



# Режими експлуатації атомних електричних станцій

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>14 Електрична інженерія</i>
Спеціальність	<i>143 Атомна енергетика</i>
Освітня програма	<i>ОПП Атомні електричні станції</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)/дистанційна</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>165 годин/5,5 кредити ЄКТС, 45 годин лекцій, 9 годин практичних занять, 18 годин лабораторних занять, 93 години СРС</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен/Модульна контрольна робота</i>
Розклад занять	<i>2 лекція у тиждень, 1 практичне заняття у 2 тижня, 1 лабораторне заняття у тиждень, rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н., ст. викладач, Бібік Тимофій Вікторович, e-mail: tymofii.bibik@gmail.com Практичні: асистент, Остапенко Іван Анатолійович, e-mail: ivan.a.ostapenko@gmail.com</i>
Розміщення курсу	<a href="https://campus.kpi.ua">https://campus.kpi.ua</a> , <a href="https://drive.google.com">https://drive.google.com</a>

### Програма навчальної дисципліни

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

Предметом навчальної дисципліни є вивчення питань експлуатації енергоблоків атомних електричних станцій. Виходячи з того, що в Україні на сьогодні експлуатуються тільки енергоблоки АЕС з реакторами ВВЕР, то основна увага при викладенні цього модулю приділяється питанням експлуатації енергоблоків АЕС саме з водо-водяними енергетичними реакторами (ВВЕР). В навчальній дисципліні розглядається схема 1-го та 2-го контурів, будова та характеристики систем нормальної експлуатації, роботу енергоблоку як об'єкта енергосистеми та вивчення основних систем та обладнання енергоблоку АЕС з ВВЕР.

**Предметом** навчальної дисципліни є мультимедійний тренажер енергоблоку АЕС з ВВЕР «Симулятор ВВЕР-1000. Мультимедійний тренажер, розроблений міжнародною групою під егідою МАГАТЕ, з самого початку створювався безпосередньо для навчання. Тренажер дозволяє в режимі реального часу задавати або змінювати параметри енергоблоку з отриманням відповідних відгуків систем та елементів. Вважається, що користувач симулятора вже знайомий з основними характеристиками ядерних енергетичних реакторів та характеристиками ВВЕР-1000.

**Метою** навчальної дисципліни є формування у студентів наступних фахових здатностей (компетентностей):

1. Здатність застосовувати отримані спеціалізовані концептуальні знання та навички при проектуванні та експлуатації обладнання та систем (ФК 03).
2. Здатність розробляти плани і проекти для забезпечення досягнення поставленої певної мети з урахуванням всіх аспектів вирішуваної проблеми, включаючи виробництво, експлуатацію, технічне обслуговування та утилізацію обладнання атомно-енергетичного комплексу (ФК 05).
3. Здатність демонструвати знання характеристик специфічних матеріалів, обладнання, процесів та продуктів в галузі атомної енергетики, умов їх використання та відповідних обмежень (ФК 08).
4. Здатність застосовувати отримані спеціальні знання та навички для надійної і безпечної експлуатації АЕС (ФК 13).

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

1. Демонструвати спеціалізовані концептуальні знання з атомної енергетики, набуті у процесі навчання та/або професійної діяльності, у тому числі знання і розуміння новітніх досягнень, які забезпечують здатність до інноваційної та дослідницької діяльності (ПРН 2).
2. Застосовувати свої знання і розуміння для розробки проектів згідно із визначеними та описаними вимогами до конструкцій, технологічних схем, режимів роботи обладнання, характеристик теплоносіїв, схем їх руху та відповідних матеріалів, що застосовуються при аналізі процесів і проектуванні обладнання атомно-енергетичного комплексу (ПРН 8).
3. Формулювати і розв'язувати складні інженерні, виробничі та/або дослідницькі задачі під час проектування і експлуатації обладнання та створення конкурентоспроможних розробок, втілення результатів у інноваційних проектах (ПРН 10).
4. Розуміння експлуатації обладнання атомно-енергетичного комплексу відповідно до екологічного законодавства й правових норм в галузі охорони здоров'я людей і забезпечення безпеки інженерної діяльності (ПРН 13).
5. Застосовувати отримані знання для надійної нормальної експлуатації АЕС та переведення реакторної установки у контрольований безпечний стан в аварійних режимах (ПРН 16).

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

Перелік дисциплін, або знань та умінь, володіння якими необхідні студенту (вимоги до рівня підготовки) для успішного засвоєння дисципліни:

1. ПО 6 Теорія та системи автоматичного управління атомних електричних станцій.
2. ПО 7 Контроль та регулювання паротурбінних установок атомних електричних станцій.

Перелік дисциплін які базуються на результатах навчання з даної дисципліни:

1. ПО 2 Методи аналізу ризику та надійності атомних електричних станцій.
2. ПО 5 Дезактивація, ремонт, монтаж та зняття з експлуатації АЕС.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

### Розділ 1. Ядерне паливо, ядерно-паливний цикл.

Тема 1.1. Ядерно-паливний цикл.

Тема 1.2. Ядерне паливо.

Тема 1.3. Поводження з ядерним паливом.

### Розділ 2. Робота енергоблоку в режимі нормальної експлуатації.

Тема 2.1. Пуск енергетичного реактора.

Тема 2.2. Зміна запасу реактивності в процесі кампанії.

Тема 2.3. Маневрений режим.

#### 4. Навчальні матеріали та ресурси

##### Базова (підручники, навчальні посібники) література

1. Широков С. В. Фізика ядерних реакторів. – Видання друге: Вища школа, 1998. – с 288.
2. Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу «Експлуатація ЯПВУ». Київ 2008.
3. Поярков В.О., Стрижак В.І., Широков С.В. Ядерна енергетика за і проти. Київ, Тов. «Знання» України. 1993 р. 92 стор.

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

1. Р.З. Аминов и др. АЭС с ВВЭР: Режимы, характеристики, эффективность. М.: Энергоиздат 1990 г. 264 с.
2. Л.М. Воронин. Особенности эксплуатации и ремонта АЭС. М.: Энергоиздат 1981 г., 168 с.
3. Гогштейн Д.П., Верхівкер Г.П. Аналіз теплових схем атомних електростанцій. Київ: Вища школа., 1987 р.
4. Шмелев В.Д., Драгунов Ю.Г., Денисов В.П., Васильченко И.Н. Активные зоны ВВЭР для атомных станций – М.: ИКЦ «Академкнига», 2004 – 220 с.: ил.
5. Овчинников Н.А., Голубев А.І, и др. Эксплуатационные режимы водо-водяных энергетических ядерных реакторов. – М.: Атомиздат, 1979. – 300 с.
6. Широков С. В. Ядерні енергетичні реактори. К. 1997, с. 280.
7. Л. М. Уайт. Материалы ядерных энергетических установок: Пер. с англ. – М.: Атомиздат 1979, 256 стр.
8. Иванов В.А. Эксплуатация АЭС. Учебник для вузов – СПб Энергоатомиздат, Санкт-Петербургское отделение 1994 – 384 с., ил.
9. Саркисов А.А. Пучков В.Н. Физические основы эксплуатации ядерных паропроизводящих установок. – М.: Энергоатомиздат, 1989 – 504 с.
10. ВВЭР-1000. Симулятор реактора. МАГАТЕ. Вена 2005.
11. Основы теории и методы расчета ядерных энергетических реакторов. Под редакцией д.ф.м. наук Г.А. Батя. М., Энергоиздат 1982 г., 511 стр.
12. Владимиров В.И. Практические задачи по эксплуатации ядерных реакторов. – 4-е издание перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 304 с., ил.
13. Сузуки Мотоэ. Моделирование поведения твела легководного реактора в различных режимах нагружения.: монография. Пер. с англ. С.Н. Пельх; под науч. Ред. М.В. Максимова. – Одесса: Астропринт, 2010 – 248 с.

#### Навчальний контент

#### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

##### Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
<b>Розділ 1. Ядерне паливо, ядерно-паливний цикл.</b>	
1.	Тема 1.1. Ядерно-паливний цикл. Лекція 1. Ядерно-паливний цикл. Література: [12]. СРС: Класифікація РУ [6] стор. 14-23. Конспект лекцій з курсу «Ядерні енергетичні реактори». Тема 1.2. Ядерне паливо Лекція 2. Виробництво ядерного палива.

Література: [7] стор. 125-132  
СРС: Методи збагачення природного урану. [7].  
Лекція 3,4. Еволюція палива ВВЕР.  
Література: [1] стор. 39-75.  
СРС: Конструкція ТВЗ ВВЕР-440 та ВВЕР-1000. [6] стор. 41-47; 76-82. [4].  
Лекція 5 МОКС-паливо.  
Література: Матеріали Інтернет ресурсів. Бібліотека «Вернацького».  
Лекція 6. Паливні цикли ВВЕР. Загальні характеристики  
Література: [5] стор. 141-164.  
Лекція 7. Економічні аспекти формування паливного завантаження.  
Література: [2] стор. 146-158.  
СРС: Ідеологія розвитку паливних циклів ВВЕР [4].  
Тема 1.3. Поводження з ядерним паливом  
Лекція 8. Організація робіт та поводження зі свіжим ядерним паливом. Технологія поводження зі свіжим ядерним паливом перед завантаженням в реактор.  
Література: [2] стор. 47-53.  
СРС: Нормативні документи, що до поводження зі свіжим ядерним паливом на АЕС України. Необхідні нормативні документи видає викладач на лекції, та використання ресурсу [8].  
Лекція 9,10. Організація робіт та поводження з відпрацьованим ядерним паливом.  
Література: [2] стор. 47-53.  
СРС: Нормативні документи, що до поводження з відпрацьованим ядерним паливом в Україні. Необхідні нормативні документи видає викладач на лекції, та використання ресурсу [8].

## **Розділ 2. Робота енергоблоку в режимі нормальної експлуатації.**

2. Тема 2.1. Пуск енергетичного реактора.  
Лекція 11,12. Пуск реакторної установки.  
Література: [5] стор. 39-63.  
СРС: Фізичний пуск реакторної установки [9] стор. 362 - 383  
Лекція 13. Особливості пуску ВВЕР.  
Література: [8] стор. 142-152.  
СРС: Нормативні документи галузі, які регламентують процедуру пуску реакторної установки ВВЕР. Необхідні нормативні документи видає викладач на лекції, та використання ресурсу [8].  
Тема 2.2. Зміна запасу реактивності в процесі кампанії.  
Лекція 14. Зміна запасу реактивності в процесі роботи реакторної установки на потужності. Борне регулювання.  
Лекція 15,16,17. Характер зміни концентрації борної кислоти в активній зоні ВВЕР. Використання поглиначів, що вигоряють.  
Література: [12] стор. 142-152.  
СРС: Вирішення задач [14] Глава 3; Глава 5.  
Лекція 18. Робота енергоблоку АЕС з ВВЕР в маневреному режимі.  
Література: [8] стор 276-286.  
СРС: Маневрені характеристики АЕС [2] стор. 134-146. Поведінка оболонок твел при роботі в маневреному режимі [16] глава 3.

## Лабораторні заняття

№ з/п	Лабораторна робота
1	<b>Лабораторна робота 1.</b> Зміна аксіального офсету в режимі роботи енергоблоку на змінній потужності.
2	<b>Лабораторна робота 2.</b> Режими роботи компенсатору тиску за нормальної та відключеної подачі борної кислоти, нормальному та несправному автоматичному регуляторі потужності.
3	<b>Лабораторна робота 3.</b> Підключення ГЦН що раніше не працював з порушенням регламенту.
4	<b>Лабораторна робота 4.</b> Лабораторна робота використанням мультимедійного тренажера.

## Практичні заняття

У якості індивідуального завдання для всіх форм навчання рекомендується розробка реферату, завданням якого є підготовка студентів до проходження вхідного контролю знань на АЕС. Кожен студент отримає 5 питань які він має захистити на практичних заняттях.

Перелік питань що виносяться на практичні заняття:

№ з/п	Питання що виносяться на практичні заняття
<b>Реакторна установка</b>	
1	Принципова схема реакторної установки з реакторами типу ВВЕР.
2	Основні відмінності між реакторними установками ВВЕР-440 та ВВЕР-1000.
3	Формула 4-х співмножників, визначення коефіцієнтів, що входять в формулу.
4	Ефективний коефіцієнт розмноження нейтронів і коефіцієнт розмноження нейтронів в нескінченному середовищі. У чому їхня відмінність?
5	Склад палива реактора ВВЕР.
6	Ланцюгова реакція поділу ядерного палива.
7	Радіоактивність. Види радіоактивного розпаду. Період радіоактивного розпаду.
8	Основні системи безпеки реакторної установки з реакторами типу ВВЕР.
9	Система фізичних бар'єрів на шляху поширення іонізуючого випромінювання і радіоактивних речовин у навколишнє середовище.
10	Склад активної зони реактора ВВЕР.
11	Ядерне паливо.
12	Сповільнювач.
13	Теплоносій.
14	Основні параметри реакторної установки ВВЕР-1000.
15	Яким чином відбувається отримання електричної енергії на атомній станції?
16	Відбивач в ядерному реакторі. Для чого він призначений?
17	Період реактора, період подвоєння потужності.
18	Миттєві та запізнілі нейтрони. Роль запізнілих нейтронів.
19	Джерела нейтронів в підкритичному реакторі. Пуск ядерного реактора.
20	Вигорання ядерного палива.
21	Шлакування ядерного палива.
22	Отруєння ядерного реактора.
23	Вигоряючий поглинач. Типи вигоряючих поглиначів, які застосовуються на РУ з ВВЕР.
24	Засоби впливу на реактивність в ядерних реакторах типу ВВЕР.

<b>№ з/п</b>	<b>Питання що виносяться на практичні заняття</b>
25	Відмінність гермозони реактора ВВЕР-440 від гермооб'єму реактора ВВЕР-1000.
26	Реактор: призначення, склад і принцип роботи.
27	ГЦН: призначення, склад і принцип роботи.
28	ГЗЗ: призначення, склад і принцип роботи.
29	Парогенератор: призначення, склад і принцип роботи.
30	КТ: призначення, склад і принцип роботи.
31	ГЦТ: призначення і склад.
<b>Теоретичні основи теплотехніки</b>	
32	Перерахувати основні параметри, якими характеризується стан робочого тіла.
33	Пояснити, що таке ідеальний газ.
34	Перерахувати основні закони ідеальних газів.
35	Пояснити, що таке теплоємність.
36	Дати визначення внутрішньої енергії та ентальпії газу.
37	Назвіть перший закон термодинаміки.
38	Перерахувати основні термодинамічні процеси.
39	Пояснити, що таке зворотні і незворотні термодинамічні процеси.
40	Зобразити графічно і охарактеризувати ізобарний процес.
41	Зобразити графічно і охарактеризувати Ізохоричний процес.
42	Зобразити графічно і охарактеризувати ізотермічний процес.
43	Зобразити графічно і охарактеризувати Адіабатний процес.
44	Пояснити, що таке прямий і зворотний цикл Карно.
45	Перерахувати основні термодинамічні властивості води і пари.
46	Зобразити графічно цикл Ренкіна.
47	Пояснити, що таке витікання газів.
48	Пояснити, що таке дроселювання газів.
49	Дати визначення теплопровідності, назвати одиницю виміру теплопровідності.
50	Теплопровідність при стаціонарному тепловому режимі.
51	Перерахувати види руху теплоносія.
52	Пояснити, що таке конвективний теплообмін.
53	Пояснити, чим відрізняється тепловіддача при русі середовища в трубах від тепловіддачі при зовнішньому обтіканні труб.
54	Описати зв'язок конвективного теплообміну з гідродинамікою.
55	Пояснити, чим відрізняється тепловіддача при конденсації пари від тепловіддачі при кипінні рідини.
56	Пояснити, що таке масообмін.
57	Описати процес тепловіддачі в теплообмінних апаратах.
58	Пояснити, що таке складний теплообмін.
<b>Основи гідравліки</b>	
59	Пояснити класифікацію насосів.
60	Назвати основні фізичні властивості рідини.
61	Пояснити, що таке гідравлічний удар.
62	Основні відомості про насоси, які застосовуються в теплотехніці.
63	Намалювати схему роботи насоса.
64	Описати принцип роботи насосів.
65	Поняття про продуктивність, напор і тиск на виході з насоса.

№ з/п	Питання що виносяться на практичні заняття
66	Назвати параметри, що впливають на продуктивність насоса.
67	Перерахувати основні робочі параметри насосів.
68	Пояснити, що таке нестационарні режими роботи.
69	Пояснити, що таке "зрив" і "запарювання" насоса.
70	Описати конструкцію і принцип дії ежекторної установки.
71	Назвати фактори, що впливають на конструкцію і роботу насоса.
<b>Загальна електротехніка</b>	
72	Назвати основні закони ланцюгів постійного струму.
73	Пояснити, що таке сила Ампера, Лоренца.
74	Сформулювати закон Ампера.
75	Пояснити, що таке активна, реактивна і повна потужність.
76	Зобразити графічно схеми з'єднань приймачів трикутником і зіркою.
77	Пояснити, що таке фазова і лінійна напруга.
78	Описати конструкцію електроприводу.
79	Назвати призначення і описати принцип дії трансформаторів.
<b>Контрольно-вимірювальні прилади і автоматичне регулювання теплових процесів</b>	
80	Пояснити принцип вимірювання температури, тиску, рівня та витрати.
81	Описати пристрій датчиків вимірювання температури, тиску, рівня та витрати.
82	Пояснити, що таке вторинні прилади.
83	Назвати основні типи вторинних приладів.
84	Дати визначення термінам "Клас точності приладу" і "Похибка вимірювань".
<b>Трубопроводи і обладнання АЕС</b>	
85	Назвати призначення трубопроводів АЕС.
86	Перерахувати ознаки, за якими розрізняються трубопроводи АЕС.
87	Назвати призначення енергетичної арматури.
88	Перерахувати види енергетичної арматури по функціональному призначенню.
89	Назвати основні типи арматур, що застосовуються на АЕС.
90	Перерахувати вимоги до арматури, застосовуваним на АЕС.
91	Назвати призначення, описати конструкцію, принцип дії запірної, дросельно-регулюючої, захисно-запобіжної арматури.
<b>Устаткування і технологічні системи ТВ</b>	
92	Намалювати принципову теплову схему другого контуру АЕС.
93	Назвати призначення турбіни.
94	Описати конструкцію турбіни.
95	Перерахувати основні технічні характеристики турбіни.
96	Пояснити принцип роботи турбіни.
97	Пояснити призначення елементів другого контуру: ПНТ, ПВТ, СПП, Д-7ата, ПЖН.
98	Перерахувати типи насосного устаткування, яке застосовується в другому контурі АЕС.
99	Назвати основні елементи конструкції насосів.
100	Класифікація підшипників.
101	Принцип роботи підшипників ковзання.

## 6. Самостійна робота студента

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1.	Програма розвитку атомної енергетики України до 2030 року.	10
2.	Створення ядерно-паливного циклу в Україні.	10
3.	Виробництво ядерного палива.	10
4.	Параметри структури активних зон:	7
5.	Коефіцієнт використання встановленої потужності для різних типів реакторних установок.	10
6.	«Сухе» зберігання відпрацьованого ядерного палива.	8
7.	«Мокре» зберігання відпрацьованого ядерного палива.	10
8.	Обґрунтування безпеки сховищ з відпрацьованим ядерним паливом.	10
9.	Особливості модернізації активної зони ВВЕР для роботи в маневреному режимі.	10
10.	Робота енергоблоку PWR в маневреному режимі.	8

## 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 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 студентів, допускається вивчення матеріалу за допомогою онлайн-курсів за тематикою, яка відповідає тематиці конкретних занять.

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

**Поточний контроль:** МКР.

**Семестровий контроль:** іспит.

**Умови допуску до семестрового контролю:** виконаний та зарахований цикл завдань до індивідуальних занять, практичних робіт, виконані та захищені лабораторні роботи та загальний



бал за всі види робіт не менше 25 балів. Отримання оцінки з кредитного модуля «автоматом» не передбачено окрім надзвичайних випадків, наприклад, пандемії або дії військового положення.

### **1. Модульна контрольна робота**

Під час семестру виконуються одна модульна контрольна робота яка виконана у вигляді питань. Завдання містить два питання теоретичного спрямування. Максимальна оцінка за МКР становить 10 балів.

У разі відсутності студента на контрольній роботі без поважних причин робота оцінюється в 0 балів.

### **2. Самостійна робота студента (СРС)**

Під час семестру здобувачі вищої освіти самостійно опрацьовують з доступної літератури та конспектують видане завдання. За вичерпну законспектовану відповідь до рейтингу студента додається 0...3 бали.

### **3. Лабораторні роботи (ЛР)**

Під час семестру здобувачі вищої освіти у складі окремих груп опрацьовують з доступної літератури видане завдання на лабораторну роботу згідно переліку тем у таблиці п.5 силабусу. Кожна із 4 лабораторних робіт захищається у складі групи. За демонстрацію глибини засвоєння матеріалу до рейтингу студента додається 0...10 балів за кожную лабораторну роботу.

### **Заохочувальні бали**

Сума заохочувальних балів не повинна перевищувати 20 балів. Додатково до рейтингу зараховуються бали:

- 1.1. за отримані сертифікати, що підтверджують участь у науково-практичних, наукових конференціях або проходження спеціалізованих курсів (наприклад МАГАТЕ) за тематикою дисципліни (3 бали/сертифікат);
- 1.2. за публікацію статті у науковому журналі за тематикою дисципліни (10 балів/стаття);
- 1.3. за ведення охайного конспекту (5 балів).

### **4. Розрахунок суми основних рейтингових балів**

Сума основних рейтингових балів відповідає рейтинговій шкалі (100 балів)

Розрахунок шкали рейтингу:

$$R = 10 (\text{МКР}) + 40 (\text{ЛР}) + 20(\text{ПР}) + 30 (\text{іспит}) = 100 \text{ балів.}$$

### **Система додаткових рейтингових балів та відповідні критерії оцінювання**

На іспиті студенти виконують письмову роботу. Кожне завдання містить 2 теоретичних питання, кожне з яких оцінюється у 10 балів, та одне практичне завдання, яке оцінюється у 30 балів.

Система оцінювання теоретичних питань:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 9...10 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 70% потрібної інформації, або незначні неточності) – 7...8 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 50% потрібної інформації та деякі помилки) – 5...6 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь – 0...4 балів.

Система оцінювання практичного завдання:

- «відмінно», повна відповідь без помилок (не менше 90% потрібної інформації) – 27...30 балів;

- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 70% потрібної інформації, або незначні неточності) – 21...27 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 50% потрібної інформації та деякі помилки) – 15...20 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь – 0...14 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

За рішенням кафедри, згідно Тимчасового регламенту проведення семестрового контролю в дистанційному режимі (Наказ № 7/86 від 08.05 2020 року), допускається застосувати підхід щодо виставлення оцінки з кредитного модуля «автоматом» шляхом пропорційного перерахунку стартових балів у підсумкові за 100-бальною шкалою. При цьому обов'язковим залишається виконання студентом умов допуску до заліку. Студентам, які набрали фактичний стартовий рейтинг не менший, ніж 0,9 від максимально можливого (тобто  $R_c \geq 45$ ), екзаменатор може запропонувати виставити оцінку «Дуже добре». Найвища оцінка «автоматом» не виставляється.

Переведення стартових балів у підсумкові здійснюється за формулою

$$R = 50 + \frac{50 \cdot (R_i - R_D)}{(R_c - R_D)},$$

де  $R$  – оцінка за 100-бальною шкалою;

$R_i$  – сума балів, набраних студентом продовж семестру;

$R_c$  – максимальна сума вагових балів контрольних заходів продовж семестру;

$R_D$  – бал допуску до екзамену.

Студенти, які хочуть підвищити оцінку з кредитного модуля, виконують екзаменаційну роботу. При цьому переведення стартових балів у підсумкові не здійснюється.

### **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://osvita.kpi.ua/2020_7-170), [https://document.kpi.ua/files/2020\\_7-170.pdf](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 усіх видів занять дистанційно (з використанням 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 не своєчасне виконання завдань: штрафні бали не нараховуються.

3. Для студентів існує можливість зарахування (у вигляді додаткових балів до рейтингу до 20 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**

***Перелік питань, які виносяться на модульну контрольну роботу***

- 1 Принципова схема реакторної установки з реакторами типу ВВЕР.
- 2 Основні відмінності між реакторними установками ВВЕР-440 та ВВЕР-1000.
- 3 Формула 4-х співмножників, визначення коефіцієнтів, що входять в формулу.
- 4 Ефективний коефіцієнт розмноження нейтронів і коефіцієнт розмноження нейтронів в нескінченному середовищі. У чому їхня відмінність?
- 5 Склад палива реактора ВВЕР.
- 6 Ланцюгова реакція поділу ядерного палива.
- 7 Радіоактивність. Види радіоактивного розпаду. Період радіоактивного розпаду.
- 8 Основні системи безпеки реакторної установки з реакторами типу ВВЕР.
- 9 Система фізичних бар'єрів на шляху поширення іонізуючого випромінювання і радіоактивних речовин у навколишнє середовище.
- 10 Склад активної зони реактора ВВЕР.
- 11 Ядерне паливо.
- 12 Сповільнювач.
- 13 Теплоносій.
- 14 Основні параметри реакторної установки ВВЕР-1000.
- 15 Яким чином відбувається отримання електричної енергії на атомній станції?
- 16 Відбивач в ядерному реакторі. Для чого він призначений?
- 17 Період реактора, період подвоєння потужності.
- 18 Миттєві та запізнілі нейтрони. Роль запізнілих нейтронів.
- 19 Джерела нейтронів в підкритичному реакторі. Пуск ядерного реактора.

- 20 Вигорання ядерного палива.
- 21 Шлакування ядерного палива.
- 22 Отруєння ядерного реактора.
- 23 Вигоряючий поглинач. Типи вигоряючих поглиначів, які застосовуються на РУ з ВВЕР.
- 24 Засоби впливу на реактивність в ядерних реакторах типу ВВЕР.

## Додаток 2

### *Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль*

1. Класифікація РУ.
2. Виробництво ядерного палива.
3. Методи збагачення природного урану.
4. Конструкція ТВЗ ВВЕР-440 та ВВЕР-1000.
5. Паливні цикли ВВЕР. Загальні характеристики.
6. Економічні аспекти формування паливного завантаження.
7. Організація робіт та поведження зі свіжим ядерним паливом.
8. Фізичний пуск реакторної установки.
9. Зміна запасу реактивності в процесі кампанії.
10. Робота енергоблоку АЕС з ВВЕР в маневреному режимі.
11. Реактор: призначення, склад і принцип роботи.
12. ГЦН: призначення, склад і принцип роботи.
13. ГЗЗ: призначення, склад і принцип роботи.
14. Парогенератор: призначення, склад і принцип роботи.
15. КТ: призначення, склад і принцип роботи.
16. ГЦТ: призначення і склад.
17. Пояснити класифікацію насосів.
18. Пояснити, що таке гідравлічний удар.
19. Основні відомості про насоси, які застосовуються в теплотехніці.
20. Намалювати схему насоса.
21. Описати принцип роботи насосів.
22. Пояснити, що таке "зрив" і "запарювання" насоса.
23. Описати конструкцію і принцип дії ежекторної установки.
24. Назвати призначення і описати принцип дії трансформаторів.
25. Пояснити принцип вимірювання температури, тиску, рівня та витрати.
26. Перерахувати види енергетичної арматури по функціональному призначенню.
27. Назвати призначення, описати конструкцію, принцип дії запірної, дросельно-регулюючої, захисно-запобіжної арматури.

28. Намалювати принципову теплову схему другого контуру АЕС.
29. Назвати призначення турбіни.
30. Пояснити принцип роботи турбіни.
31. Перерахувати типи насосного устаткування, яке застосовується в другому контурі АЕС.
32. Принцип роботи підшипників ковзання.
33. Режими нормальної експлуатації. Визначення. Перелік режимів.
34. Призначення і опис ІЗП ПГ.
35. Призначення і опис ШЗВК.
36. Призначення і опис ШРУ-А.
37. Призначення і опис ШРУ-К.
38. Призначення і опис ШРУ-ВП.

**Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

*Складено к.т.н., доцентом, Бібіком Тимофієм Вікторовичем*

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

**Погоджено:** Методичною комісією ТЕФ (протокол № 9 від 30. 06. 2022 р.)