



Ядерні енергетичні установки

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалавр)</i>
Галузь знань	14 Електрична інженерія
Спеціальність	144 «Теплоенергетика»
Освітня програма	«Теплові електричні станції»
Статус дисципліни	Навчальні дисципліни професійної та практичної підготовки
Форма навчання	Очна (денна)
Рік підготовки, семестр	4 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	2 кредити ECTS, 60 годин
Семестровий контроль/ контрольні заходи	МКР, залік
Розклад занять	Згідно rozklad.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., Шелешей Тетяна Вікторівна, 098-902-64-66, Sheleshey_tanya@ukr.net Практичні та лабораторні: не заплановано
Розміщення курсу	

Програма навчальної дисципліни

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

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів наступних компетентностей.

ЗДАТНІСТЬ:

- ЗК 3 Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями
- ЗК 4 Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- ФК 1 Здатність застосовувати відповідні кількісні математичні методи, методи природничих та технічних наук і комп'ютерне програмне забезпечення для вирішення інженерних завдань в теплоенергетичній галузі.
- ФК 13 Здатність аналізувати методи та засоби підвищення теплової економічності енергетичного обладнання теплових та атомних електростанцій; визначати шляхи модернізації теплової схеми з метою підвищення економічності та надійності роботи теплових та атомних електростанцій

Основні завдання навчальної дисципліни.

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

- ПРН2 Знати і розуміти інженерні науки, що лежать в основі спеціальності «Теплоенергетика» відповідної спеціалізації, на рівні, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми, в тому числі певна обізнаність в останніх досягненнях науки і техніки у сфері теплоенергетики.
- ПРН4 Аналізувати і використовувати сучасні інженерні технології, процеси, системи і обладнання у сфері теплоенергетики.
- ПРН7 Розробляти і проектувати складні вироби в теплоенергетичній галузі,

процеси і системи, що задовольняють встановлені вимоги, які можуть включати обізнаність про технічні й нетехнічні (суспільство, здоров'я і безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) аспекти.

- ПРН9 Вміти знаходити необхідну інформацію в технічній літературі, наукових базах даних та інших джерелах інформації, критично оцінювати і аналізувати її.
- ПРН15 Розуміти основні властивості та обмеження застосовуваних матеріалів, обладнання та інструментів, інженерних технологій і процесів

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

Вимоги до початку вивчення - знання з курсу «Вища математика», «Фізика», «Основи електротехніки і електроніки».

Забезпечується: «Вища математика», «Фізика», «Основи електротехніки і електроніки».

Забезпечує: дипломне проектування.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ ТЕОРІЇ АТОМНОГО ЯДРА, ЙОГО БУДОВА ТА МОДЕЛІ, ОСОБЛИВОСТІ ЯДЕРНИХ РЕАКЦІЙ

1. Роль і місце ядерної енергетики в світі та Україні.
2. Етапи пізнання мікросвіту.
3. Атомне ядро. Ядерні сили і моделі ядра.
4. Ядерні взаємодії. Розпад ядра.

Розділ 2. НЕЙТРОННО-ФІЗИЧНІ ТА ТЕПЛОГІДРАВЛІЧНІ ПРОЦЕСИ В АКТИВНІЙ ЗОНІ ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА.

1. Механізм реакції ділення.
2. Ланцюгова реакція ділення.
3. Параметри критичного реактора.
4. Фізичні процеси під час роботи реактора.
5. Нестационарні режими і управління реактором
6. Тепловиділення в реакторі
7. Відведення теплоти з реактора.

Розділ 3. ПАЛИВНИЙ ЦИКЛ ТА РАДІАЦІЙНА БЕЗПЕКА ЯДЕРНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК

1. Основні поняття про паливний цикл.
2. Збагачення палива.
3. Виготовлення та переробка палива.
4. Радіоактивні відходи.
5. Норми радіаційної безпеки.
6. Вимоги до безпеки ядерних енергетичних установок
7. Засоби та системи забезпечення безпеки ядерних енергетичних установок.

Розділ 4. ФІЗИКО-ТЕХНІЧНІ ПАРАМЕТРИ ТА КОНСТРУКЦІЇ СУЧАСНИХ ЯДЕРНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК.

1. Основні компоненти і класифікація ядерних енергетичних установок
2. Типові ядерні енергетичні установки
3. Застосування ядерних реакторів у енергетиці. Аварії на атомних станціях.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова:

1. Дементьев Б. А. Ядерные энергетические реакторы. – М.: Энергоиздат, 1984.-297с.
2. Ибрагимов М. Х.-Г. Атомная энергетика. Физические основы. – М.: Высшая школа. 1987. – 256 с.
3. Кесслер Г. Ядерная энергетика. - М.: Энергоатомиздат. 1986. – 178 с.
4. Климов А. Н. Ядерная физика и ядерные реакторы. – М.: Энергоиздат, 1985. – 322 с.
5. Широков С. В. Ядерні енергетичні реактори: Навч.посібник. - К.: НТУУ «КПІ», 1997. – 280 с. – Рос. мовою.
6. Широков С. В. Физика ядерных реакторов. – М.: Энергоатомиздат, 1993. – 253 с.

Допоміжна:

1. . Справочник по ядерной энерготехнологии. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 75 с.
2. Петухов Б.С., Генин Л.Г., Ковалев С.А. Теплообмен в ядерных энергетических установках: Учебное пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 472 с.
3. Барбашев С.В., Зибницкий Р.Г., Шимчев С.А. Мир атомной энергии. – Запорожье: Дикое поле, 2007. – 112 с.
4. Маргулова Т. Х. Атомные электрические станции. – М.: Высшая школа, 1984. –235с.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
Розділ 1. ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ ТЕОРІЇ АТОМНОГО ЯДРА, ЙОГО БУДОВА ТА МОДЕЛІ, ОСОБЛИВОСТІ ЯДЕРНИХ РЕАКЦІЙ	
1.	Роль і місце ядерної енергетики в світі та Україні. Стан світової ядерної енергетики. Внесок ядерної енергетики в енергозабезпечення суспільства. Ядерна енергетика в Україні. [1], с. 128-134; [2], с. 125-133; [4], с. 124-130; [10], с. 90-95
2.	Етапи пізнання мікросвіту. Атомістичне уявлення про будову речовини. Елементарні частки. Основні положення теорії відносності та квантової механіки. [1], с. 111-122; [2], с. 110-119; [4], с. 110-123; [10], с. 64-85.
3.	Будова атомного ядра та його властивості. Розміри, маса, енергія, спин ядра. Види нуклідів. Властивості ядра – ширина рівня, питома енергія зв'язку, протон-нейтронний склад. Трансуранові елементи. [1], с. 138-142; [2], с.130 -135; [4], с. 131-137; [8], с. 145-150.
4.	Ядерні сили та їх властивості. Обмінний характер ядерних сил. Гіпотетичні моделі ядра. Формула Вайцзеккера. [1], с. 142-144; [2], с.135 -143; [4], с. 138-144; [10], с. 99-105.
5.	Радіоактивний розпад. Крива розпаду. Енергія розпаду. Ядерні реакції за механізмом взаємодії та за тепловим ефектом. Взаємодія нейтронів з ядрами. Схема перерізу реакції. Дифузійний струм нейтронів Довжини міграції та дифузії. [2], с. 145-153; [4], с. 140-147; [8], с. 148-152; [10], с.108-113.
Розділ 2. НЕЙТРОННО-ФІЗИЧНІ ТА ТЕПЛОГІДРАВЛІЧНІ ПРОЦЕСИ В АКТИВНІЙ ЗОНІ	

ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА.	
6.	<p>Схема процесу та продукти ділення ядра. Енерговиділення. Варіанти ділення ядра урану. Параметр ядра та його поріг ділення. Енергія зв'язку, збудження ядра. [1], с. 150-154; [2], с. 159-165; [4], с. 148-153; [8], с.153-160.</p>
7.	<p>Схема ланцюгової реакції ділення. Нейтронний цикл ланцюгової реакції ділення. Основні типи паливних блоків та їх конструкції. Формула чотирьох множників. Коефіцієнт розмноження. Щільність потоку теплових нейтронів по перерізу комірки. [1], с. 150-156; [2], с. 163-167; [4], с. 153-158; [10], с.113-122.</p>
8.	<p>Параметри критичного реактора. Схема, склад гетерогенного реактора. Рівняння дифузії нейтронів. Хвильове рівняння. Матеріальний та геометричний параметри реактора. Розподіл щільності нейтронного потоку в активній зоні. Коефіцієнт нерівномірності. Умова критичності реактора. Критичне рівняння. Критичний радіус і маса. [1], с. 156-162; [2], с. 168-172; [4], с. 157-163; [10], с.121-125.</p>
9.	<p>Реактивність реактора. Запас реактивності. Перехідні процеси в реакторі, вплив на них температури. Температурні ефекти. Глибина вигорання. Коефіцієнт відтворення. Змінення нуклідного складу ядерного палива. Отруєння та шлакування реактора. Йодна яма. [1], с. 161-165; [2], с. 170-179; [4], с. 163-168; [8], с.168-173.</p>
10.	<p>Рівняння кінетики реактора. Рівняння кінетики. Система та управління захисту (СУЗ) реактора. Поглинаючі стрижні. Стани реактора. Змінення щільності нейтронного поля від реактивності. [1], с. 165-170; [2], с. 177-183; [4], с. 168-175; [8], с.173-180.</p>
11.	<p>Рівняння тепловиділення в реакторі. Теплова потужність реактора. Щільність енерговиділення в активній зоні. Ядерне профілювання. Основні геометричні розміри твелів, вимоги до них. Залишкове тепловиділення. Розподіл теплової енергії при ЛРД. [1], с. 171-175; [2], с. 182-187; [4], с. 175-180; [10], с.128-130.</p>
12.	<p>Рівняння тепловідведення в реакторі. Вибір та властивості теплоносіїв ЯР. Рідинні, газові, рідкометалеві теплоносії та їх порівняльні характеристики. Рівняння теплового балансу та тепловіддачі в активній зоні. ККД АЕС. Електрична потужність АЕС та її залежність від вихідної температури теплоносія. Температурні поля у паливному каналі. [1], с. 175-182; [2], с. 187-193; [4], с. 180-186; [10], с.130-133.</p>
Розділ 3. ПАЛИВНИЙ ЦИКЛ ТА РАДІАЦІЙНА БЕЗПЕКА ЯДЕРНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК	
13.	<p>Ядерний паливний цикл. Збагачення ядерного палива. Видобуток руди. Показники якості руди. Переробка руди. Методи збагачення. Афінаж. Фізичні методи розділення ізотопів урану: газодифузійний та центрифужний. Коефіцієнт збагачення урану. Розподільчий каскад. [1], с. 182-187; [2], с. 193-196; [4], с. 206-209; [6], с.184-187; [10], с.133-143.</p>
14.	<p>Технологія виготовлення ядерного палива та його відходи. Конструкції тепловиділяючих елементів та зборки. Технологія отримання палива. Відкритий та замкнутий паливні цикли. Транспортування палива, що відпрацювало. Процес екстракції. Особливості відходів. Схеми їх переробки. Захоронення відходів у могильниках. Виведення реактора з експлуатації. Консервація, захоронення, демонтаж. [1], с. 198-203; [2], с. 205-210; [4], с. 219-226; [6], с. 198-203; [10], с.148-153.</p>
15.	<p>Норми радіаційної безпеки.</p>

	Активність радіоактивного випромінювання. Класифікація йонізуючості. Кількісні характеристики випромінювання. Флюенс часток. Інтегральна інтенсивність випромінювання. Поглинена доза випромінювання. Потужність дози. [1], с. 207-213; [2], с. 210-217; [4], с. 225-231; [6], с. 204-207; [10], с.158-162.
16.	Основні вимоги до безпеки ЯЕУ. Засоби та системи забезпечення безпеки ЯЕУ. Безпека окремих ланок технологічного процесу. Аварійні ситуації під час експлуатації ЯЕУ. Максимальна проектна та максимально мислима аварії. Системи керування захистом ректора. Системи аварійного захисту та охолодження активної зони реактора. [1], с. 210-216; [2], с. 216-219; [4], с. 229-236; [6], с. 207-212; [8], с.183-203.
Розділ 4. ФІЗИКО-ТЕХНІЧНІ ПАРАМЕТРИ ТА КОНСТРУКЦІЇ СУЧАСНИХ ЯДЕРНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК.	
17.	Лекція 17. Класифікація сучасних ядерних енергетичних установок. Конструктивні особливості ядерних реакторів. Теплові схеми ЯЕУ. Різновиди гетерогенних реакторів на теплових нейтронах. Основні типи ядерних енергетичних установок. Конструкція і принцип дії реакторів ВВЕР-1000, РБМК-1000. Їх переваги та недоліки. Особливості і специфіка роботи АЕС на типових реакторах. Діагностика обладнання ЯЕУ. Причини відмов, показники надійності ЯЕУ. Аварії на острові Три Майл і Віндскейлі. Аварія на ЧАЕС та Фукусімі. Альтернативи сучасній ядерній енергетиці на повільних нейтронах. Швидкі нейтрони. Термоядерний синтез. [1], с. 217-223, 247-253; [2], с. 220-227, 245-249; [4], с. 239-246, 269-276; [6], с. 214-217, 234-245; [10], с.163-173, 185-213.
18.	Лекція 18. Залік.

6. Самостійна робота студента/аспіранта

№ з/п	Назва тем, що виносяться на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1.	СРС: Екологія та ядерна енергетика. [1], с. 128-134	2
2.	СРС: Філософські та методологічні проблеми мікросвіту. [4], с. 110-123	2
3.	СРС: Визначення хімічних властивостей атома. [2], с.130 -135	1
4.	СРС: Основна особливість ядерних сил. [10], с. 99-105.	1
5.	СРС: Взаємодія нейтрона з ядром при змінній енергії нейтрона. [8], с. 148-152	1
6.	СРС: Відмінність миттєвих та запізнілих нейтронів. [2], с. 159-165	1
7.	СРС: Радіаційна безпека після припинення ланцюгової реакції ділення. [4], с. 153-158.	1
8.	СРС: Зниження витоків нейтронів з активної зони. [2], с. 168-172	1
9.	СРС: Призначення поглиначів нейтронів в активній зоні. [4], с. 163-168	1
10.	СРС: Час життя одного покоління нейтронів. [2], с. 177-183	1
11.	СРС: Розподіл енерговиділення по об'єму активної зони. [2], с. 177-183	1
12.	СРС: Теплова потужність реактора у випадку киплячого водяного теплоносія. [4], с. 180-186	1
13.	СРС: Отримання штучного ядерного палива. [4], с. 206-209	2
14.	СРС: Витримка відпрацьованого палива перед його регенерацією. [6], с. 184-192	1
15.	СРС: Найбільш небезпечні види реакторного випромінювання.. [6], с. 194-198	2
16.	СРС: Бар'єри радіаційного захисту.	1
17.	СРС: Відмінність корпусних та каналних реакторів. [1], с. 207-213	2

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Вимоги викладача до студентів:

- Відвідувати лекційні і практичні заняття;
- Виконувати завдання, поставлені викладачем, і вчасно їх здавати;
- Максимальна кількість балів при невчасному складанні модульних контрольних зменшується вдвічі;
- Максимальна кількість балів при невчасній здачі результатів самостійної роботи студентів зменшується вдвічі.

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

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

- 1) модульну контрольну роботу;
- 2) виконання та захист 18 завдань СРС;
- 3) екзаменаційне завдання.

Система рейтингових балів

Система оцінки успішності за видами занять і завдань з кредитного модуля згідно з робочою навчальною програмою:

	кількість	бали		сума балів
СРС	18	Захист СРС	2-4	40
МКР	1		20	20
Залік	1		40	40
Сума вагових балів контрольних заходів				100

Шкала балів за відповідні рівні оцінювання з кожного виду контролю.

1. МКР:

Модульна контрольна робота. (20 балів)

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 18-20 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 14-17 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 7-13 балів;

2. Захист СРС:

- «відмінно», творче розкриття питань, вільне володіння матеріалом – 9-10 балів;
- «добре», глибоке розкриття питань – 7-8 балів;
- «задовільно», не достатньо повне розкриття питань, достатня робота на практичному занятті – 6 балів.

3. Залік:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 36-40 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 30-35 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 24-29 балів;

Заохочувальні і штрафні бали:

	бали
1. Несвоєчасне виконання завдання СРС	-1...-5
2. Ведення конспекту лекцій	1...5

За результатами навчальної роботи за перші 7 тижнів «ідеальний студент» має набрати 15 балів. На першій атестації (8-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 8 балів. За результатами 13 тижнів навчання «ідеальний студент» має набрати 50 балів. На другій атестації (14-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 25.

Максимальна сума балів стартової складової складає 60. Необхідною умовою допуску до заліку є позитивна оцінка з виконання всіх завдань СРС, захист практичних занять та стартовий рейтинг не менше 30 балів. Якщо студенти набрали протягом семестру кількість балів більше 60 балів, вони мають можливість отримати іспит „автомат” відповідно до набраного рейтингу. Якщо студенти набрали протягом семестру кількість балів менш ніж 60 балів, студенти виконують залікову контрольну роботу. Кожне завдання містить три теоретичних питання (2 питання по 10 балів і 1 питання 20 балів).

Кожне питання екзаменаційної роботи оцінюється згідно до системи оцінювання:

- правильне раціональне рішення, або повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 18-20 (9-10) балів;
- достатньо повна відповідь, правильне рішення (не менше 70% потрібної інформації, або незначні неточності) – 14-17 (7-8) балів;
- неповна відповідь, рішення з помилками (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 13 (6) балів;
- незадовільна відповідь, або відсутність рішення (менше 60% потрібної інформації та помилки) – менше 12 (5) балів.

Сума стартових балів і балів за залікову роботу переводиться до оцінки згідно з таблицею

$R_D = R_C + R_E$	Оцінка ECTS	Традиційна оцінка
$95 \leq R_D \leq 100$	A - відмінно	відмінно
$85 \leq R_D \leq 94$	B – дуже добре	добре
$75 \leq R_D \leq 84$	C - добре	
$65 \leq R_D \leq 74$	D - задовільно	задовільно
$60 \leq R_D \leq 64$	E - достатньо	
$R_D \leq 59$	F _X - незадовільно	незадовільно
Не зараховано завдання на СРС, або є не зараховані лабораторні роботи, або $R_C \leq 30$	F – незадовільно (потрібна додаткова робота)	не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Приклади завдання для контрольних робіт.

Основні цілі контрольних робіт: перевірка якості засвоєння поточного лекційного матеріалу дисципліни та самостійної роботи студентів за рекомендованою літературою, а також виявлення студентів з недостатнім рівнем засвоєння матеріалу, встановлення причин їх відставання та надання їм необхідної допомоги для підвищення успішності.

Основне місце контрольних робіт: контрольна робота пишеться після засвоєння матеріалу за темами, наведеними у таблиці

№ з/п	Назва теми , яка виноситься на контрольну роботу
Модульна контрольна.	
Розділ 1 Історія розвитку теорії атомного ядра, його будова та моделі, особливості ядерних реакцій.	
1.	Атомне ядро, ядерні сили і моделі ядра
2.	Ядерні взаємодії
Розділ 2 Нейтроннофізичні та теплогідрравлічні процеси в активній зоні ядерного реактора.	
3.	Механізм реакції ділення
4.	Фізичні процеси під час роботи реактора
5.	Тепловиділення в реакторі
6.	Відведення теплоти з реактора
Розділ 3 Паливний цикл та радіаційна безпека ядерних енергетичних установок.	
7.	Основні поняття про паливний цикл
8.	Вимоги до безпеки ядерних енергетичних установок
Розділ 4 Фізико-технічні параметри та конструкції сучасних ядерних енергетичних установок.	
9.	Основні компоненти і класифікація ядерних енергетичних установок

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено к.т.н. Шелешей Т.В..

Ухвалено кафедрою ТЕУТ та АЕС (протокол № __ від _____)

Погоджено Методичною радою факультету (протокол № __ від _____)