



# Режими експлуатації 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>ОНП Атомні електричні станції</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>I курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>165 годин/5,5 кредити ЄКТС, 45 годин лекцій, 9 годин практичних занять, 18 годин лабораторних занять, 93 години СРС</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен/Модульна контрольна робота/Розрахункова 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., доц., Бібік Тимофій Вікторович, e-mail: <a href="mailto:tymofii.bibik@gmail.com">tymofii.bibik@gmail.com</a> Лабораторні роботи: к.т.н., доц., Бібік Тимофій Вікторович, e-mail: <a href="mailto:tymofii.bibik@gmail.com">tymofii.bibik@gmail.com</a>
Розміщення курсу	<a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=5956">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=5956</a>

### Програма навчальної дисципліни

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

Предметом навчальної дисципліни є вивчення питань експлуатації енергоблоків атомних електричних станцій. Виходячи з того, що в Україні на сьогодні експлуатуються тільки енергоблоки АЕС з реакторами ВВЕР, то основна увага при викладенні цього модулю приділяється питанням експлуатації енергоблоків АЕС саме з водо-водяними енергетичними реакторами (ВВЕР). В навчальній дисципліні розглядається схема 1-го та 2-го контурів, будова та характеристики систем нормальної експлуатації, роботу енергоблоку як об'єкта енергосистеми та вивчення основних систем та обладнання енергоблоку АЕС з ВВЕР.

**Предметом** навчальної дисципліни є мультимедійний тренажер енергоблоку АЕС з ВВЕР «Симулятор ВВЕР-1000. Мультимедійний тренажер, розроблений міжнародною групою під егідою МАГАТЕ, з самого початку створювався безпосередньо для навчання. Тренажер дозволяє в режимі реального часу задавати або змінювати параметри енергоблоку з отриманням відповідних відгуків систем та елементів. Вважається, що користувач симулятора вже знайомий з основними характеристиками ядерних енергетичних реакторів та характеристиками ВВЕР-1000.

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

1. *Здатність застосовувати отримані спеціалізовані концептуальні знання та навички при проектуванні та експлуатації обладнання та систем (ФК 03).*
2. *Здатність розробляти плани і проекти для забезпечення досягнення поставленої певної мети з урахуванням всіх аспектів вирішуваної проблеми, включаючи виробництво,*

експлуатацію, технічне обслуговування та утилізацію обладнання атомно-енергетичного комплексу (ФК 05).

3. Здатність демонструвати знання характеристик специфічних матеріалів, обладнання, процесів та продуктів в галузі атомної енергетики, умов їх використання та відповідних обмежень (ФК 08).

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

1. 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 2).
2. 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 8).
3. 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).
4. Розуміння експлуатації обладнання атомно-енергетичного комплексу відповідно до екологічного законодавства й правових норм в галузі охорони здоров'я людей і забезпечення безпеки інженерної діяльності (ПРН 13).
5. 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)**

Пререквізити:

1. ПО 6 Теорія та системи автоматичного управління атомних електричних станцій.
2. ПО 7 Контроль та регулювання паротурбінних установок атомних електричних станцій.

Постреквізити:

1. ПО 2 Методи аналізу ризику та надійності атомних електричних станцій.
2. ПО 5 Дезактивація, ремонт, монтаж та зняття з експлуатації АЕС.
3. ПО 9 Аналіз і управління аваріями на атомних станціях.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

### Розділ 1. Основне обладнання АЕС.

Тема 1.1. Системи та елементів АЕС.

Тема 1.2. Основне обладнання АЕС.

### Розділ 2. Ядерне паливо, ядерно-паливний цикл.

Тема 2.1. Ядерно-паливний цикл.

Тема 2.2. Ядерне паливо.

Тема 2.3. Поводження з ядерним паливом.

### Розділ 3. Робота енергоблоку в режимі нормальної експлуатації.

Тема 3.1. Пуск енергетичного реактора.

Тема 3.2. Зміна запасу реактивності в процесі кампанії.

Тема 3.3. Маневрові режими.

## **4. Навчальні матеріали та ресурси**

Базова (підручники, навчальні посібники) література

1. Культура безпеки в ядерній енергетиці [Електронний ресурс] : підручник для студ. техн. вузів / В. В. Бегун, С. В. Широков, С. В. Бегун [та ін.] ; Мін-во освіти і науки, молоді та спорту України, НТУУ «КПІ». - вид. 2-е, доп. - Електронні текстові дані (1 файл: 13,57 Мбайт). - Київ, 2012. - 563 с. (<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/2403>)

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

1. Норми радіаційної безпеки України.(НРБУ-97). Державні гігієнічні нормативи. Київ 1997  
Концепція державного регулювання безпеки та управління ядерною галуззю в Україні:  
Постанова Верховної Ради України від 25 січня 1994 року № 3871-XII.
2. Загальні положення безпеки атомних станцій (ОПБ -2008). НП 306.2.141-2008. Київ, ДІЯРУ, 2008 г.
3. ВВЭР-1000. Симулятор реактора. МАГАТЕ. Відень 2005.
4. Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу «Експлуатація ЯПВУ». Київ 2008.
5. Культура безпеки на ядерних об'єктах України. Науково-методологічний посібник. – Київ, ДП «НВЦ» «Євроатлантикінформ», 2007.

## Навчальний контент

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

#### Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
<b>Розділ 1. Ядерне паливо, ядерно-паливний цикл.</b>	
1.	<p>Тема 1.1. Системи та елементів АЕС. Лекція 1. Класифікація систем та елементів АЕС. Розглядається класифікаційне позначення, група та категорія сейсмостійкості обладнання. Завдання на самостійну роботу: засвоєння матеріалу лекції, підготовка до практичних занять. Лекція 2. Єдина система маркування обладнання Розглядається єдина системамаркування (позначення) всіх елементів та конструкцій, таких як технологічні агрегати, електроприводи запірної та регулюючої арматури, тепломеханічне обладнання, елементи електричної схеми, апаратури АСУ ТП тощо. Завдання на самостійну роботу: засвоєння матеріалу лекції, підготовка до практичних занять. Тема 1.2. Основне обладнання АЕС. Лекція 3. Основне обладнання та характеристики 1-го та 2-го контурів. Розглядається реакторна установка (РУ) В-320, що є складовою енергоблоку, і спільно з паротурбінною установкою використовується для виробництва електроенергії. Завдання на самостійну роботу: засвоєння матеріалу лекції, підготовка до практичних занять. Лекція 4. Арматура АЕС. Наводиться класифікація, будова, призначення і принцип роботи основної арматури АЕС. Завдання на самостійну роботу: засвоєння матеріалу лекції, підготовка до практичних занять. Лекція 5. Насосне обладнання, що застосовується на АЕС. Наводяться загальні відомості про насоси, що застосовується на АЕС. Завдання на самостійну роботу: засвоєння матеріалу лекції, підготовка до практичних занять. <i>Модульна контрольна робота, частина 1.</i></p>
<b>Розділ 2. Ядерне паливо, ядерно-паливний цикл.</b>	
2.	<p>Тема 2.1. Ядерно-паливний цикл. Лекція 6. Ядерно-паливний цикл. Розглядається весь комплекс операцій на підприємствах ядерної енергетики, таких як видобування і переробка руди, збагачення урану, приготування ядерного палива, фабрикація паливних елементів і збірок, переробка, зберігання і захоронення вигорілого палива, захоронення радіоактивних відходів. Завдання на самостійну роботу: засвоєння матеріалу лекції, підготовка до практичних</p>

	<p>занять.</p> <p>Тема 2.2. Ядерне паливо</p> <p>Лекція 7. Виробництво ядерного палива. Розглядається ядерний матеріал, що спроможний до ядерного поділу, у вигляді спеціально виготовлених елементів, призначених для завантаження в активну зону реактора цивільної атомної електростанції або дослідницького реактора. Також розглядається суміш речовин, які містять здатні до поділу ядра, напр., Pu-239, U-233. Завдання на самостійну роботу: методи збагачення природного урану.</p> <p>Лекція 8. Еволюція палива ВВЕР. Розглядається основні етапи еволюції палива ВВЕР. Завдання на самостійну роботу: засвоєння матеріалу лекції, підготовка до практичних занять.</p> <p>Лекція 9. Еволюція палива ВВЕР. Розглядаються конструкції ТВЗ ВВЕР-440 та ВВЕР-1000. Завдання на самостійну роботу: засвоєння матеріалу лекції, підготовка до практичних занять.</p> <p>Лекція 10 МОКС-паливо. Розглядається склад МОКС-палива, виготовлення МОКС-палива з відпрацьованого ядерного палива та застосування. Завдання на самостійну роботу: засвоєння матеріалу лекції, підготовка до практичних занять.</p> <p>Лекція 11. Паливні цикли ВВЕР. Загальні характеристики. Наводяться загальні характеристики замкненого та незамкненого уранового паливного циклу. Розглядаються плутонієвий та торієвий паливні цикли. Завдання на самостійну роботу: засвоєння матеріалу лекції, підготовка до практичних занять.</p> <p>Лекція 12. Економічні аспекти формування паливного завантаження. Розглядається ідеологія розвитку паливних циклів ВВЕР. Завдання на самостійну роботу: засвоєння матеріалу лекції, підготовка до практичних занять.</p> <p>Тема 2.3. Поводження з ядерним паливом</p> <p>Лекція 13. Організація робіт та поведження зі свіжим ядерним паливом. Розглядається технологія поведження зі свіжим ядерним паливом перед завантаженням в реактор. Нормативні документи, що до поведження зі свіжим ядерним паливом на АЕС України. Завдання на самостійну роботу: засвоєння матеріалу лекції, підготовка до практичних занять.</p> <p>Лекція 14,15. Організація робіт та поведження з відпрацьованим ядерним паливом. Розглядаються нормативні документи, що до поведження з відпрацьованим ядерним паливом в Україні. Завдання на самостійну роботу: засвоєння матеріалу лекції, підготовка до практичних занять.</p> <p><i>Модульна контрольна робота, частина 2.</i></p>
<b>Розділ 3. Робота енергоблоку в режимі нормальної експлуатації.</b>	
3.	<p>Тема 3.1. Пуск енергетичного реактора. Лекція 16,17. Пуск реакторної установки. Наводяться режими реакторної установки та описуються основні фізичні характеристики. Також розглядається фізичний пуск реакторної установки. Завдання на самостійну роботу: засвоєння матеріалу лекції, підготовка до практичних занять.</p> <p>Лекція 18. Особливості пуску ВВЕР. Розглядаються нормативні документи галузі, які регламентують процедуру пуску</p>

<p>реакторної установки ВВЕР.</p> <p>Завдання на самостійну роботу: засвоєння матеріалу лекції, підготовка до практичних занять.</p> <p>Тема 3.2. Зміна запасу реактивності в процесі кампанії.</p> <p>Лекція 19. Зміна запасу реактивності в процесі роботи реакторної установки на потужності. Борне регулювання.</p> <p>Розглядається зміна запасу реактивності в процесі роботи реакторної установки. Також розглядається робота системи продувки-підживлення для борного регулювання і першому контурі.</p> <p>Завдання на самостійну роботу: засвоєння матеріалу лекції, підготовка до практичних занять.</p> <p>Лекція 20,21. Характер зміни концентрації борної кислоти в активній зоні ВВЕР.</p> <p>Використання поглиначів, що вигоряють.</p> <p>Розглядаються процеси що впливають на зміну концентрації борної кислоти в активній зоні. Також розглядаються конструкція та матеріали що використовуються в якості вигоряючих поглиначів.</p> <p>Завдання на самостійну роботу: засвоєння матеріалу лекції, підготовка до практичних занять.</p> <p>Тема 3.3. Маневрові режими.</p> <p>Лекція 22. Робота енергоблоку АЕС з ВВЕР в маневреному режимі.</p> <p>Розглядаються маневрові характеристики АЕС. Поведінка оболонок твел при роботі в маневровому режимі.</p> <p>Завдання на самостійну роботу: засвоєння матеріалу лекції, підготовка до практичних занять.</p>
---

### Лабораторні заняття

№ з/п	Лабораторна робота	Кількість годин
1	<b>Лабораторна робота 1.</b> Зміна аксіального офсету в режимі роботи енергоблоку на змінній потужності.	0,75
2	<b>Захист лабораторної роботи 1.</b> Зміна аксіального офсету в режимі роботи енергоблоку на змінній потужності.	0,75
3	<b>Лабораторна робота 2.</b> Режими роботи компенсатору тиску за нормальної та відключеної подачі борної кислоти, нормальному та несправному автоматичному регуляторі потужності.	0,75
4	<b>Захист лабораторної роботи 2.</b> Режими роботи компенсатору тиску за нормальної та відключеної подачі борної кислоти, нормальному та несправному автоматичному регуляторі потужності.	0,75
5	<b>Лабораторна робота 3.</b> Підключення ГЦН що раніше не працював з порушенням регламенту.	0,75
6	<b>Захист лабораторної роботи 3.</b> Підключення ГЦН що раніше не працював з порушенням регламенту.	0,75
7	<b>Лабораторна робота 4.</b> Лабораторна робота використанням мультимедійного тренажера.	0,75
8	<b>Захист лабораторної роботи 4.</b> Лабораторна робота використанням мультимедійного тренажера.	0,75
9	<b>Підсумкове заняття по всім лабораторним роботам.</b>	1,5

## Практичні заняття

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)	Кількість годин
1.	Розрахунок (№1) кількості розчину борної кислоти концентрацією 40 г/кг, необхідного для перекомпенсації переміщення робочої групи вгору на 5%	0,5
2.	Розрахунок (№2) об'єму розчину борної кислоти концентрацією 40 г/кг, необхідного для подачі в 1 контур після спрацьовування АЗ	0,5
3.	Розрахунок (№3) пускової концентрації борної кислоти в теплоносії 1-го контуру	0,5
4.	Організація водообміну 1-го контуру за допомогою системи ТК для реалізації результатів розрахунку №2	0,5
5.	Загальні висновки	0,5

## 6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студентів полягає в засвоєнні лекційного матеріалу, закріпленні його шляхом вирішення задач, підготовці до модульної контрольної роботи та до екзамену. Розподіл годин самостійної роботи за темами наведено в таблиці.

№ з/п	Назва	Кількість годин СРС
1.	Лекція 1. Класифікація систем та елементів АЕС.	0,5
2.	Лекція 2. Єдина система маркування обладнання	0,5
3.	СРС 1. Програма розвитку атомної енергетики України до 2030 року.	2
4.	Лабораторна робота 1. Зміна аксіального офсету в режимі роботи енергоблоку на змінній потужності.	1,5
5.	Лекція 3. Основне обладнання та характеристики 1-го та 2-го контурів.	0,5
6.	Лекція 4. Арматура АЕС.	0,5
7.	СРС 2. Створення ядерно-паливного циклу в Україні.	2
8.	Практичне заняття 1. Розрахунок (№1) кількості розчину борної кислоти концентрацією 40 г/кг, необхідного для перекомпенсації переміщення робочої групи вгору на 5%	0,5
9.	Лекція 5. Насосне обладнання, що застосовується на АЕС.	0,5
10.	Лекція 6. Ядерно-паливний цикл.	0,5
11.	СРС 3. Виробництво ядерного палива.	2
12.	Лабораторна робота 2. Режим роботи компенсатору тиску за нормальної та відключеної подачі борної кислоти, нормальному та несправному автоматичному регуляторі потужності.	1,5
13.	Лекція 7. Виробництво ядерного палива.	0,5
14.	Лекція 8. Еволюція палива ВВЕР.	0,5
15.	СРС 4. Параметри структури активних зон:	2
16.	Практичне заняття 2. Розрахунок (№2) об'єму розчину борної кислоти концентрацією 40 г/кг, необхідного для подачі в 1 контур після спрацьовування АЗ	0,5
17.	Лекція 9. Еволюція палива ВВЕР.	0,5
18.	Лекція 10 МОКС-паливо.	0,5
19.	СРС 5. Коефіцієнт використання встановленої потужності для різних типів реакторних установок.	2

№ з/п	Назва	Кількість годин СРС
20.	Лабораторна робота 3. Підключення ГЦН що раніше не працював з порушенням регламенту.	1,5
21.	Лекція 11. Паливні цикли ВВЕР. Загальні характеристики.	0,5
22.	Лекція 12. Економічні аспекти формування паливного завантаження.	0,5
23.	СРС 6. «Сухе» зберігання відпрацьованого ядерного палива.	2
24.	Практичне заняття 3. Розрахунок (№3) пускової концентрації борної кислоти в теплоносії 1-го контуру	0,5
25.	Лекція 13. Організація робіт та поведження зі свіжим ядерним паливом.	0,5
26.	СРС 7. «Мокре» зберігання відпрацьованого ядерного палива.	3
27.	Лабораторна робота 4. Лабораторна робота використанням мультимедійного тренажера.	1,5
28.	Лекція 14,15. Організація робіт та поведження з відпрацьованим ядерним паливом.	1
29.	СРС 8. Обґрунтування безпеки сховищ з відпрацьованим ядерним паливом.	2
30.	Практичне заняття 4. Організація водообміну 1-го контуру за допомогою системи ТК для реалізації результатів розрахунку №2	0,5
31.	Лекція 16,17. Пуск реакторної установки.	1
32.	СРС 9. Особливості модернізації активної зони ВВЕР для роботи в маневреному режимі.	3
33.	Підсумкове заняття по всім лабораторним роботам.	1,5
34.	Лекція 18. Особливості пуску ВВЕР.	0,5
35.	Лекція 19. Зміна запасу реактивності в процесі роботи реакторної установки на потужності. Борне регулювання.	0,5
36.	СРС 10. Робота енергоблоку PWR в маневреному режимі.	3
37.	Практичне заняття 5. Загальні висновки по практичним заняттям	0,5
38.	Лекція 20,21. Характер зміни концентрації борної кислоти в активній зоні ВВЕР. Використання поглиначів, що вигоряють.	1
39.	Лекція 22. Робота енергоблоку АЕС з ВВЕР в маневреному режимі.	0,5
40.	Модульна контрольна робота	4
41.	Розрахунково-графічна робота	15
42.	Екзамен	30
	ВСЬОГО	93

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог до студентів:

- **правила поведінки на заняттях** – не заважати зайвою діяльністю, розмовами ( в тому числі телефоном) іншим студентам слухати лекцію чи працювати під час виконання лабораторних робіт. В аудиторіях/лабораторіях та при дистанційному навчанні вдома дотримуватись правил техніки безпеки при роботі з обладнанням;
- **правила захисту звіту з лабораторних робіт** – викладач особисто спілкується зі студентом та задає теоретичні питання за тематикою роботи та отриманими результатами;



- **правила призначення заохочувальних та штрафних балів** – заохочувальні бали передбачені за академічну активність на лекційних заняттях, штрафні бали нараховуються при виявленні фактів порушення правил доброчесності при складанні контрольних та лабораторних робіт і можуть накладатися у розмірі оцінки передбаченої за конкретну роботу;
- **політика дедлайнів та перескладань:**
  - 1) перескладання екзамену здійснюються за графіком, встановленим на рівні університету;
  - 2) захист звітів з лабораторних робіт відбувається на наступному занятті після вивчення теми даного лабораторного заняття. При значних заборгованостях з оформлення протоколів, їх здачі і захистів робіт, студенти можуть бути недопущені до семестрового контролю і не отримати позитивну оцінку;
  - 3) захист розрахункової роботи відбувається на практичних заняттях. При значних заборгованостях з оформлення розділів розрахункової роботи, студенти можуть бути недопущені до семестрового контролю і не отримати позитивну оцінку
- **політика щодо академічної доброчесності** – студенти зобов'язані дотримуватись положень Кодексу честі та вимог академічної доброчесності під час освітнього процесу.

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

Види контролю знань студента з дисципліни:

- виконання та захист звітів з лабораторних робіт;
- виконання та захист звітів з розрахункової роботи;
- робота на практичних заняттях;
- виконання МКР;
- екзамен.

Рейтинг студента з кредитного модуля розраховується зі 100 балів, з них 50 балів складає стартова шкала. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, що студент отримує за види робіт, надані в таблиці

Вид занять	кількість	бали		сума балів
Лабораторні заняття	9	Виконання завдань	4x5=20	20
Практичні заняття	4	Виконання завдань	4x3=12	12
РР	0,5	Виконання завдань	4x2=8	8
МКР 1-а частина	0,5	Написання роботи	5	10
МКР 2-а частина	0,5	Написання роботи	5	
<b>Сума вагових балів контрольних заходів</b>				<b>50</b>
<b>Екзамен</b>			<b>50</b>	<b>100</b>

**Умови допуску до семестрового контролю:** виконаний та зарахований цикл завдань до розрахункової роботи, виконані та захищені лабораторні роботи та загальний бал за всі види робіт не менше 25 балів.

### 1. Модульна контрольна робота

Максимальна оцінка за модульну контрольну роботу становить **10 балів**. Модульна контрольна робота складається з двох частин тривалістю по 1 годині, кожна з яких оцінюється максимально у 5 балів. Кожна частина включає по 5 питань.

Повністю правильна відповідь на питання 5 балів.

Правильна відповідь на питання з незначними помилками 4 балів.

Повна відповідь на питання із значними помилками 3 балів.

Неповна відповідь на питання, значні помилки 1 балів.

Відсутні правильні відповіді 0 балів.



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

## **2. Лабораторні роботи (ЛР)**

Максимальна оцінка за лабораторні роботи становить **20 балів**. Під час семестру здобувачі вищої освіти у складі окремих груп опрацьовують з доступної літератури 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 матеріалу до рейтингу студента додається 0...5 балів за кожну лабораторну роботу.

Повністю правильні відповіді на питання по лабораторній роботі 5 балів.

Правильні відповіді на питання з незначними помилками 4 балів.

Повні відповіді на питання із значними помилками 3 балів.

Неповні відповіді на питання, значні помилки 1 балів.

Відсутні правильні відповіді 0 балів.

## **3. Практичні роботи (ПР)**

На практичних заняттях здобувачі вищої освіти захищають практичну роботу. Максимальна оцінка за практичні роботи становить **12 балів**. Під час семестру здобувачі вищої освіти індивідуально опрацьовують з доступної літератури видане завдання на кожну практичну роботу згідно переліку тем у таблиці п.5 силабусу. Практичні роботи складаються з 4 частин. Кожна із 4 частин захищається індивідуально. За демонстрацію глибини засвоєння матеріалу до рейтингу студента додається 0...3 балів за кожну практичну роботу.

Повністю правильні відповіді на питання по 3 балів.

Правильні відповіді на питання з незначними помилками 2 балів.

Неповні відповіді на питання, значні помилки 1 балів.

Відсутні правильні відповіді 0 балів.

## **4. Розрахункова робота (РР)**

Максимальна оцінка за розрахункову роботу становить **8 балів**. Під час семестру здобувачі вищої освіти індивідуально опрацьовують з доступної літератури видане завдання на кожну частину розрахункової роботи. Розрахункова робота складається з 4 частин. Кожна із 4 частин розрахункової роботи захищається індивідуально. За демонстрацію глибини засвоєння матеріалу до рейтингу студента додається 0...2 балів за кожну лабораторну роботу.

Повністю правильні відповіді на питання по 2 балів.

Неповні відповіді на питання, значні помилки 1 балів.

Відсутні правильні відповіді 0 балів.

## **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 (1 бал/сертифікат);
- за публікацію статті у науковому журналі за тематикою дисципліни (5 балів/стаття);

## **Штрафні бали**

Несвоєчасне виконання завдання оцінюється у 1 штрафний бал

## **5. Розрахунок суми основних рейтингових балів**

Сума основних рейтингових балів відповідає рейтинговій шкалі (100 балів)

Розрахунок шкали рейтингу:

$$R = 10 (\text{МКР}) + 20 (\text{ЛР}) + 12 (\text{ПР}) + 8 (\text{РР}) + 50 (\text{іспит}) = 100 \text{ балів.}$$

### Критерії оцінювання іспиту

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:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
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://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)

### 1. Дистанційне навчання:

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).

### 2. 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;

- кінцеві терміни виконання індивідуальних завдань і завдань самостійної роботи переносяться на кінець семестру (з обов'язковим виконанням і захистом);
  - у рейтингову систему оцінювання вносяться зміни стосовно нарахування штрафних балів за не своєчасне виконання завдань: штрафні бали не нараховуються.
3. 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 Принципова схема реакторної установки з реакторами типу ВВЕР.
- 2 Основні відмінності між реакторними установками ВВЕР-440 та ВВЕР-1000.
- 3 Формула 4-х співмножників, визначення коефіцієнтів, що входять в формулу.
- 4 Ефективний коефіцієнт розмноження нейтронів і коефіцієнт розмноження нейтронів в нескінченному середовищі. У чому їхня відмінність?
- 5 Склад палива реактора ВВЕР.
- 6 Ланцюгова реакція поділу ядерного палива.
- 7 Радіоактивність. Види радіоактивного розпаду. Період радіоактивного розпаду.
- 8 Основні системи безпеки реакторної установки з реакторами типу ВВЕР.
- 9 Система фізичних бар'єрів на шляху поширення іонізуючого випромінювання і радіоактивних речовин у навколишнє середовище.
- 10 Склад активної зони реактора ВВЕР.
- 11 Ядерне паливо.
- 12 Сповільнювач.
- 13 Теплоносій.
- 14 Основні параметри реакторної установки ВВЕР-1000.
- 15 Яким чином відбувається отримання електричної енергії на атомній станції?
- 16 Відбивач в ядерному реакторі. Для чого він призначений?
- 17 Період реактора, період подвоєння потужності.
- 18 Миттєві та запізнілі нейтрони. Роль запізнілих нейтронів.
- 19 Джерела нейтронів в підкритичному реакторі. Пуск ядерного реактора.
- 20 Вигорання ядерного палива.
- 21 Шлакування ядерного палива.
- 22 Отруєння ядерного реактора.
- 23 Вигоряючий поглинач. Типи вигоряючих поглиначів, які застосовуються на РУ з ВВЕР.
- 24 Засоби впливу на реактивність в ядерних реакторах типу ВВЕР.

### Додаток 2

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

1. Класифікація РУ.
2. Виробництво ядерного палива.
3. Методи збагачення природного урану.
4. Конструкція ТВЗ ВВЕР-440 та ВВЕР-1000.
5. Паливні цикли ВВЕР. Загальні характеристики.
6. Економічні аспекти формування паливного завантаження.
7. Організація робіт та поводження зі свіжим ядерним паливом.
8. Фізичний пуск реакторної установки.
9. Зміна запасу реактивності в процесі кампанії.

10. Робота енергоблоку АЕС з ВВЕР в маневреному режимі.
11. Реактор: призначення, склад і принцип роботи.
12. ГЦН: призначення, склад і принцип роботи.
13. ГЗЗ: призначення, склад і принцип роботи.
14. Парогенератор: призначення, склад і принцип роботи.
15. КТ: призначення, склад і принцип роботи.
16. ГЦТ: призначення і склад.
17. Пояснити класифікацію насосів.
18. Пояснити, що таке гідравлічний удар.
19. Основні відомості про насоси, які застосовуються в теплотехніці.
20. Намалювати схему насоса.
21. Описати принцип роботи насосів.
22. Пояснити, що таке "зрив" і "запарювання" насоса.
23. Описати конструкцію і принцип дії ежекторної установки.
24. Назвати призначення і описати принцип дії трансформаторів.
25. Пояснити принцип вимірювання температури, тиску, рівня та витрати.
26. Перерахувати види енергетичної арматури по функціональному призначенню.
27. Назвати призначення, описати конструкцію, принцип дії запірної, дросельно-регулюючої, захисно-запобіжної арматури.
28. Намалювати принципову теплову схему другого контуру АЕС.
29. Назвати призначення турбіни.
30. Пояснити принцип роботи турбіни.
31. Перерахувати типи насосного устаткування, яке застосовується в другому контурі АЕС.
32. Принцип роботи підшипників ковзання.
33. Режими нормальної експлуатації. Визначення. Перелік режимів.
34. Призначення і опис ІЗП ПГ.
35. Призначення і опис ШЗВК.
36. Призначення і опис ШРУ-А.
37. Призначення і опис ШРУ-К.
38. Призначення і опис ШРУ-ВП.

### Додаток 3

#### *Перелік вихідних даних, для виконання розрахункової роботи*

№ п/п	Теплова потужність до розвантаження, N1к, %	Енерго-вироблення, Тефф.діб.	Концентрація РБК в т/н 1-го контуру перед зупином, г/кг	Положення робочої групи перед зупином, %	Передбачувана тривалість зупину, час	Передбачуваний час виходу на МКР, год.
1.	100	10	5,9	85	3	5
2.	95	20	5,6	80	4	6
3.	90	30	5,3	70	5	7
4.	85	40	5,1	85	6	8
5.	80	50	4,95	80	7	9
6.	75	60	4,6	75	8	10
7.	70	70	4,35	65	9	11
8.	65	80	4,1	60	10	12
9.	60	90	3,9	85	11	13
10.	100	100	3,7	80	12	14

11.	95	110	3,45	75	13	15
12.	90	120	3,25	70	14	16
13.	85	130	3,05	80	15	17
14.	80	140	2,8	75	16	18
15.	75	150	2,6	70	17	19
16.	70	160	2,4	65	18	20
17.	65	170	2,2	60	19	21
18.	60	180	1,95	57	20	22
19.	100	190	1,75	70	21	23
20.	95	200	1,55	75	22	24
21.	90	210	1,35	80	23	25
22.	85	220	1,1	75	24	26
23.	80	230	0,9	70	25	27
24.	75	240	0,7	65	26	28
25.	70	250	0,5	60	27	29
26.	65	260	0,3	57	28	30
27.	60	270	0,1	80	29	31
28.	100	50	4,95	75	30	32
29.	95	60	4,6	70	31	33
30.	90	70	4,35	75	32	34
31.	85	80	4,1	80	33	35
32.	80	90	3,9	75	34	36
33.	75	100	3,7	70	35	37

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

**Складено** к.т.н., доцентом, Бібіком Тимофієм Вікторовичем

**Ухвалено:** кафедрою АЕ (протокол № 19 від 17 .05. 2023 р.)

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