



Енергетичні ядерні реактори

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Першій
Галузь знань	14 Електрична інженерія
Спеціальність	143 Атомна енергетика
Освітня програма	ОПП Атомні електричні станції
Статус дисципліни	Цикл професійної підготовки, вибірковий освітній компонент
Форма навчання	Очна (денна)
Рік підготовки, семестр	3 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	120 годин/4,0 кредитів ЄКТС, 36 годин лекцій, 18 годин практичних занять, 66 годин СРС
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік / модульна контрольні роботи
Розклад занять	rozklad.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: доцент, к.т.н. Бібік Тимофій Вікторович, E_mail: tymofii.bibik@gmail.com Практичні: доцент, к.т.н. Бібік Тимофій Вікторович, E_mail: tymofii.bibik@gmail.com
Розміщення курсу	Платформа дистанційного навчання «Сікорський» https://do.ipk.kpi.ua

Програма навчальної дисципліни

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

Енергетика є одні з основних чинників існування людства. На долю теплової і атомної енергетики припадає більше 60% генерації електроенергії. В той же час ні без теплових ні атомних електричних станції відновлювальна енергетика в сучасному світі не можуть повноцінно функціонувати. В той же час експлуатація атомних електричних станції дозволяє гармонійно забезпечуючи людство теплом і електроенергію.

Предметом навчальної дисципліни є технологічні структури атомних електростанцій, теоретичні основи виробництва електроенергії та тепла, особливості процесів та реконструкцій різних видів тепломеханічного устаткування АЕС, вибір параметрів циклів та систем, засобів підвищення теплової економічності та екологічної безпеки електростанцій, компоновки їх обладнання в головних корпусах АЕС.

Метою вивчення дисципліни є формування у студентів компетентностей:

- Здатність продемонструвати систематичне розуміння ключових аспектів та концепції розвитку галузі атомної енергетики (ФК 1).

- Здатність виявляти, класифікувати і описувати ефективність систем атомних електричних станцій та їх компонентів (ФК 6).
- Здатність використовувати знання характеристик специфічних матеріалів, обладнання, процесів та продуктів у професійній діяльності в галузі атомної енергетики (ФК 13).
Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни студенти після засвоєння кредитного модуля мають продемонструвати такі результати навчання:
- Розуміння широкого міждисциплінарного контексту спеціальності 143 Атомна енергетика (ПРН 2).
- Знати і розуміти основні методики проектування і досліджень у сфері атомної енергетики, їх теоретичні основи, сферу застосування та обмеження (ПРН 11).
- Управляти проектами в одному з напрямів атомної енергетики, беручи на себе відповідальність за прийняття рішень (ПРН 14).
- Навички аналізу та прогнозування розвитку атомної енергетики та суміжних напрямів науки і техніки (ПРН 18).
- Знання і розуміння інженерних дисциплін на рівні, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми, в тому числі певна обізнаність в останніх досягненнях атомної енергетики (ПРН 20).
- Класифікувати обладнання за різними ознаками і відповідно до заданих умов його роботи використовувати стандартні методики для виконання конструкторських і повіркових розрахунків об'єктів атомної енергетики (ПРН 21).

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

Пререквізити дисципліни: освітній компонент «Основи конструювання. Курсова робота», освітній компонент «Теплообмін при фазових перетвореннях і випромінюванні».

Постреквізити дисципліни: виробнича практика, «Теорія ядерних реакторів», «Парогенератори і теплообмінники АЕС».

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Роль атомної енергетики в Україні та світі

Тема 1.1 Атомна енергетика.

Розділ 2. Фізичні основи роботи ядерної енергетичної установки

Тема 2.1 Елементи теорії ядра.

Тема 2.2 Радіоактивний розпад.

Тема 2.3 Ядерні реакції.

Тема 2.4 Елементи фізики реактора.

Розділ 3. Конструктивні характеристики ядерних енергетичних установок

Тема 3.1 Класифікація ядерних реакторів.

Тема 3.2 Конструктивні характеристики ядерних енергетичних установок.

Тема 3.3 Водо-водяні реактори.

Тема 3.4 Реактори канального типу.

Тема 3.5 Реактори на швидких нейтронах.

Розділ 4. Реактори нових поколінь

Тема 4.1 Реактори нових поколінь.

Розділ 5. Основні принципи безпеки ядерної енергетичної установки

Тема 5.1 Ядерна та радіаційна безпека.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова (підручники, навчальні посібники) література.

1. Широков С. В. Ядерні енергетичні реактори. К. 1997, с. 280.

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

1. Нігматулін І.М., Нігматулін Б.І. Ядерні енергетичні установки: Підручник для вишів. - М. Енергоатомвидат, 1986. – 186 с.

2. Ганчев Б.Г., Калішевський Л.Л. та ін., Ядерні енергетичні установки: М. Енергоатомвидат, 1990. – 629 с.12.2.

Інформаційні ресурси

1. Сайт МПЕ України - www.mpe.kmu.gov.ua

2. Сайт Бібліотека електронних книг - <http://book-gu.ru/2013/03/turbiny-2/>

3. Сайт ВАТ «Турбоатом» - <http://www.turboatom.com.ua/press/news/1637.html>

4. Сайт НАЕК «Енергоатом» - <http://www.energoatom.kiev.ua/>

5. Сайт НАЕК «Енергетична компанія України» - <http://www.ecu.gov.ua/>

6 Сайт НЕК «Укренерго» <https://ua.energy/peredacha-i-dyspetcheryzatsiya/dyspetcherska-informatsiya/dobovyj-grafik-vyrobnytstva-spozhyvannya-e-e/>

Навчальний контент

5 Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компоненту)

Вивчення навчальної дисципліни заплановано здійснювати такими видами занять: навчальних занять (лекції, практичні/семінарські заняття) і самостійною роботою студентів.

Застосовуються стратегії активного і колективного навчання, які визначаються наступними методами і технологіями:

1) методи проблемного навчання (проблемний виклад, частково-пошуковий (евристична бесіда) і дослідницький метод);

2) особистісно-орієнтовані (розвиваючі) технології, засновані на активних формах і методах навчання («аналіз ситуацій», дискусія, експрес-конференція, навчальні дебати);

3) інформаційно-комунікаційні технології, що забезпечують проблемно-дослідницький характер процесу навчання та активізацію самостійної роботи студентів (електронні презентації для лекційних занять, використання аудіо-, відео-підтримки навчальних занять).

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
Розділ 1. Роль атомної енергетики в Україні та світі	
1	Тема 1.1 Атомна енергетика. Лекція 1 Атомна енергетика.. Література: [1] с.24-27; [4] с. 9-10; [5] с. 6-10. Завдання на СРС. Умови використання блоків ТЕС в енергосистемах.
Розділ 2. Фізичні основи роботи ядерної енергетичної установки	
2	Тема 2.1 Елементи теорії ядра. Лекція 2. Елементи теорії ядра. Література: [1] с. 200-206; [4] с. 373-378. [5] с. 45-48. Завдання на СРС.

3	<p>Тема 2.2 Радіоактивний розпад. Лекція 3 . Радіоактивний розпад. Література: [1] с. 200-206; [4] с. 373-378. [5] с. 45-48. <i>Завдання на СРС.</i></p>
4	<p>Тема 2.3 Ядерні реакції. Лекція 4. Ядерні реакції. Література: [1] с. 200-206; [4] с. 373-378. [5] с. 45-48. <i>Завдання на СРС.</i></p>
5	<p>Тема 2.4 Елементи фізики реактора. Лекція 5. Елементи фізики реактора. Література: [1] с. 200-206; [4] с. 373-378. [5] с. 45-48. <i>Завдання на СРС.</i> Вимоги до блоків ТЕЦ з боку навколишнього середовища. Вимоги до економічності блоків ТЕС. Вимоги до надійності блоків ТЕС.</p>
Розділ 3. Конструктивні характеристики ядерних енергетичних установок	
6	<p>Тема 3.1 Класифікація ядерних реакторів. Лекція 6. Класифікація ядерних реакторів. Література: [4] с. 20-24; [5] с. 38-45. <i>Завдання на СРС.</i> Схеми проміжного перегріву пари на ТЕС та АЕС. Розширення та модернізація діючих електричних станцій (прибудова та надбудова)</p>
7	<p>Тема 3.2 Конструктивні характеристики ядерних енергетичних установок. Лекція 7 . Конструктивні характеристики ядерних енергетичних установок. Література: [4] с. 30-43; [5] с. 48-51. <i>Завдання на СРС.</i> Регенеративні підігрівачі ТЕС, типи, конструкція.</p>
8	<p>Тема 3.3 Водоводяні реактори. Лекція 8 . Водоводяні реактори. Література: [5] с. 51-66; [6] с. 58-66. <i>Завдання на СРС.</i> Регенеративні підігрівачі АЕС, типи, конструкція.</p>
9	<p>Тема 3.4 Реактори каналного типу. Лекція 9. Реактори каналного типу. Література: [4] с. 30-43 [5] с. 68-76; [6] с. 85-102. <i>Завдання на СРС.</i> Конструкція деаераторів.</p>
10	<p>Тема 3.5 Реактори на швидких нейтронах. Лекція 10. Реактори на швидких нейтронах. Література: [1] с. 217-231; [4] с. 99-103; [5] с. 100-105; [6] с. 79-86. <i>Завдання на СРС.</i> Розрахунок розширювача та охолоджувача продувки. Типи випарників, робота, конструкція</p>
Розділ 4. Реактори нових поколінь.	
11	<p>Тема 4.1 Реактори нових поколінь. Лекція 11. Реактори нових поколінь. Література: [1] с. 206-215; [4] с. 26-30; [2] с. 3-44. <i>Завдання на СРС.</i> Теплові принципіві схеми енергоблоків ТЕЦ . Трубопроводи ЕС.</p>

Розділ 5. Основні принципи безпеки ядерної енергетичної установки.

12	<p>Тема 5.1 Ядерна та радіаційна безпека.</p> <p>Лекція 11. Ядерна та радіаційна безпека.</p> <p>Література: [1] с. 206-215; [4] с. 26-30; [2] с. 3-44.</p> <p><i>Завдання на СРС.</i> Теплові принципіві схеми енергоблоків ТЕЦ . Трубопроводи ЕС.</p>
----	---

Практичні заняття

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)	Кількість годин
1	Термодинамічні основи роботи АЕС та ТЕС. Ефективність регенеративного підігріву живильної води і вибір теплової схеми ПТУ АЕС. Складання ПТС АЕС з включенням основних елементів та комунікацій;- [2] - стор. 6-8	2
2	Регенерація живильної води на АЕС. Розрахунок параметрів ПТС АЕС. . Розрахунок деаератора [2] - стор. 9-12	2
3	Регенерація живильної води на АЕС. Розрахунок параметрів ПТС АЕС. . Розрахунок ПВТ [2] - стор. 29-31	2
4	Регенерація живильної води на АЕС. Розрахунок параметрів ПТС АЕС. . Розрахунок ПНТ [2] - стор. 32-35.	2
5	Визначення показників теплової економічності турбоустановки. [2] - стор. 35-36.	1

6 Самостійна робота студента

Під час вивчення навчальної дисципліни студенти виконують наступний вид самостійної роботи: підготовка до аудиторних занять (практичні заняття). Він полягає в опануванні питань, що винесені на самостійне опрацювання та підготовки доповідей (в тому числі у вигляді презентацій) за темами практичних занять

Перелік питань та час на їх підготовку подано нижче.

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1	Схема процесу та продукти ділення ядра	4
2	Варіант ділення ядра урану. Енерговиділення.	4
3	Енергія зв'язку, збудження ядра.	4
4	Схема ланцюгової реакції ділення (ЛРД).	4
5	Основні типи паливних блоків та їх конструкції.	4
6	Нейтронний цикл ЛРД.	4
7	Формула чотирьох множників.	4
8	Реактивність реактора. Запас реактивності.	4
9	Перехідні процеси в реакторі, вплив на них температури.	4

	Температурні ефекти.	
10	Глибина вигорання. Коефіцієнт відтворення.	4
11	Отруєння та шлакування реактора. Йодна яма.	4
12	Теплова потужність реактора. Щільність енерговиділення в активній зоні.	4

Відповідно до навчального плану денної форми навчання для спеціальності 143 Атомна енергетика виконання лабораторних робіт (комп'ютерних практикумів) і індивідуальних завдань не передбачається.

Політика та контроль

7 Політика начальної дисципліни (освітнього компоненту)

Правила відвідування занять

Студент зобов'язаний:

- бути особисто присутнім на занятті (лекції, практичному занятті);
- з'явитись на заняття за декілька хвилин до початку заняття відповідно до розкладу;
- чемно поводитись;
- інформувати викладача щодо причин відсутності на занятті.

Студент не повинен:

- відволікатись на сторонні розмови;
- використовувати гаджети і інтернет ресурси, якщо це не передбачено методикою

проведення заняття;

- без попередження викладача входити до аудиторії або залишати її під час проведення заняття за розкладом.

Студент має право:

- бути відсутнім на занятті з поважних причин;
- задавати питання стосовно теми заняття або пов'язаними темами;
- відпрацювати пропущене заняття (тему) за домовленістю з викладачем (стосовно способу і часу відпрацювання);
- використовувати засоби зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача чи в інтернеті, інтернет ресурси коли це передбачено методикою проведення заняття.

Правила поведінки на заняттях

Студент зобов'язаний:

- уважно слухати викладача (не перебивати викладача);
- занотовувати необхідну інформацію;
- відповідати на питання експрес-опитування

Правила поведінки на практичних заняттях

Студент зобов'язаний:

- приходити, опрацювавши матеріали, які розглядались на лекції і були зазначені для самостійного опрацювання;
- за темою практичного заняття готувати доповіді (у вигляді повідомлення або презентації);
- приймати участь у обговоренні питань за темою заняття;
- інформувати викладача щодо причини не виконання завдання.

Правила призначення заохочувальних та штрафних балів

Заохочувальні бали призначаються у разі:

- виконання студентом індивідуального завдання (в межах основних тем дисципліни), яке не передбачено програмою навчальної дисципліни, але виконується студентом за власним бажанням та узгодженням з викладачем;

- активної роботи (більшої ніж передбачено програмою навчальної дисципліни) під час лекційних і практичних занять.

Штрафні бали призначаються у разі:

- несвоєчасного виконання студентом контрольних заходів, передбачених навчальною програмою дисципліни (порушення дедлайнів);

- запізнення на заняття та відволікання на сторонні заходи під час проведення занять;

- невиконання учбової програми, як то неприймання участі в обговоренні питань, невірні відповіді під час експрес-опитування тощо;

- порушення принципів академічної доброчесності.

Політика дедлайнів та перескладань

Викладач на початку семестру інформує студентів щодо встановлених дедлайнів з дисципліни.

Студенти зобов'язані здати всі контрольні заходи у термін встановлений планом проведення навчальної дисципліни.

За порушення дедлайнів призначаються штрафні бали.

У разі порушення студентом дедлайнів з поважних причин, можливе перенесення їх терміну на заплановані консультативні часи з дисципліни.

Перескладання контрольних заходів не передбачено. Виняток – семестровий контроль.

Політика щодо академічної доброчесності

Під час освітнього процесу, а особливо при проведенні контрольних заходів студенти зобов'язані дотримуватись положень Кодексу честі та вимог академічної доброчесності (<https://kpi.ua/code>).

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

Для оцінювання результатів навчання застосовуються наступні види контролю:

- поточний контроль;
- семестровий контроль.

1. Поточний контроль

Поточний контроль опанування матеріалу студентом складається з:

- експрес-опитування на лекціях (1-2 питання);
- участь у обговоренні трьох питань на практичних заняттях / доповідь з індивідуально підготованого питання (4 практичних заняття);

- виконання модульної контрольної роботи (складається з двох частин);

Критерії нарахування балів.

- експрес-опитування (max: $r_{eo}=2$);
- участь у обговоренні трьох питань на практичних заняттях / доповідь з індивідуально підготованого питання (max - $r_{пз}=3$);

- виконання трьох модульних контрольних робіт (max: $r_{кр} = 20$ за кожную);

- самостійна робота (max: $r_{ip} = 10$).

Кожне запитання оцінюється за такими критеріями:

- «відмінно» – повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації);
- «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями;

- «задовільно» – неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки;
- «незадовільно» – відповідь не відповідає вимогам на «задовільно» – 0 балів.

Модульна контрольна робота - тестові завдання з двої питань оцінюються максимально в 15 балів;

Кожне запитання оцінюється за такими критеріями:

- «відмінно» – повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації);
- «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними невідповідностями;
- «задовільно» – неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки;
- «незадовільно» – відповідь не відповідає вимогам на «задовільно» – 0 балів.

Самостійна робота студента (СРС)

Під час семестру здобувачі вищої освіти самостійно опрацьовують (конспект або презентація) з доступних джерел інформації видане завдання. За вичерпну відповідь до рейтингу студента додається 0...10 балів.

2. Семестровий контроль

Семестровий контроль: залік.

Умови допуску до семестрового контролю: семестровий рейтинг 25 балів і більше ($RC \geq 25$) та виконані та зараховані МКР .

Отримання оцінки з кредитного модуля «автоматом» можливо за умови семестрового рейтингу 60 балів і більше ($RC \geq 60$) та виконаних та зарахованих МКР .

3. Розрахунок суми основних рейтингових балів

Для оцінювання результатів навчання застосовується 100-бальна рейтингова система і університетська шкала.

Рейтинг студента з кредитного модуля складається з балів, які він отримує за результатами зазначених видів контролю.

Сума рейтингових балів протягом семестру розраховується за формулою:

$$R = RK = R_C + R_3 - R_{\text{Ш}} = r_{\text{пз}} + r_{\text{кр}} + r_{\text{ео}} + r_{\text{ір}} - R_{\text{Ш}} = 4 \times 3 + 3 \times 20 + 9 \times 2 + 10 - 0 = 100$$

Під час підрахунку вагових балів враховуються 2 штрафні бали ($R_{\text{Ш}}$), які передбачені за несвоєчасне виконання кожного з контрольних заходів (модульної контрольної роботи, реферату).

Сума рейтингових балів, отриманих студентом протягом семестру переводиться до підсумкової оцінки згідно з таблицею.

Якщо сума балів менш ніж 60, студент виконує залікову контрольну роботу.

Студент, який у семестрі отримав 60 балів і більше, може прийняти участь у заліковій контрольній роботі (перелік питань у додатку 3). У цьому разі, бали отримані ним на заліковій контрольній роботі є остаточними.

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. Навчання в умовах правового режиму воєнного стану:

- передбачає проведення всіх видів занять дистанційно (з використання синхронної або асинхронної моделі освітньої взаємодії), у відповідності до Регламенту організації освітнього процесу в дистанційному режимі та Положення про дистанційне навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського;
- кінцеві терміни виконання індивідуальних завдань і завдань самостійної роботи переносяться на кінець семестру (з обов'язковим виконанням і захистом);
- у рейтингову систему оцінювання вносяться зміни стосовно нарахування штрафних балів за несвоєчасне виконання завдань: штрафні бали не нараховуються.

Додаток 1

Список питань до заліку

1. Будова атомного ядра (розміри, маса, енергія, спин). Види нуклідів.
2. Властивості ядра (ширина рівня, питома енергія зв'язку, протон-нейтронний склад).
3. Ядерні сили та їх властивості. Обмінний характер ядерних сил.
4. Гіпотетичні моделі ядра. Формула Вайцзеккера.
5. Радіоактивний розпад. Крива розпаду. Енергія розпаду.
6. Ядерні реакції за механізмом взаємодії.
7. Ядерні реакції за тепловим ефектом.
8. Взаємодія нейтронів з ядрами. Схема перерізу реакції.
9. Дифузійний струм нейтронів. Довжина міграції, довжина дифузії.
10. Схема процесу та продукти ділення ядра
11. Варіант ділення ядра урану. Енерговиділення.

12. Параметр, поріг ділення ядра.
13. Енергія зв'язку, збудження ядра.
14. Схема ланцюгової реакції ділення (ЛРД).
15. Основні типи паливних блоків та їх конструкції.
16. Нейтронний цикл ЛРД.
17. Формула чотирьох множників.
18. Коефіцієнт розмноження. Щільність потоку теплових нейтронів по перерізу комірки.
19. Схема, склад гетерогенного реактора.
20. Рівняння дифузії нейтронів. Хвильове рівняння. Матеріальний та геометричний параметри реактора.
21. Розподіл щільності нейтронного потоку в активній зоні. Коефіцієнт нерівномірності.
22. Умова критичності реактора. Критичне рівняння. Критичний радіус і маса.
23. Реактивність реактора. Запас реактивності.
24. Перехідні процеси в реакторі, вплив на них температури. Температурні ефекти.
25. Глибина вигорання. Коефіцієнт відтворення. Змінення нуклідного складу ядерного палива.
26. Отруєння та шлакування реактора. Йодна яма.
27. Рівняння кінетики реактора.
28. Система та управління захисту (СУЗ) реактора. Поглинаючі стрижні.
29. Стани реактора.
30. Змінення щільності нейтронного поля від реактивності.
31. Теплова потужність реактора. Щільність енерговиділення в активній зоні.
32. Ядерне профілювання. Основні геометричні розміри твелів, вимоги до них.
33. Залишкове тепловиділення. Розподіл теплової енергії при ЛРД.
34. Вибір та властивості теплоносіїв ЯР.
35. Рідинні, газові, рідкометалеві теплоносії та їх порівняльні характеристики.
36. Рівняння теплового балансу та тепловіддачі в активній зоні.
37. ККД АЕС. Електрична потужність АЕС та її залежність від вихідної температури теплоносія. Температурні поля у паливному каналі.
38. Ядерний паливний цикл.
39. Видобуток руди. Показники якості руди.
40. Переробка руди. Методи збагачення. Афінаж.
41. Фізичні методи розділення ізотопів урану: газодифузійний та центрифужний.
42. Коефіцієнт збагачення урану. Розподільчий каскад.
43. Конструкції тепловиділяючих елементів та зборки. Технологія отримання палива.
44. Відкритий та замкнутий паливні цикли.
45. Транспортування палива, що відпрацювало. Процес екстракції.

46. Особливості відходів. Схеми їх переробки.
47. Захоронення відходів у могильниках.
48. Виведення реактора з експлуатації. Консервація, захоронення, демонтаж.
49. Активність радіоактивного випромінювання. Класифікація йонізуючості.
50. Кількісні характеристики випромінювання.
51. Флюенс часток. Інтегральна інтенсивність випромінювання.
52. Поглинена доза випромінювання. Потужність дози.
53. Основні вимоги до безпеки ЯЕУ. Безпека окремих ланок технологічного процесу.
54. Аварійні ситуації під час експлуатації ЯЕУ. Максимальна проектна та максимально мислима аварії.
55. Системи аварійного захисту, аварійного охолодження активної зони, аварійного охолодження реактора.
56. Бар'єри радіаційного захисту. Групи систем та пристроїв безпеки ЯЕУ. Відомі світові аварії на АЕС.
7. Конструктивні особливості ядерних реакторів.
58. Теплові схеми ЯЕУ.
59. Різновиди гетерогенних реакторів на теплових нейтронах.
60. Реактор ВВЕР-1000.
61. Реактор РБМК-1000.
62. Реактор АСТ-500.
63. Реактор БН-600.
64. Реактор ВГ-400.
65. Особливості і специфіка роботи АЕС на типових реакторах.
66. Діагностика обладнання ЯЕУ. Причини відмов, показники надійності ЯЕУ.

Додаток 2

Список питань до модульної контрольної роботи

1. Схема процесу та продукти ділення ядра
2. Варіант ділення ядра урану. Енерговиділення.
3. Енергія зв'язку, збудження ядра.
4. Схема ланцюгової реакції ділення (ЛРД).
5. Основні типи паливних блоків та їх конструкції.
6. Нейтронний цикл ЛРД.
7. Формула чотирьох множників.
8. Реактивність реактора. Запас реактивності.
9. Перехідні процеси в реакторі, вплив на них температури. Температурні ефекти.

10. Глибина вигоряння. Коефіцієнт відтворення.
11. Отруєння та шлакування реактора. Йодна яма.
12. Теплова потужність реактора. Щільність енерговиділення в активній зоні.
13. Ядерне профілювання. Основні геометричні розміри твелів, вимоги до них.
14. Залишкове тепловиділення. Розподіл теплової енергії при ЛРД.
15. Ядерний паливний цикл.
16. Основні вимоги до безпеки ЯЕУ. Безпека окремих ланок технологічного процесу.
17. Аварійні ситуації під час експлуатації ЯЕУ. Максимальна проектна та максимально мислима аварії.
18. Конструктивні особливості ядерних реакторів.
19. Теплові схеми ЯЕУ.
20. Різновиди гетерогенних реакторів на теплових нейтронах.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцент, кандидат техн. наук Бібік Т.В.

Ухвалено: кафедрою АЕС і ІТФ (протокол № 15/а від 30.06. 2022 р.)

Погоджено: Методичною комісією ТЕФ (протокол № 9 від 30.06. 2022 р.)