Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Кафедра атомної енергетики

Тривимірне моделювання перехідних процесів в реакторах ВВЕР

Робоча програма навчальної дисципліни (силабус)

Реквізити навчальної дисципліни	
Рівень вищої освіти	***Третій (освітньо-науковий)***
Галузь знань	*14 Електрична інженерія*
Спеціальність	*143 Атомна енергетика*
Освітня програма	*ОНП Атомні електричні станції*
Статус дисципліни	*Нормативна*
Форма навчання	*Очна(денна)*
Рік підготовки, семестр	*2 курс, осінній*
Об'єм дисципліни	*4 кредити ECTS (120 годин), 10 години лекцій, 6 годин комп'ютерних практикумів, 104 годин самостійної роботи*
Семестровий контроль/ контрольні заходи	*залік, модульна контрольна робота*
Розклад занять	*http://rozklad.kpi.ua/*
Мова викладання	*українська*
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: *к.т.н., ст.викладач, Овдієнко Юрій Миколайович, y.ovdienko@gmail.com* Комп'ютерні практикуми: *к.т.н., ст.викладач, Овдієнко Юрій Миколайович, y.ovdienko@gmail.com*
Розміщення курсу	*https://campus.kpi.ua*, *https://drive.google.com/drive/u/1/my-drive*

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її предмет та результати навчання

Предмет навчальної дисципліни - нейтронно-фізичні процеси в перехідних та аварійних режимах експлуатації ВВЕР-1000, що супроводжуються значними просторовими деформаціями поля енерговиділення і є потенційно небезпечними.

Основною задачею в атомній енергетиці є обґрунтування безпеки АЕС та її основного елементу - реакторної установки. Зважаючи на неоднорідність активної зони та її суттєву гетерогенність, такі дослідження безпеки виконуються шляхом моделювання режимів експлуатації

РУ чисельним способом з використанням просторових моделей активної зони. Особливо важливим є використання такої методології в дослідженнях безпеки активної зони енергетичного реактора в перехідних режимах експлуатації.

Дослідження перехідних і аварійних режимів експлуатації енергетичних реакторів є однією з найскладніших та найважливіших задач в аналізі безпеки АЕС. Як правило, в цих режимах відбувається просторовий перерозподіл ряду нейтронно-фізичних та теплогідравлічних параметрів активної зони, що призводить до деформації поля енерговиділення та виникненню локальних зон з потужністю, що може перевершувати встановлені допустимі межі. З часом ці локальні ефекти суттєво змінюються, а в окремих випадках дія автоматичного регулятора реактора посилює локальну деформацію. Для запобігання пошкодженню активної зони та викиду радіоактивних елементів в оточуюче середовище необхідне вміння застосовувати методологію нейтронно-фізичного розрахунку реактора для якісного моделювання повільних і швидких перехідних режимів та власноруч розробляти для цього відповідні розрахункові коди.

Виконання зазначених вище досліджень з безпеки РУ можливе лише за умови наявності відповідних спеціалістів, що мають знання з розробки спеціальних розрахункових кодів на основі сучасних методик та алгоритмів. Саме підготовку таких спеціалістів передбачає робоча програма даної навчальної дисципліни.

Метою навчальної дисципліни є формування здатностей (компетентностей), які студент набуде після вивчення дисципліни:

– *Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які ство-рюють нові знання у галузі атомної енергетики та дотичних до неї міждисциплінарних на-прямах і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з атомної енергетики та суміжних галузей.*	*ФК1*
– *Здатність застосовувати сучасні інформаційні технології, бази даних та інші електронні ресурси, спеціалізоване програмне забезпечення у науковій та навчальній діяльності.*	*ФК3*
– *Здатність формулювати наукову проблему (задачу), що має теоретичне та практичне зна-чення в галузі атомної енергетики, визначати шляхи її вирішення із залученням сучасних теоретичних та експериментальних методів та інформаційних технологій*	*ФК5*

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

– *Мати передові концептуальні та методологічні знання з атомної енергетики і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень, отримання нових знань та/або здійснення інновацій.*	*ПРН1*
– *Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу,*	*ПРН3*

експериментальних досліджень і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані.

- *Розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі процесів і систем, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та/або створення інноваційних родуктів у галузі атомної енергетики та* ПРН4
- *дотичних міждисциплінарних напрямах*

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

Дисципліни які базуються на результатах навчання з даної дисципліни: Моделювання тривимірних задач гідродинаміки та теплообміну в активній зоні реактора, оцінка виконання критеріїв безпеки за допустимими значеннями коефіцієнту запасу до кризи теплообміну, температури палива та оболонки твелу на основі нейтронно-фізичного розрахунку просторового розподілу енерговиділення в об'ємі активної зони.

3. Зміст навчальної дисципліни

РОЗДІЛ 1 Розрахунок реактора в стаціонарному стані

Тема 1.1 Введення в дисципліну. Розрахунок реактора без врахування дії зворотних зв'язків за теплогідравлічними та нейтронно-фізичними параметрами

Тема 1.2 Розрахунок стаціонарного стану реактора з урахуванням дії зворотних зв'язків за теплогідравлічними та нейтронно-фізичними параметрами.

РОЗДІЛ 2 Методологія моделювання повільних перехідних процесів

Тема 2.1 Математична модель реактора для дослідження ксенонових перехідних процесів.

Тема 2.2 Методологія чисельного розрахунку повільного перехідного процесу.

РОЗДІЛ 3 Методологія моделювання швидких перехідних процесів

Тема 3.1 Моделі для дослідження динаміки реакторів з розподіленими параметрами на основі опису транспорту нейтронів в дифузійному наближенні.

Тема 3.2 Розрахунок швидких перехідних процесів з використанням методу кінцевих різниць в двогруповому дифузійному наближенні.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова (підручники, навчальні посібники) література.

1. *Халімончук В., Овдієнко Ю., Шевченко І., Єременко М., Білодід Є. Методологія чисельного розрахунку енергетичного реактора в дослідженнях безпеки повільних та швидких перехідних процесів. Держ. підприємство "Держ. наук.-техн. центр з ядер. та радіац. безпеки". - Київ : ДНТЦ ЯРБ, 2024. - 239 с. : рис., табл. - Бібліогр.: с. 236-239. - 250 прим. - ISBN 978-617-8532-01-7*

2. *Павлович В. М. Фізика ядерних реакторів: навчальний посібник / В. М. Павлович ; НАН України, Ін-т проблем безпеки АЕС. - Чорнобиль (Київ. обл.) : Ін-т проблем безпеки АЕС, 2009. - 224 с.*
3. *Weston M. Stacey. Nuclear Reactor Physics. Wiley-VCH; 2nd edition, 2007, p. 735.*
4. *Hetrick, David L. Dynamics of Nuclear Reactors. Amer Nuclear Society, 1993, p.542.*
5. *Wagner, M.R.: "Tree-Dimensional Nodal Diffusion and Transport Methods for Hexagonal Geometry", Nucl. Sci. Eng. 103, 1989*

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

1. *Загальні положення безпеки атомних станцій, затверджено наказом Державного комітету ядерного регулювання України від 19.11.2007 № 162, зареєстровано у Міністерстві юстиції України 25.01.2008 за № 56/14747.*
2. *В.А. Халимончук. "Динамика ядерного реактора с распределенными параметрами в исследованиях переходных и аварийных режимов эксплуатации ВВЭР и РБМК" Киев, 2008, издательство "Основа" (серия – Безопасность атомных станций), 226 стр.*
3. *В.А. Халимончук, А.В. Краюшкин. "ТРЕП - быстродействующая программа для исследования нестационарных режимов РБМК в трехмерной геометрии", Препринт КИЯИ-90-18, Киев, 1990.*
4. *U. Grundmann, U. Rohde "DYN3D/M2 –a Three-Dimensional Dynamic Code for Cores with Hexagonal Geometry". Paper presented at the IAEA TC/Workshop on Computer-Aided Safety Analysis, Berlin, 17-21 April, 1989 U.*
5. *Studsvik® Scandpower, HELIOS methods, Version 1.8, November 2003*
6. *TaKeda T.,Komano Y. Extension of Askew's Coarse Mesk Method to Few Group Problems for Calculating Two-Dimensional Power Distribution in Fast Breeder Reactors.- J. of Nucl.Sci. and Techn., 1978, 15[7], pp.523-532.*
7. *Халимончук В.А., Кучин А.В. "Нейтронно-физические и теплофизические исследования аварии на 4-м энергоблоке ЧАЭС", Киев, Доклады Академии наук Украины, 1993, №1, с.140-147*
8. *А.В. Кучин, Ю.Н. Овдиенко, В.А. Халимончук "Консервативный анализ реактивностных аварий (RIA) с использованием модели пространственной кинетики"// Ядерная и радиационная безопасность. — 2009. — № 4. — С. 10—22*

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

При вивченні дисципліни використовуються інформаційно-рецептивний, репродуктивний методи навчання та метод проблемного викладу. Згідно навчального плану для опанування матеріалу дисципліни передбачено лекційні заняття, комп'ютерні практикуми.

Лекційні заняття

№	Назва теми лекції та перелік основних питань
РОЗДІЛ 1 Розрахунок реактора в стаціонарному стані	
Тема 1.1 ***Введення в дисципліну. Розрахунок реактора без врахування дії зворотних зв'язків за теплогідравлічними та нейтронно-фізичними параметрами***	
1	Лекція 1. Предмет та задачі курсу. Місце стаціонарного розрахунку активної зони в дослідженні перехідних режимів експлуатації. Дифузійні моделі транспорту нейтронів. Квазістаціонарні рівняння та чисельний розрахунок реактора методом ітерацій.

	Розрахунок реактора без врахування дії зворотних зв'язків за теплогідравлічними параметрами. Організація внутрішніх та зовнішніх ітерацій.
Тема 1.2 ***Розрахунок стаціонарного стану реактора з урахуванням дії зворотних зв'язків за теплогідравлічними та нейтронно-фізичними параметрами***	
2	Лекція 2.. Методологія підготовки бібліотек дво- та одно-групових нейтронно-фізичних констант для фізичного розрахунку реактора. Визначення абсолютних значень потужностей розрахункових нод для визначення концентрацій ядер ксенону та самарію. Урахування нерівномірного розподілу в активній зоні ядер XE^{135} та теплогідравлічних параметрів. Блок-схема фізичного розрахунку реактора .
РОЗДІЛ 2 Методологія моделювання повільних перехідних процесів	
Тема 2.1 ***Математична модель реактора для дослідження ксенонових перехідних процесів***.	
3	Лекція 3. Математична модель реактора для дослідження ксенонових перехідних процесів. Початкова умова для розрахунку ксенонового перехідного процесу, відновлення поля енерговиділення в початковому стані. Аналітичний розрахунок часової зміни концентрації ядер ксенону та самарію в окремій розрахунковій ноді. Врахування просторо-часової зміни концентрацій ядер ксенону та самарію. в повільних перехідних процесах.
Тема 2.2 ***Методологія чисельного розрахунку повільного перехідного процесу.***	
	Лекція 3. Послідовність виконання розрахунку повільного перехідного процесу. Моделювання кампанії реактора, блок-схема розрахунку.
РОЗДІЛ 3 Методологія моделювання швидких перехідних процесів	
Тема 3.1 ***Моделі для дослідження динаміки реакторів з розподіленими параметрами на основі опису транспорту нейтронів в дифузійному наближенні.***	
4	Лекція 4. Врахування запізнілих нейтронів в активній зоні з одним та декількома подільними ізотопами. Середньо зважені параметри запізнілих нейтронів для моделі двогрупового дифузійного наближення. Врахування ефективності запізнілих нейтронів. Визначення реактивності в швидкому перехідному процесі (метод ОРУК та істинна реактивність)
Тема 3.2 ***Розрахунок швидких перехідних процесів з використанням методу кінцевих різниць в двогруповому дифузійному наближенні.***	
5	Лекція 5. Кінцево-різницеві рівняння, послідовність розрахунку та блок-схема розрахунку. Розрахунок в ході перехідного процесу істинної реактивності, локально розподіленої реактивності та локальних ефектів реактивності. Блок-схема розрахунку швидкого перехідного процесу з урахуванням дії зворотних зв'язків за теплогідравлічними параметрами та запізнілими нейтронами.

Згідно навчального плану для опанування матеріалу дисципліни передбачено комп'ютерні практикуми

Комп'ютерні практикуми

№	Назва теми практичних занять
	Розрахунок реактора в стаціонарному стані
	Комп'ютерний практикум №1. Структура програми стаціонарного розрахунку реактора в двогруповому дифузійному наближенні. На прикладі спеціально розробленої для реалізації наукового процесу програми на алгоритмічній мові ФОРТРАН (далі учбова програма) розглядається побудова ітераційного

	блоку та його взаємодія з підпрограмою нейтронно-фізичних констант, блоком розрахунку потужності розрахункових нод та визначення нерівномірного розподілу концентрації ядер Xe^{135}. Розглядається організація внутрішніх та зовнішніх ітерацій
1	***Комп'ютерний практикум №2***. З використанням учбової програми виконання оцінки величини отруєння реактора в залежності від рівня потужності
	Комп'ютерний практикум №3 З використанням учбової програми виконуються розрахунки інтегральної та диференціальної ефективностей одного органу регулювання та захисту.

6. Самостійна робота аспіранта

Самостійна робота відбувається у вигляді підготовки до аудиторних занять, проведення розрахунків та аналізу результатів за первинними даними, отриманими на комп'ютерних практикумах. Згідно навчального плану для опанування матеріалу дисципліни передбачено у якості індивідуального вивчення матеріалів за наступними темами.

№ з/п	Тема
1.	Кінцево-різницеві рівняння одногрупової дифузійної моделі транспорту нейтронів для стаціонарного розрахунку реактора. Врахування в моделі впливу нерівномірного отруєння активної зони реактора ксеноном та самарієм. Блок-сема стаціонарного розрахунку
2.	Кінцево-різницеві рівняння двогрупової дифузійної моделі транспорту нейтронів для стаціонарного розрахунку реактора. Врахування в моделі впливу нерівномірного отруєння активної зони реактора ксеноном та самарієм. Блок-сема стаціонарного розрахунку
3.	Отруєння активної зони реактора з паливом, що рухається через активну зону.
4.	Визначення реактивності за методом ОРУК. Просторові ефекти реактивності.
5.	Ксенонові аксіальні коливання потужності в реакторах ВВЕР-10000.
6.	Консервативний аналіз безпеки ВВЕР-1000 в швидких перехідних та аварійних процесах
7.	Рівняння кінетики накопичення та зміни в часі концентрації ядер ксенону та самарію. Оцінка максимально можливої величини отруєння реактора ксеноном
8.	Процедура відновлення поля енерговиділення в об'ємі активної зони та сфера її застосування
9.	Реактивність, її визначення в стаціонарному стані, повільному та швидкому перехідному процесі
10.	Запізнілі нейтрони та їх роль в управлінні реактора. Врахування запізнілих нейтронів в дифузійних моделях транспорту нейтронів в активних зонах з одним та декількома подільними ізотопами
11.	Експлуатація реактора в маневровому режимі. Проблеми та їх вирішення.
12.	Оптимізація ксенонових перехідних процесів
13.	ідготовка бібліотеки нейтронно-фізичних констант для фізичного розрахунку реактора в таціонарному стані та перехідних процесах
14	Стійкість аксіальних ксенонових коливань потужності

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед аспірантом:

- обов'язкове відвідування лекцій, а також готовність відповідей при опитуванні;
- необхідне виконання таких вимог: активність, підготовка коротких доповідей чи текстів, відключення мобільних телефонів; відповідно до завдання викладача використання засобів зв'язку для пошуку інформації в Інтернеті;
- заохочувальні бали надаються у відповідності до «системи оцінювання результатів», штрафні бали є засобом протидії плагіату та несамостійному виконанню робіт;
- політика дедлайнів та перескладань полягає у виконанні поточних модульних робіт і комп'ютерних практикумів до початку сесії;
- політика щодо академічної доброчесності відповідає загальним положенням, прийнятим у «КПІ ім. Сікорського» (детальніше: https://kpi.ua/code);
- політика навчальної дисципліни спрямована на розвиток індивідуальних здібностей в напрямку набуття компетентностей щодо створення та модернізації сучасних енергетичних систем, унікального обладнання в енергетичній галузі, а також в напрямку розширення сфер застосування отриманих знань, умінь і досвіду.
- за бажанням аспірантів, допускається вивчення матеріалу за допомогою англомовних онлайн-курсів за тематикою, яка відповідає тематиці конкретних занять.

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

Види контролю знань студента з дисципліни:

- *відповіді на лекційних заняттях;*
- *виконання та захист комп'ютерних практикумів;*
- *виконання МКР;*
- *відповіді на заліку.*

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, які він отримує за:

1) *5 відповідей в середньому кожного студента на лекційних заняттях (на одному занятті опитуються приблизно 2 студента; при середній чисельності групи 2 осіб, двадцять три лекції: $2 \cdot 5/2 \approx 5$ відповіді);*
2) *виконання і захист робіт з комп'ютерних практикумів;*
3) *виконання МКР;*
4) *відповіді на заліку при виконанні умов допуску і бажанні студента підвищити оцінку.*

Система рейтингових балів та критерії оцінювання

Відповіді на лекційних заняттях

Ваговий бал — 4. Максимальна кількість балів студента на лекційних заняттях: r_1*=4 балів x 5 =* ***20 балів.***

Критерії оцінювання:

***5 балів** — повна вірна відповідь на поставлене запитання;* ***4 бали** — відповідь має несуттєві помилки;* ***3 бали** — неповна відповідь;* ***2 бали** — наявність несуттєвих помилок в неповній*

*відповіді, **1 бал** — наявність суттєвих помилок в неповній відповіді, **0 балів** — відсутність відповіді.*

Виконання завдань комп'ютерних практикумів

Ваговий бал — 15. Максимальна кількість балів студента за вісім практикумів (завдання СРС вида-ються після практичного заняття, строк задачі завдання – не пізніше ніж через тиждень): r_2=5 балів х 3 = 45 балів. Виконане завдання надається викладачу у вигляді звіту, виконання завдань обов'язкове.

Критерії оцінювання:

13-15 бали — в повному об'ємі, вчасно і вірно виконане завдання; 9-12 бали — в повному об'ємі, вчас-но але з несуттєвими недоліками виконане завдання; 6-8 бали — в повному об'ємі, вчасно але з суттєвими недоліками виконане завдання; 3-5 бали — в повному об'ємі, але не вчасно та з несут-тєвими недоліками виконане завдання; 1-2 бал — в не повному об'ємі, не вчасно та з суттєвими недоліками виконане завдання; 0 балів — не вчасно, або не вірне виконане завдання.

Модульна контрольна робота (МКР)

*Проводиться одна МКР. Максимальна кількість балів за МКР дорівнює r_3=1 х 35 = **35 балів.***

Критерії оцінювання:

***31..35 балів** — повна вірна відповідь на завдання; **26..30 бали** — відповідь має несуттєві помилки; **20..25 бали** — неповна відповідь; **10..19 бали** — неповна відповідь з несуттєвими недоліками; **0…9 балів —** наявність суттєвих помилок в неповній відповіді або відсутність відповіді, МКР не зараховано.*

***Умови допуску до семестрового контролю**: рейтинг не менше 60 балів.*

Студенти, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку 60 і більше балів, отримують відповідну до набраного рейтингу оцінку без додаткових випробувань. Сума рейтингових балів, отриманих студентом протягом семестру, переводиться до підсумкової оцінки згідно з таблицею.

Якщо сума балів менша за 60, здобувач здає залік. Здобувач, який у семестрі отримав більше 60 балів, але бажає підвищити свій результат, може взяти участь у залікі. Якщо оцінка за залік менша ніж за рейтингом, здобувач отримує більшу з оцінок, що отримані за результатами заліку або за рейтингом.

Відповіді на заліку

*Залік проводиться у письмово–усній формі. Залік складається з двох теоретичних питань (по 50 балів). Тобто, максимальна кількість балів за залік: **R_e =50+50 = 100 балів**.*

Критерії оцінювання:

Кожне питання заліку оцінюється згідно до системи оцінювання:

*– правильне раціональне рішення, або повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – **46…50 балів**;*

– *достатньо повна відповідь, правильне рішення (не менше 70% потрібної інформації, або незначні неточності)* –***35…45 балів****;*

– *неповна відповідь, рішення з помилками (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки)* – ***25…34 балів****;*

– *незадовільна відповідь, або відсутність рішення (менше 60% потрібної інформації та помилки) – менше* ***25 балів****.*

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою

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

Процедура оскарження результатів контрольних заходів

Студенти мають право і можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто згідно із наперед визначеними процедурами (детальніше: https://osvita.kpi.ua/2020_7-170, https://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. Для аспірантів існує можливість зарахування (у вигляді додаткових балів до рейтингу до 30 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

Список питань на залік

1. Необхідність виконання розрахунку неоднорідного реактора в два етапи; розрахунок чарунки реактора.
2. Підготовка малогрупової бібліотеки нейтронно-фізичних констант для фізичного розрахунку стаціонарного стану реактора та перехідних режимів експлуатації
3. Задачі фізичного розрахунку реактора
4. Двогрупова дифузійна модель транспорту нейтронів.
5. Одногрупова дифузійна модель транспорту нейтронів.
6. Квазістаціонарні рівняння дифузійної моделі транспорту нейтронів.
7. Кінцево-різницевий метод розрахунку стаціонарного стану реактора. Кінцево-різницеві рівняння стаціонарного стану реактора, ітераційна процедура їх рішення, розподіл ітерацій на внутрішні та зовнішні
8. Блок схема розрахунку стаціонарного стану реактора. Спосіб врахування зворотних зв’язків за концентрацією ксенону та тепло-гідравлічними параметрами активної зони для оцінки їх нерівномірного впливу на просторовий розподіл поля енерговиділення в стаціонарному стані
9. Повільні та швидкі перехідні процеси, методи їх розрахунку
10. Визначення абсолютних значень щільності потоків нейтронів та енерговиділення для оцінки впливу зворотних зв’язків за ксеноном та тепло-гідравлічними параметрами
11. Розв’язок рівнянь кінетики ксенону та самарію для оцінки просторово-часового розподілу їх концентрацій в об’ємі активної зони
12. Адіабатичний підхід до моделювання повільних перехідних процесів. Розрахунок кампанії реактора.
13. Метод врахування швидких зворотніх зв’язків за тепло-гідравлічними параметрами в адіабатичному підході до моделювання повільних перехідних процесів
    Методологія розрахунку ксенонових перехідних процесів (оцінка просторово-часового розподілу концентрації ксенону в розрахункових нодах на кінець часового інтервалу за відсутності значення потужності ноди в кінці цього інтервалу при відомому значенні інтегральної потужності реактора). Компенсація реактивності в повільному процесі. Блок-схема розрахунку ксенонових перехідних процесів
14. Миттєві та запізнілі нейтрони. Залежність кількості миттєвих нейтронів від подільного ізотопу та енергії нейтрона, що викликає ділення. Залежність характеристик запізнілих нейтронів (β, λ) від подільного ізотопу та енергії нейтрона, що викликає ділення.

15. З чим пов'язана більша ефективність запізнілих нейтронів у порівнянні з миттєвими нейтронами. Особливості динаміки реактора з паливом, шо рухається.
16. Визначення середньої долі запізнілих нейтронів для палива з декількома подільними ізотопами. Врахування ефективності запізнілих нейтронів в розрахунку швидких перехідних процесів в двогруповому дифузійному наближенні.
17. Рівняння кінетики реактора в двогруповому дифузійному наближенні для палива з одним подільним ізотопом. Кінцево-різницева апроксимація цих рівнянь та блок–схема розрахунку
18. Рівняння кінетики реактора в двогруповому дифузійному наближенні для палива з декількома подільними ізотопами, визначення середньозважених значень β та λ.
19. Кінцево-різницеві рівняння кінетики реактора в двогруповому дифузійному наближенні для палива з декількома подільними ізотопами та середньозваженими значеннями β та λ. Схема розрахунку перехідного процесу з використанням вищезазначеної моделі.
20. Точкове наближення кінетики реактора та його обмеження в використанні. Використання точкової моделі для визначення реактивності в перехідному процесі за методом ОРУК.
21. Використання формалізму спряжених функцій для визначення істинної реактивності. Просторові ефекти реактивності. Локальна реактивність та локальні коефіцієнти реактивності.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено ст.викладач кафедри атомної енергетики, к.т.н., Овдієнко Юрій Миколайович

Ухвалено: кафедрою АЕ (протокол № 26 від 22.06. 2026 р.)

Погоджено: Методичною комісією НН ІАТЕ (протокол № 9 від 26. 06. 2026 р.)