Навчально-науковий інститут
атомної та теплової енергетики
Національний технічний університет України
"*Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського*"

Кафедра
Атомної енергетики

Нестаціонарні процеси і управління ядерними реакторами

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни	
Рівень вищої освіти	***Перший (бакалаврський)***
Галузь знань	*14 Електрична інженерія*
Спеціальність	*143 Атомна енергетика*
Освітня програма	*Атомні електричні станції*
Статус дисципліни	*Вибіркова*
Форма навчання	*очна(денна)*
Рік підготовки, семестр	*4 курс, весняний семестр*
Обсяг дисципліни	*4 кредити ECTS (120 годин), 36 години лекцій, 18 годин комп'ютерних практикумів, 66 годин самостійна робота*
Семестровий контроль/ контрольні заходи	*Залік / модульна КР*
Розклад занять	
Мова викладання	*Українська*
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: *к.т.н., Овдієнко Юрій Миколайович, yn_ovdienko@sstc.ua* Комп'ютерні практикуми: *к.т.н., Овдієнко Юрій Миколайович, yn_ovdienko@sstc.ua*
Розміщення курсу	https://do.ipo.kpi.ua/course/view.php?id=866

Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліна дасть базові основи з управління ядерним реактором, а студенти мають бути зацікавленими у застосуванні сучасних підходів та інженерних комп'ютерних програм для підвищення безпеки експлуатації реакторної установки при керуванні реакторною установкою.

Предметом вивчення навчальної дисципліни є процес формування професійної компетентності майбутніх фахівців атомної енергетики на основі освоєння навичок:

- *виконувати нейтронно-фізичні розрахунки активних зон ядерних реакторів, що стосуються аналізу перехідних процесів та керування реакторною установкою;*
- *використовувати сучасні інженерні комп'ютерні програми для підвищення безпеки експлуатації реакторної установки при керуванні реакторною установкою.*

Метою викладання навчальної дисципліни є забезпечення готовності до формування професійної компетентності майбутніх фахівців у процесі підготовки у вищій школі. Згідно з вимогами освітньопрофесійної програми здобувачів вищої освіти повинні набути фахові компетентності:

- *Здатність розробляти та впроваджувати заходи з підвищення надійності та ядерно-радіаційної безпеки при проектуванні та експлуатації обладнання атомно-енергетичного комплексу. ФК 2;*
- *Розробляти плани і проекти для забезпечення досягнення поставленої мети з урахуванням всіх аспектів вирішуваної проблеми, включаючи виробництво, експлуатацію, технічне обслуговування та утилізацію обладнання атомно-енергетичного комплексу. ФК 11;*
- *Здатність використовувати знання характеристик специфічних матеріалів, обладнання, процесів та продуктів у професійній діяльності в галузі. ФК 13;*

та удосконалення загальних компетентностей:

- *Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями. ЗК 3;*
- *Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. ЗК 4;*
- *Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій. ЗК 5;*
- *Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел. ЗК 7.*

Програмними результати вивчення курсу є:

- *Розуміння широкого міждисциплінарного контексту спеціальності 143 Атомна енергетика. ПРН 2.*
- *Обирати і застосовувати типові аналітичні, розрахункові та експериментальні методи для розв'язування складних спеціалізованих задач і практичних проблем у галузі атомної енергетики; правильно інтерпретувати результати виконаних досліджень та розрахунків. ПРН 3.*
- *Застосовувати загальне і спеціалізоване програмне забезпечення, а також навички програмування для вирішення професійних завдань в галузі атомної енергетики. ПРН 6.*
- *Використовувати наукову і технічну літературу, бази даних та інші відповідні джерела інформації для розробки і обґрунтування технічних та управлінських рішень в атомній енергетиці. ПРН 7.*
- *Визначати та аналізувати нейтронно-фізичні та теплогідравлічні характеристики роботи енергетичних реакторів і технологічного обладнання в умовах зміни режимних та експлуатаційних параметрів. ПРН 22.*

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

Для успішного засвоєння дисципліни необхідні базові знання з наступних дисциплін: Ядерна та нейтронна фізика; теорія ядерних реакторів; Енергетичні ядерні реактори АЕС.

Дисципліни, які базуються на результатах навчання з даної дисципліни: Практика, Дипломне проектування

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Вступна частина.

Тема 1.1. Вступна частина.

Поділ ядер та характеристики ізотопів, що діляться. Залишкове енерговиділення. Класи-фікація ядерних реакторів. Основні елементи ядерного реактора. Коефіцієнт розмно-ження реактора.

Розділ 2. Кінетика реактора.

Тема 2.1. Кінетика реактора.

Кінетика «холодного» реактора без урахування нейтронів, що спізнюються. Нейтрони, що спізнюються, їх характеристики. Елементарне рівняння кінетики реактора. Період реактора. Реактивність. Кінетика реакторів з урахуванням шести груп нейтронів, що спі-знюються.

Формула обернених годин. Період, що встановився, при малих та великих реактивностях. Аналіз перехідних процесів. Зміна щільності потоку нейтронів підкри-тичного реактора. Пуск ядерного реактора.

Розділ 3. Органи регулювання.

Тема 3.1. Органи регулювання.

Методи вимірювання реактивності. Визначення ефективності поглинаючих стержнів в одногруппових наближенні. Визначення ефективності поглинаючого стержня в двух-групповому наближенні. Визначення ефективності поглинаючого стрижня по теорії збурень. Інтерференція стрижнів. Зміна ефективності стрижня від глибини занурення. Ефективність решітки поглинаючих стержнів. Зміна ефективності стрижня від глибини його занурення. Ефективність решітки поглинаючих стержнів. Ефективність стрижня типу нейтронної пастки. Борне регулювання.

Розділ 4. Зміна складу палива.

Тема 4.1. Зміна складу палива.

Вигорання ядерного палива. Зміна ізотопного складу палива в U-Pu циклі. Глибина ви-горяння палива. Шлакування реактора. Отруєння реактора 135Xe. Нестаціонарне отруєн-ня ксеноном при зміні потужності. Стаціонарне та граничне отруєння реактора ксено-ном. Йодна яма. Ксенонові коливання. Отруєння реактора 149Sm. Нестаціонарне отруєн-ня самарієм при зміні потужності.

Розділ 5. Ефекти і коефіцієнти реактивності і зміна їх при роботі реактора.

Тема 5.1. Ефекти і коефіцієнти реактивності і зміна їх при роботі реактора.

Температурний ефект і температурний коефіцієнт реактивності. Крива температурного ефекту реактора. Аналіз впливу окремих факторів на температурний коефіцієнт реакти-вності. Ядерний і щільнісний температурні ефекти реактивності. Вплив витоку нейтронів на температурний коефіцієнт реактивності. Потужностний ефект реактивності.

Розділ 6. Перевантаження ядерного палива.

Тема 6.1. Перевантаження ядерного палива.

Способи перевантаження ядерного палива. Режим з безперервним перевантаженням і безперервним перемішуванням палива по всьому об'єму реактора. Режим з перемішу-ванням палива по радіусу без перемішування по висоті. Режим з безперервним рухом палива від осі активної зони до периферії в циліндричному реакторі нескінченної дов-жини / від периферії до осі реактора. Періодичне перевантаження ядерного палива.

Розділ 7. Стійкість реактора.

Тема 7.1. Стійкість реактора.

Загальні уявлення про стійкість реактора. Аналіз стійкості динамічної ситсеми, що опи-сується системою диференціальних рівнянь першого порядку. Необхідні і достатні умо-ви стійкості. Реактор без зворотних зв'язків, зі зворотним зв'язком по потужності, з кіль-кома зворотніми зв'язками з різними знаками.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Навчальна і робоча програми дисципліни, РСО, навчально-методичний комплекс.

Основна література

1. *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.*

2. *Weston M. Stacey. Nuclear Reactor Physics. Wiley-VCH; 2nd edition, 2007, p. 735.*
3. *Hetrick, David L. Dynamics of Nuclear Reactors. Amer Nuclear Society, 1993, p.542.*
4. *Wagner, M.R.: "Tree-Dimensional Nodal Diffusion and Transport Methods for Hexagonal Geometry", Nucl. Sci. Eng. 103, 1989*

Додаткова література

1. *Широков С.В. «Нестационарные процессы в ядерных реакторах», К.: 2002г., с. 286.*
2. *Bell, G.I., Gladstone, S.; "Nuclear Reactor Theory", Van Nostrand-Reinhold, 1971*
3. *Rozon, D., Nuclear Reactor Kinetics. Polytechnic International Press, Montreal, QC, 1998.*
4. *Ott, K. O., Neuhold, R. J., Nuclear Reactor Dynamics. American Nuclear Society, Lagrange Park, IL, 1985.*
5. *Lewins, Jeffery. Nuclear reactor kinetics and control. Pergamon Press GmbH, First edition, 1978.*

Інформаційні ресурси

1. *Кампус - http://login.kpi.ua/*
2. *www.energoatom.kiev.ua – Офіційний сайт НАЕК «Енергоатом»*
3. *www.world-nuclear-university.org – Офіційний сайт світового університету з ядерної енергетики.*
4. *www.iaea.org – Офіційний сайт МАГАТЕ.*
5. *www.kinr.kiev.ua – Офіційний сайт ІЯД НАН України*

Навчальний контент

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.

Згідно навчального плану для опанування матеріалу дисципліни передбачено лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1.	*Вступ*
	Розділ 1 Вступна частина.
2.	***Лекція 1**. Залишкове енерговиділення. Коефіцієнт розмноження реактора. Основні елементи ядерного реактора.* ***Література** [1],С.11-21.* ***С.Р.С.** [2], С. 12-36., [3].*
	Розділ 2 Кінетика реактора
3.	***Лекція 2.** Загальні положення кінетики. Нейтрони що запізнюються.* ***Література.** [1], с.22-27.* *С.Р.С. [4], с. 39, 143-146.*
4.	***Лекція 3.** Елементарні рівняння кінетики. Період реактора та одиниці реактивності.* ***Література.** [1], с.27-29.* ***С.Р.С.** [5], 16-19.*
5.	***Лекція 4**. Кінетика реактора з урахуванням всіх груп нейтронів що запізнюються.* ***Література.** [1], с.29-35.* ***С.Р.С.** [5], с. 21-30.*

6.	***Лекція 5.*** *Аналіз перехідних процесів.* ***Література.*** *[1] с.27-44.* ***С.Р.С.*** *[5], с. 30-35.*
7.	***Лекція 6****. Просторова динаміка. Обгрунтування "точкової" моделі кінетики.* ***Література.*** *[3] с. 38-43.* ***С.Р.С.*** *[4], с. 599-604.*
8.	***Лекція 7****. Зміна потоку нейтронів в підкритичному реакторі.* ***Література.*** *[1] с. 44-48.* ***С.Р.С.*** *[3], с. 34-36.*
9.	***Лекція 8****. Пуск ядерного реактора.* ***Література.*** *[1] с. 49-51.* ***С.Р.С.*** *[3], с. 36-38.*
	Розділ 3 Органи регулювання реактора
1.	***Лекція 9.*** *Методи вимірювання реактивності. Визначення ефективності стрижнів що поглинають в одно груповому наближенні.* ***Література.*** *[1], с.52-63.* ***С.Р.С.*** *[4], с. 136-146.*
2.	***Лекція 10.*** *Визначення ефективності поглинаючих стрижнів в двох груповому наближенні. Визначення ефективності стрижня за теорією збурення.* ***Література.*** *[1], с. 64-74.* ***С.Р.С.*** *[4], с. 146-158.*
3.	***Лекція 11.*** *Інтерференція стрижнів. Зміна ефективності стрижня від глибини занурення. Ефективність решітки поглинаючих стрижнів.* ***Література.*** *[1], с. 74-84.* ***С.Р.С.*** *[4], с. 158-169.*
4.	***Лекція 12.*** *Визначення ефективності стрижня типа нейтронної пастки. Органи регулювання СУЗ реакторів ВВЕР.* ***Література.*** *[1], с. 84-87.* ***С.Р.С.*** *[4], с. 170-174.*
	Розділ 4 Зміна ізотопного складу палива
1.	***Лекція 13.*** *Вигоряння ядерного палива. Шламування реактора.* ***Література.*** *[1], с.90-99.* ***С.Р.С.*** *[4], с. 48-54.*
2.	***Лекція 14.*** *Отруєння реактора.* ***Література.*** *[1], с.102-120.* ***С.Р.С.*** *[4], с. 55-74.*
	Розділ 5 Ефекти та коефіцієнти реактивності, та їх зміна при роботі реактора
1.	***Лекція 15.*** *Температурні ефекти та температурні коефіцієнти реактивності.* ***Література.*** *[1], с.133-143.* ***С.Р.С.*** *[4], с. 85-92.*
2.	***Лекція 16.*** *Ефект реактивності за потужністю реакторної установки.*

	Література. *[1], с.133-143.* ***МКР***
Розділ 6 Перевантаження ядерного палива	
1.	***Лекція 17.*** *Перевантаження та перестановка ядерного палива. Неперервне та періодичне перевантаження. Перевантаження ядерного палива з перемішуванням палива по радіусу без перемішування по висоті.* ***Література.*** *[1], с. 168-205.* ***С.Р.С.*** *[1], с. 205-209, [4], с. 96-116.*
Розділ 7 Стійкість реактора	
1.	***Лекція 18.*** *Стійкість реактора без зворотних зв'язків. Особливості нестаціонарних процесів в реакторах при наявності зворотних зв'язків. Стійкість реактора з одним та більше зворотним зв'язком.* ***Література.*** *[3], с. 71-82.* ***С.Р.С.*** *[4], с. 171-179.*

Окрім лекційного частини, що охоплює наведений в розділі 3 зміст навчальної дисципліни, проводяться комп'ютерні практикуми з метою закріплення теоретичного матеріалу та отримання основ роботи з програмним забезпеченням, що використовується для виконання нейтронно-фізичних розрахунків енергетичних ядерних установок. Роботи повинні виконуватися з використанням комп'ютерного коду відповідного спрямування.

1. *Комп'ютерний практикум №1. Формування розрахункової схеми чарунки ВВЕР для обраного комп'ютерного коду. Визначення основних нейтронно-фізичних характеристик системи.*
2. *Комп'ютерний практикум №2. Аналіз залежності коефіцієнта розмноження нейтронів від кроку розташування стрижнів в решітці, та від початкового збагачення палива по 235U.*
3. *Комп'ютерний практикум №3. Розрахунок зміни ізотопного складу палива від вигоряння.*
4. *Комп'ютерний практикум №4. Визначення вкладу ізотопів урану та плутонію в процес ділення ядерного палива.*
5. *Комп'ютерний практикум №5. Визначення «ваги» органів регулювання СУЗ з урахуванням зміни долі нейтронів що запізнюються в процесі вигоряння палива.*
6. *Комп'ютерний практикум №6. Визначення коефіцієнтів та ефектів реактивності для чарунки ВВЕР.*
7. *Комп'ютерний практикум №7. Визначення зміни температурного коефіцієн-ту реактивності в залежності від концентрації борної кислоти.*
8. *Комп'ютерний практикум №8. Визначення зміни коефіцієнтів реактивності в залежності від глибини вигоряння палива.*
9. *Комп'ютерний практикум №9 Визначення реактивності, внесеної ОР СУЗ.*

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота відбувається у вигляді підготовки до аудиторних занять, проведення розрахунків та аналізу результатів за первинними даними, отриманими на комп'ютерних практикумах.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- *готовність відповідей при опитуванні;*
- *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 навчання», штрафні бали є засобом протидії плагіату та несвоєчасному виконанню завдань;*
- *політика дедлайнів та перескладань полягає у виконанні поточних модульних робіт, завдань практичних занять і СРС 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 застосування основних принципів і методів математичного моделювання для вирішення складних інженерних задач, а також в напрямку розширення сфер застосування отриманих знань, умінь і досвіду;*
- *за бажанням студентів, допускається вивчення матеріалу за допомогою 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) *4 відповіді в середньому кожного студента на лекційних заняттях (на одному занятті опитуються приблизно 2 студента; при середній чисельності групи 10 осіб, двадцять три лекції: 2·23/10 ≈4 відповіді);*
2) *виконання і захист робіт з комп'ютерного практикуму;*
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 — 5. Максимальна кількість балів студента на лекційних заняттях: r_1*=5 балів х 4 =* ***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 — 5. 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 9 = 45 балів. Виконане завдання надається викладачу у вигляді звіту, виконання завдань обов'язкове.*

Критерії оцінювання:

5 бали — в повному об'ємі, вчасно і вірно виконане завдання; 4 бали — в повному об'ємі, вчасно але з несуттєвими недоліками виконане завдання; 3 бали — в повному об'ємі, вчасно але з суттєвими недоліками виконане завдання; 2 бали — в повному об'ємі, але не вчасно та з несуттєвими недоліками виконане завдання; 1 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 заліку. Якщо оцінка за залік менша ніж за рейтингом, здобувач отримує більшу з оцінок, що отримані за результатами залікової контрольної роботи 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 виконану залікову роботу: R_e ***=50+50 = 100 балів****.*

Критерії оцінювання:

Кожне питання залікової роботи 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)

- *перелік питань, які виносяться на семестровий контроль (додаток до силабусу).*

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

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

Ухвалено кафедрою АЕ (протокол № 23 від 23.06. 2025 р.)

Погоджено Методичною комісією ННІ АТЕ [1] (протокол № 9 від 27. 06. 2025 р.

[1] Методичною радою університету – для загальноуніверситетських дисциплін.

Додаток 1

Список теоретичних питань на залік

1) *Елементарне рівняння кінетики ядерного реактору.*
2) *Отруєння реактора ^{149}Sm після його зупинки.*
3) *Період реактора, одиниці реактивності.*
4) *Вплив отруєння на реактивність.*
5) *Нейтрони, що запізнюються*
6) *Глибина вигоряння палива*
7) *Кінетика реактору з урахуванням нейтронів, що запізнюються*
8) *Зміна k_∞ у часі роботи реактора*
9) *Період реактору за малої реактивності*
10) *Виробництво ядерного палива*
11) *Період реактору за великої реактивності*
12) *Залежність коефіцієнту виробництва палива від збагачення*
13) *Розв'язок рівняння кінетики з урахуванням однієї групи нейтронів, що запізнюються*
14) *Зміна коефіцієнту виробництва з кампанією*
15) *Зміна потужності при позитивній реактивності*
16) *Температурний коефіцієнт реактивності*
17) *Зміна потужності реактору при від'ємній реактивності*
18) *Вплив коефіцієнта розмноження на теплових нейтронах на температурний коефіцієнт реактивності*
19) *Конструкція ТВЗ реактора ВВЕР-1000*
20) *Фізичний пуск реактору*
21) *Вплив ймовірності уникнення резонансного захвату на температурний коефіцієнт нерівномірності*
22) *Зміна ізотропного стану палива, взаємодія нейтронів з ядерним паливом*
23) *Вплив коефіцієнта використання теплових нейтронів на температурний коефіцієнт реактивності*
24) *Рівняння балансу ядер палива*
25) *Вплив витоку нейтронів на температурний коефіцієнт реактивності*
26) *Шламування реактору*
27) *Потужністний коефіцієнт реактивності*
28) *Отруєння реактору ^{135}Xe*
29) *Саморегулювання ядерних реакторів*
30) *Стаціонарне отруєння реактора ^{135}Xe*
31) *Неперервне перевантаження ядерного палива*
32) *Граничне отруєння реактору ^{135}Xe*
33) *Періодичне перевантаження ядерного палива*
34) *Отруєння ^{135}Xe в залежності від часу роботи реактору зі свіжим паливом для різних рівнів потужності*
35) *Отруєння реактору ^{149}Sm*
36) *Визначення ефективності поглинаючого стержня , що занурений по осі реактора на всю глибину в одногруповому наближенні*
37) *Визначення ефективності поглинаючого стрижня по теорії збурень*
38) *Зміна ефективності стрижня від глибини занурення*
39) *Диференціальна та інтегральна ефективності стрижня*
40) *Інтерференція стержнів регулювання*
41) *Борне регулювання*
42) *Коефіцієнт нерівномірності та коефіцієнт програшу в глибині вигоряння при*

різних способах перевантаження палива

43) *Формула зворотних годин*
44) *Зміна щільності потоку нейтронів підкритичного реактора*
45) *Глибина вигоряння палива*
46) *Отруєння ^{135}Xe при перехідних режимах. Йодна яма*
47) *Стаціонарне отруєння ^{149}Sm*
48) *Ксенонові коливання*
49) *Стійкість реактора без, при одному (потужність) та двох (потужність та температура) зворотних зв'язках*