 27.05.1992 17:34:03- Закрыты СК ТПН-А,Б. 27.05.1992 17:34:42- Секции 6кВ системы электроснабжения собственных нужд переведены на резервное питание, после чего генератор отключен от сети. 27.05.1992 17:35:45- Включен насос ТД70Д31, начат ввод в 1 контур раствора борной кислоты.». 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 САОЗ ВТ, САОЗ 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 САОЗ 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 неізолюваній 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 Действием защиты по понижению давления питательной воды на всасе главного насоса до 13 кгс/см<sup>2</sup> отключился ТПН-"Б". По блокировке не закрылась ГПЗ ТПН-"Б". Включились в работу УРБ, РОМ. 20.11.1992 13:38:44 Действием автоматики начата разгрузка энергоблока. При работе УРБ не дошел до концевиков низа ОР СУЗ 10-37. 20.11.1992 13:38:49 Отмечена работа БРУ-К и электронагревателей КО. 20.11.1992 13:38:57 Из-за повышения уровня конденсата до 1 предела отключились ПВД гр. "А". 20.11.1992 13:39:05 Из-за снижения уровня котловой воды в парогенераторах включились в работу АПЭН -1,3 20.11.1992 13:39:08 Включились в

роботу БРУ-РТД №1,2 20.11.1992 13:39:41 Питання ТПН-"А" переведено от коллектора РТД. 20.11.1992 13:40:00 Выбило эл. схему пускового регулятора уровня ПГ-3 RL43S10. 20.11.1992 13:44:00 Стабилизированы параметры на энергоблоке: Нэл=390 МВт, АПЭН-1,3 отключены в резерв.» До якої групи ВПА його можна віднести?

28. Ідентифікувати подію на блоці: «Блок №5 работал на номинальном уровне мощности Нэл.=1040 МВт. В 14:41 сработала УРБ без сигнализации первопричины, закрылись регулирующие клапана ТГ-5. Оперативный персонал закрыл стопорные клапана ТГ-5. В 14:43 отключился КАГ-24. В 14:52 из-за ухудшения вакуума РУ разгружена до 10% от номинальной мощности. В 23:05 ТГ-5 включен в сеть, начат подъем мощности. Причина возникновения нарушения: ошибочное формирование сигнала "отключение генератора" при проведении переключений на ОРУ-750 кВ для вывода в ремонт ВЛ-ЮД.» До якої групи ВПА його можна віднести?
29. Ідентифікувати подію на блоці: «Блок №5 работал на номинальном уровне мощности Нэл.= 980 МВт. В 05:20 оперативный персонал ошибочно вывел в ремонт работающий маслоохладитель YD71W01: закрыта арматура VB32S01. В 05:23 на БЩУ замечен рост температуры масла на входе в ГУП ГЦН-2, начато открытие задвижки VB32S01 вручную. В 05:27 отключился ГЦН-2 по температуре масла, разгрузка от РОМ до 67% номинальной мощности. В 05:35 разгрузка блока от КУ до 30% для включения ГЦН-2. В 06:05 включен ГЦН-2, начата нагрузка блока. В 23:00 мощность энергоблока восстановлена.» 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 энергоблока»; 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 промконтур 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 (PPO) 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 функції 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.

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

Складено доцентом каф. АЕС і ІТФ, к.т.н. Клевцовим Сергієм Валерійовичем

Ухвалено кафедрою АЕС і ІТФ (протокол № 15/а від 30.06.2022р.)

Погоджено Методичною комісією ТЕФ (протокол № 9 від 30.06.2022р.)