



Нестаціонарні процеси і управління ядерними реакторами

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>с</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>4 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>120 год</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен/ модульна КР</i>
Розклад занять	<i>http://rozklad.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н., Овдієнко Юрій Миколайович, yn_ovdienko@sstc.ua Комп'ютерні практикуми: Гуменюк Дмитро Васильович, dv_gumenyuk@sstc.ua</i>
Розміщення курсу	<i>https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=866</i>

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення 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 освітньо-професійної 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 результатами 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 теплогідролічні 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 ядерної та нейтронної фізики, теорії ядерних реакторів та основ експлуатації АЕС.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Вступна частина.

Тема 1.1. Вступна частина.

Поділ ядер та характеристики ізотопів, що діляться. Залишкове енерговиділення. Класифікація ядерних реакторів. Основні елементи ядерного реактора. Коефіцієнт розмноження 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 спізнюються. Формула обернених годин. Період, що встановився, при малих та великих реактивностях. Аналіз перехідних процесів. Зміна щільності потоку нейтронів підкритичного реактора. Пуск ядерного реактора.

Розділ 3. Органи регулювання.

Тема 3.1. Органи регулювання.

Методи вимірювання реактивності. Визначення ефективності поглинаючих стержнів в одностержневій наблизенні. Визначення ефективності поглинаючого стержня в двустержневій наблизенні. Визначення ефективності поглинаючого стержня по теорії збурень. Інтерференція стержнів. Зміна ефективності стержня від глибини занурення. Ефективність решітки поглинаючих стержнів. Зміна ефективності стержня від глибини його занурення. Ефективність решітки поглинаючих стержнів. Ефективність стержня 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 вигорання палива. Шлакування реактора. Отруєння реактора ^{135}Xe . Нестационарне отруєння ксеноном при зміні потужності. Стационарне та граничне отруєння реактора ксеноном. Йодна яма. Ксенонові коливання. Отруєння реактора ^{149}Sm . Нестационарне отруєння 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 реактивності. Ядерний і щільнісний температурні ефекти реактивності. Вплив витоку нейтронів на температурний коефіцієнт реактивності. Потужностний ефект реактивності.

Розділ 6. Перегрівка 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 перемішуванням палива по радіусу без перемішування по висоті. Режим з безперервним рухом палива від осі активної зони до периферії в циліндричному реакторі нескінченної довжини / 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 системи, що описується системою диференціальних рівнянь першого порядку. Необхідні і достатні умови стійкості. Реактор без зворотних зв'язків, зі зворотним зв'язком по потужності, з кількома зворотними зв'язками з різними знаками.

4. Навчальні матеріали та ресурси

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

Основна література

1. Широков С.В. «Нестационарные процессы в ядерных реакторах», К.: 2002г., с. 286.
2. Дементьев, Б.А. Кинетика и регулирование ядерных реакторов: учеб. пособие / Б.А. Дементьев. – М.: Атомиздат, 1973. – 292 с.
3. Владимиров В.И. Практические задачи по эксплуатации ядерных реакторов, Издание четвертое, переработанное и дополненное, М: Энергоатомиздат, 1986. — 304 с.: ил..
4. Наумов, В.И. Физические основы безопасности ядерных реакторов: учеб. пособие / В.И. Наумов. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : НИЯУ МИФИ, 2013

Додаткова література

1. Weston M. Stacey. Nuclear Reactor Physics. John Wiley & Sons, 2007 - Pp: 736

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.

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)

Окрім лекційної 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 ^{235}U .
3. Комп'ютерний практикум №3. Розрахунок зміни ізотопного складу палива від вигорання.
4. Комп'ютерний практикум №4. Визначення вкладу ізотопів урану та плуто-нію в процес ділення ядерного палива.
5. Комп'ютерний практикум №5. Визначення «ваги» органів регулювання СУЗ з урахуванням зміни долі нейтронів що запі-знюються в процесі вигорання палива.
6. Комп'ютерний практикум №6. Визначення коефіцієнтів та ефектів реактивності для чарунки ВВЕР.
7. Комп'ютерний практикум №7. Визначення зміни температурного коефіцієнту реактивності в залежності від концентрації борної кислоти.
8. Комп'ютерний практикум №8. Визначення зміни коефіцієнтів реактивності в залежності від глибини вигорання палива.

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)

Організація навчального процесу здійснюється на основі кредитно-модульної системи відповідно до вимог Болонського процесу із застосуванням модульно-рейтингової системи оцінювання успішності студентів. Зараховуються бали, набрані при поточному опитуванні, самостійній роботі та бали підсумкового контролю. При цьому обов'язково враховується присутність студента на заняттях та його активність під час комп'ютерних практикумів. Недопустимо: пропуски та запізнення на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття (крім випадків, передбачених

навчальним планом та методичними рекомендаціями викладача); списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання, наявність незадовільних оцінок за 50% і більше зданого теоретичного і практичного матеріалу.

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

Поточний контроль: *експрес-опитування, опитування за темою заняття, МКР.*

Календарний контроль: *проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.*

Семестровий контроль: *екзамен*

Умови допуску до семестрового контролю: *мінімально позитивна оцінка за індивідуальне завдання / зарахування усіх лабораторних робіт / семестровий рейтинг більше 40 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

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

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

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено асистент кафедри АЕС і ІТФ, к.т.н., Овдієнко Юрій Миколайович

Ухвалено кафедрою _____ (протокол № __ від _____)

Погоджено Методичною комісією факультету¹ (протокол № __ від _____)

¹ Методичною радою університету – для загальноуніверситетських дисциплін.