



Основи експлуатації АЕС-1

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</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)/дистанційна</i>
Рік підготовки, семестр	<i>IV курс, весінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>135 годин/4,5 кредитів ЄКТС</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен</i>
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua/
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>к.т.н., ст. викладач, Бібік Тимофій Вікторович, e-mail: tymofii.bibik@gmail.com</i> Лабораторні: <i>асистент, Остапенко Іван Анатолійович, e-mail: ivan.a.ostapenko@gmail.com</i>
Розміщення курсу	https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3400

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.

***Метою** навчальної дисципліни є формування у студентів компетентностей виявляти, класифікувати і описувати ефективність систем атомних електричних станцій та їх компонентів (ФК 06), здатність враховувати правові, соціальні, екологічні, етичні, економічні та комерційні міркування, що впливають на реалізацію інженерних рішень в галузі атомної енергетики (ФК 08), здатність використовувати знання характеристик специфічних матеріалів, обладнання, процесів та продуктів у професійній діяльності в галузі атомної енергетики (ФК 13).*

***Предметом** навчальної дисципліни є мультимедійний тренажер енергоблоку АЕС з ВВЕР «Симулятор ВВЕР-1000. Мультимедійний тренажер, розроблений міжнародною групою під егідою МАГАТЕ, с 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.*

Програмними результатами навчання є:

- Здійснювати розрахунки об'єктів атомно-енергетичного комплексу, виробів, процесів і систем в галузі атомної енергетики, що задовольняють конкретні технічні, економічні, законодавчі та інші вимоги; обрання і застосування адекватної методології проектування (ПРН 5).

Після вивчення дисципліни, майбутні фахівці зможуть отримати досвід використання відомого у всьому Світі інструменту професійного рівня для скінчено-елементного аналізу.

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

Дисципліна базується на знаннях, отриманих студентами при вивченні таких дисциплін, як тепломасообмін, гідрогазодинаміка, теплогідролічні процеси в енергетичних установках, математичне моделювання теплофізичних процесів, системи автоматизованого проектування та тривимірне моделювання енергетичних об'єктів. Також є базовою для підготовки фахівця за освітньою програмою «Атомні електричні станції».

3. Зміст навчальної дисципліни

В першому змістовному модулі вивчаються питання вибору параметрів енергоблоку, та режими роботи енергоблоків АЕС як єдиного об'єкта енергосистеми, та включає в себе:

Розділ 1. «Вибір параметрів енергоблоків»;

Тема 1.1. Загальні відомості. Вибір параметрів енергоблоку.

Розділ 2 «Енергоблок як єдиний об'єкт експлуатації».

Тема 2.1. Режими роботи енергоблоків АЕС.

Тема 2.2. Робота енергосистеми

Другий змістовний модуль «Основне обладнання та системи енергоблоків АЕС» включає в себе Розділ 3. Основне обладнання та системи енергоблоків АЕС. В якому детально розглядаються обладнання, системи та елементи нормальної експлуатації та системи та елементи безпеки для АЕС з водо-водяними енергетичними реакторами.

Розділ 3. Основне обладнання та системи АЕС (з ВВЕР).

Тема 3.1. Класифікація обладнання, основні терміни та визначення.

Тема 3.2. Системи та елементи нормальної експлуатації.

Тема 3.3. Системи та елементи безпеки комплексу ANSYS-CFX.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Іванов Валерій Олексійович. Експлуатація АЕС. Санкт-Петербург, Енергоатоміздат 1994 р., 381 с.
2. Л.М. Воронин. Особенности эксплуатации и ремонта АЭС. М.: Энергоиздат 1981 г., 168 с.
3. АЕС з ВВЕР. Режими, характеристики ефективність / Р.З. Амінов, В.А. Хрустальов, А.С. Духовенській, А.І. Осадчий. М.: Енергоатоміздат 1990.
4. Широков С. В. Ядерні енергетичні реактори. К. 1997, с. 280.
5. Овчинніков Н.А., Голубев А.І, та інші. Експлуатаційні режими водо-водяних енергетичних реакторів. – М.: Атомиздат, 1979. – 300 с.
6. ВВЭР-1000. Симулятор реактора. МАГАТЕ. Вена 2005.
7. Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу «Експлуатація ЯПВУ». Київ 2008.

Допоміжна література:

8. Реакторная установка В-320. Техническое описание и информация по безопасности 320.00.00.00.000 Д61. В 9-ти книгах. ОКБ «Гидропресс», 1987.
9. Ровенская АЭС. Энергоблок №1. Техническое обоснование безопасности сооружения и эксплуатации АЭС. 38-916.203.018.ОБ. В 9-ти книгах. «Энергопроект», 1999.
10. Широков С. В. Фізика ядерних реакторів. – Видання друге: Вища школа, 1998. – с 288.
11. Основы теории и методы расчета ядерных энергетических реакторов. Под редакцией д.ф.м. наук Г.А. Батя. М., Энергоиздат 1982 г., 511 стр.
12. Гогштейн Д.П., Верхівкер Г.П. Аналіз теплових схем атомних електростанцій. Київ: Вища школа., 1987 р.
13. Сидоренко В.А. Об атомной энергетике, атомных станциях, учителях, коллегах и о себе. М. ИзДАТ, 2003, 320 стр.
14. Поярков В.О., Стрижак В.І., Широков С.В. Ядерна енергетика за і проти. Київ, Тов. «Знання» України. 1993 р. 92 стор.
15. Фільми по ядерній енергетиці, кафедра АЕС і ІТФ

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Тиждень	Зміст навчальної роботи	СРС (___ годин за навчальним планом)
1 – I тиждень	Лекція 1. Загальні відомості та визначення. Задачі експлуатації. [1] стор. 8-14, [2] стор. 3-5. Лекція 2. Вибір параметрів теплоносія та робочого тіла енергоблоку. [3] стор. 116-123.	Класифікація РУ [6]. Конспект лекцій з курсу «Ядерні енергетичні реактори» (0,5 години) . Реактори нового покоління [6] стор. 176-220 (0,5 години) .
	Комп'ютерний практикум 1 Практична робота №1. Стаціонарний режим роботи реакторної установки.	Опрацювання пройденого на лекціях матеріалу (0,5 години) .
2 – II тиждень	Лекція 3. Режим роботи енергоблоків АЕС. [1] стор. 14-26, [2] стор. 7-47. Лекція 4. Програми регулювання енергоблоків АЕС. [1] стор. 41-50, [2] стор. 7-47.	Опрацювання пройденого на лекціях матеріалу (0,5 години) . Особливості роботи енергосистеми при значній (більше 35-40%) частці виробленню електроенергії на АЕС. [1] стор. 26-41, [3] стор. 191-213. (1,5 години) .
	Комп'ютерний практикум 2 Практична робота №1. Стаціонарний режим роботи реакторної установки.	Опрацювання пройденого на лекціях матеріалу (0,5 години) .
3 – I тиждень	Лекція 5. Робота електричної мережі. Основні характеристики, стаціонарні та аварійні режими роботи електричної мережі [2] стор 129-146. Лекція 6. Лекція 6 проводиться у вигляді відкритої лекції з екскурсією в музей «КиївЕнерго». Програма екскурсії погоджується з керівництвом музею, та включає: ознайомлення з експонатами музею, лекцію спеціалістів з зазначеної теми, та перегляд відео матеріалу [2]	Опрацювання пройденого на лекціях матеріалу (0,5 години) .

	стор 129-146.	
	Комп'ютерний практикум 3. Практична робота №2. Дослідження ядерного енергетичного реактора ВВЕР-1000 в режимі відключення головних циркуляційних насосів. Зупинка одного ГЦН з чотирьох, що працювали. [11], Практична робота №1.	Опрацювання пройденого на лекціях матеріалу (0,5 години) .
4 – II тиждень	Лекція 7. Робота електричної мережі. Основні характеристики, стаціонарні та аварійні режими роботи електричної мережі [2] стор 129-146. Лекція 8. Лекція 6 проводиться у вигляді відкритої лекції з екскурсією в музей «КиївЕнерго». Програма екскурсії погоджується з керівництвом музею, та включає: ознайомлення з експонатами музею, лекцію спеціалістів з зазначеної теми, та перегляд відео матеріалу [2] стор 129-146.	Опрацювання пройденого на лекціях матеріалу (0,5 години) .
	Комп'ютерний практикум 4. Практична робота №2. Дослідження ядерного енергетичного реактора ВВЕР-1000 в режимі відключення головних циркуляційних насосів. Зупинка одного ГЦН з чотирьох, що працювали. [11], Практична робота №1.	Опрацювання пройденого на лекціях матеріалу (0,5 години) .
5 – I тиждень	Лекція 9. Система компенсації тиску першого контуру. Лекція 10. Відеофільм кафедри. Компенсатор тиску, барботаажний бак.	Опрацювання пройденого на лекціях матеріалу (0,5 години) . Особливості складу та умови роботи системи підживлення-продувки та борного регулювання на АЕС з ВВЕР-440. Особливості складу та умови роботи системи компенсації тиску першого контуру на АЕС з ВВЕР-440. [8] Книга 3.
	Комп'ютерний практикум 5. Практична робота №3. Дослідження ядерного енергетичного реактора ВВЕР-1000 в режимі відключення двох головних циркуляційних насосів. [11], Практична робота №2.	Опрацювання пройденого на лекціях матеріалу (0,5 години) .
6 – II тиждень	Лекція 11. Система аварійного охолодження активної зони високого тиску. Система гідроємностей САОЗ. Лекція 12. Система аварійного охолодження активної зони низького тиску.	Опрацювання пройденого на лекціях матеріалу (0,5 години) . СРС: Алгебраїчні моделі турбулентності. Популярні алгебраїчні моделі турбулентності [4, с.66-75].
	Комп'ютерний практикум 6. Практична робота №3. Дослідження ядерного енергетичного реактора ВВЕР-1000 в режимі відключення двох головних циркуляційних насосів. [11], Практична робота №2.	Опрацювання пройденого на лекціях матеріалу (0,5 години) .
7 – I тиждень	Лекція 13. Системи аварійного охолодження активної зони пасивного типу ВВЕР нового покоління. GE-2. СПОТ. Лекція 14. . Спринклерна система. [8] Книга 4.	Опрацювання пройденого на лекціях матеріалу (0,5 години) . Особливості складу та умов роботи системи аварійного охолодження

	Відеофільм: Випробування спринклерної системи.	активної зони на АЕС з ВВЕР-440. [9] Книга 3.
	Комп'ютерний практикум 13. Моделювання задач теплопередачі.	Опрацювання пройденого на лекціях матеріалу (0,5 години) .
8 – II тиждень	Лекція 15. Система управління та захисту реактора. Автоматичний регулятор потужності. Лекція 16. Регулятор обмеження потужності. Попереджувальний захист.	Опрацювання пройденого на лекціях матеріалу (0,5 години) . Можливості комплексу програм ANSYS при проведенні модального аналізу [7, с. 28-37]. Методика застосування ANSYS-Workbench для виконання модального аналізу відповідальних елементів енергетичного устаткування.
	Комп'ютерний практикум 7. Практична робота №4. Дослідження ядерного енергетичного реактора ВВЕР-1000 в режимі відключення турбо-підживлювального насоса. [11], Практична робота №3.	Опрацювання пройденого на лекціях матеріалу (0,5 години) .
9 – I тиждень	Лекція 17. Аварійний захист реактора. [8] Книга 4. Лекція 18. Аварійний захист реактора. [8] Книга 4.	Опрацювання пройденого на лекціях матеріалу (0,5 години) . Особливості складу та умов роботи системи управління та захисту на АЕС з ВВЕР-440 та PWR. [9] Книга 3, [3] стор. 200-250.
	Комп'ютерний практикум 8. Захист реферативних робіт. *Примітка. Для рівномірного навантаження в часі для захисту реферативних робіт, захист можливо проводити на початку кожної лабораторної роботи, але не довше 15 хвилин.	Опрацювання пройденого на лекціях матеріалу (0,5 години) .

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Види самостійної роботи та терміни часу, які на це відводяться, вказані в таблиці в п.5 відповідно до навчальних тижнів та запланованих навчальних занять.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог до студентів:

- **правила відвідування занять** – відвідування занять усіх видів (лекцій та практичних занять) 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;
- **правила поведінки на заняттях** – не заважати зайвою діяльністю, розмовами (в тому числі телефоном) іншим студентам слухати лекцію чи працювати під час виконання практичних занять. 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 заліку здійснюються за графіком, встановленим на рівні університету;
 - 2) переписування модульних контрольних робіт не передбачено;
 - 3) захист звітів з лабораторних робіт відбувається на наступному занятті після вивчення теми даного практичного заняття. Всі проблемні питання з вирішуються на аудиторних практичних заняттях 7-8. При значних заборгованостях з оформлення протоколів, їх здачі і захистів робіт, 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)

Поточний контроль: захист 9-ти звітів з лабораторних робіт (комп'ютерних практикумів); МКР.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр на 7-8 та 14-15 тижнях як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу - студент отримує «задовільно» під час першого та другого календарного контролю, якщо його поточний рейтинг складає не менше за 50% від максимальної кількості балів, можливої на момент контролю. Детально умови отримання позитивної оцінки наведено в календарному плані в п.5.

Семестровий контроль: залік.

Умови допуску до семестрового контролю: виконаний та зарахований цикл звітів з практичних робіт, зараховані РГР та загальний бал за всі види робіт не менше 40 балів. Для отримання заліку з кредитного модуля «автоматом» потрібно мати рейтинг не менше 60 балів.

1. Лабораторні роботи.

В семестрі проводиться 5-ти лабораторних робіт (комп'ютерних практикумів) які мають однакову складність.

Для лабораторних робіт застосовуються наступні критерії оцінювання:

Критерії оцінювання	Оцінка
● максимальна оцінка за захист звітів за повний цикл лабораторних робіт	100

Кожна робота оцінюється наступним чином.

Критерії оцінювання	Оцінка
● робота не виконана	0
● неакуратно виконаний звіт, поверхневе знання особливості процесів що моделюються або не надання відповідей на контрольні запитання, що приводяться в методичних вказівках до виконання лабораторних робіт	6
● в роботі є певні недоліки, студент дав повні відповіді на контрольні запитання, що приводяться в методичних вказівках до виконання лабораторних робіт	8
● за умови отриманих фізичних результатів роботи, гарного і своєчасного захисту роботи, повних відповідей на контрольні запитання, що приводяться в методичних вказівках до виконання лабораторних робіт	10

2. Модульна контрольна робота

Під час семестру виконуються одна модульна контрольна робота яка виконана у вигляді тестів. Контрольна робота оформлена в платформі Сікорський. Завдання містить десять питань. За вірну відповідь на питання до рейтингу студента додається один бал. Максимальна оцінка за МКР становить 10 балів.

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

3. Розрахунок суми основних рейтингових балів

Сума основних рейтингових балів відповідає рейтинговій шкалі (100 балів)

Розрахунок шкали рейтингу:

$$R = (9 \cdot 10) (\text{Лаб.}) + 10 (\text{МКР}) = 100 \text{ балів.}$$

Система додаткових рейтингових балів та відповідні критерії оцінювання

1. Заохочувальні бали

Сума заохочувальних балів не повинна перевищувати 10 балів.

1.1. Додатково до рейтингу зараховуються бали за правильні відповіді на запитання викладача під час проведення лекцій (1 бал/відповідь).

1.2. У разі, коли студент не набирає за семестр мінімальну кількість балів яка необхідна для допуску до екзамену, йому надається додаткове завдання. Тема завдання узгоджується з викладачем. Звичайно надається завдання, яке відповідає відрізку часу навчання, за який студентом показані погані результати. Повне виконання завдання відповідає 10 балам. При оцінюванні такого завдання використовується система, що використовується для модульної контрольної роботи.

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

Студенти, які наприкінці семестру мають рейтинг *менше 60 балів*, а також ті, хто хоче підвищити оцінку у системі ECTS, виконують залікову контрольну роботу. При цьому, до отриманих під час семестру балів за РГР та за захист звітів з практичних занять (максимум 60 балів) додаються бали за залікову контрольну роботу і визначається фінальна оцінка (яка може бути як більша, ніж отримана раніше за рейтингом, так і менша).

Контрольне завдання залікової роботи оцінюється в 40 балів і складається з розробки тривимірної моделі будь-якого вузла теплоенергетичного обладнання, яку студент здатен розробити за дві академічних години.

Оцінювання залікової роботи здійснюється наступним чином:

- повна модель (виконане коректне моделювання всі вузлів і елементів обладнання) – 30-40 балів;
- неповна модель (не всі взаємозв'язки встановлені або відсутні деякі елементи) – 20-30 балів;
- незавершена модель (поверхнева схожість з об'єктом, який підлягає моделюванню) – 10-20 балів;
- модель не побудована – 0 балів.

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль

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 їх 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 розповсюдження 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 нейтрони та нейтрони що запізнюються. Роль нейтронів що запізнюються.
19. Джерела нейтронів в підкритичному реакторі. Пуск ядерного реактора.
20. Вигоряння 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.
25. Відмінність гермозони реактора ВВЕР-440 від гермооб'єму реактора ВВЕР-1000.
26. Реактор: призначення, склад і принцип роботи.
27. ГЦН: призначення, склад і принцип роботи.
28. ГЗЗ: призначення, склад і принцип роботи.
29. Парогенератор: призначення, склад і принцип роботи.
30. КТ: призначення, склад і принцип роботи.
31. ГЦТ: призначення і склад.
32. Намалювати принципову теплову схему другого контуру АЕС.
33. Назвати призначення турбіни.
34. Пояснити принцип роботи турбіни.
35. Навести визначення класів елементів АС за впливом на безпеку.
36. Навести класифікаційні позначення що відображають призначення елемента.
37. Навести визначення груп, на які поділяються обладнання і трубопроводи, в залежності від ступеня впливу системи на безпеку.
38. Навести визначення категорій сейсмостійкості будівельних конструкцій, технологічного і електротехнічного обладнання, трубопроводів, приладів і т.д. в залежності від ступеня їх відповідальності в забезпеченні безпеки.
39. Єдина система маркування обладнання.
40. Перерахувати види трубопровідної арматури за функціональним призначенням.
41. Назвати призначення, описати конструкцію, принцип дії запірної арматури.
42. Назвати призначення, описати конструкцію, принцип дії регулюючої арматури.
43. Назвати призначення, описати конструкцію, принцип дії запобіжної арматури.
44. Назвати призначення, описати конструкцію, принцип дії захисної арматури.
45. Назвати призначення, описати конструкцію, принцип дії фазорозподільної арматури.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено ст. викладачем каф. АЕС і ІТФ, к.т.н., Бібіком Тимофієм Вікторовичем

Ухвалено кафедрою Атомних електричних станцій і інженерної теплофізики (протокол № __ від _____)

Погоджено Методичною комісією факультету¹ (протокол № __ від _____)

¹ Методичною радою університету – для загальноуніверситетських дисциплін.