

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

Кафедра _____ електричних станцій _____
(назва)

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Голова науково-методичної комісії _____
(назва комісії)

_____ **Олександр ЛАЗУРЕНКО** _____
(підпис) (ініціали та прізвище)
«__» _____ 20__ року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«Атомні електричні станції»

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти _____ **другий (магістерський), науковці** _____
перший (бакалаврський) / другий (магістерський)

галузь знань _____ **14 «Електрична інженерія»** _____
(шифр і назва)

спеціальність _____ **141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»** _____
(шифр і назва)

спеціалізація _____ **141-01 «Електричні станції»,** _____
141-05 «Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології» _____
(шифр і назва)

вид дисципліни _____ **професійна підготовка за спеціалізацією (вибіркова)** _____
(загальна підготовка / професійна підготовка)

форма навчання _____ **денна** _____
(денна / заочна)

Харків – 2021 рік

ЛИСТ ЗАТВЕРДЖЕННЯ

Робоча програма з навчальної дисципліни

«Атомні електричні станції»

(назва дисципліни)

Розробники:

доцент каф. електричних станцій, к.т.н., доц.

(посада, науковий ступінь та вчене звання)

Георгій МЕЛЬНИКОВ

(підпис)

(ініціали та прізвище)

(посада, науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

(ініціали та прізвище)

Робоча програма розглянута та затверджена на засіданні кафедри

електричних станцій

(назва кафедри)

Протокол від «___» _____ 20___ року № _____

Завідувач кафедри електричних станцій

(назва кафедри)

Олександр ЛАЗУРЕНКО.

(підпис)

(ініціали та прізвище)

ЛИСТ ПОГОДЖЕННЯ

Назва випускової кафедри _____ Електричні станції _____

Завідувач кафедри електричних станцій _____ Олександр ЛАЗУРЕНКО
(підпис) (ініціали та прізвище)

«_____» _____ 20__ р.

МЕТА, КОМПЕТЕНТНОСТІ, РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ ТА СТРУКТУРНО-ЛОГІЧНА СХЕМА ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Мета.

Формування знань про будову сучасних атомних електричних станцій з реакторами різних типів, їхніх технологічних схем, режимів роботи, власні потреби та аварійний захист. Ознайомлення з проектами реакторів четвертого покоління та їх особливостями, засобами для безпечної експлуатації.

Результати навчання.

Знати:

- фактори, що прямо чи опосередковано впливають на розвиток атомної енергетики;
- технологічні аспекти проектів реакторів четвертого покоління;
- методи вирішення вузьких місць роботи реакторів на уповільнених нейтронах.

Вміти:

- розробляти головну електричну схему АЕС з реакторами різного типу та різного покоління, схему власних потреб тощо;
- застосовувати математичні методи, моделі, програмні засоби для відтворення процесів на АЕС.

Компетентності

Шифр	Зміст
ЗК 2	Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел
ЗК 4.	Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
ЗК 6	Здатність приймати обґрунтовані рішення
ФК 1	Здатність застосовувати отримані теоретичні знання, наукові і технічні методи та відповідне програмне забезпечення для вирішення науково-технічних проблем та проводити наукові дослідження в галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.
ФК 3	Здатність застосовувати аналітичні методи, математичне моделювання та виконувати фізичні, математичні і обчислювальні експерименти для розв'язання інженерних завдань та при проведенні наукових досліджень.
ФК 8	Знання і розуміння сучасних технологічних процесів та систем технологічної підготовки виробництва, технічних характеристик, конструктивних особливостей, призначення і правил експлуатації електроенергетичного, електротехнічного і електромеханічного устаткування та обладнання
ФК 11.	Здатність використовувати отримані знання та уміння для проведення наукових досліджень відповідного рівня.
ФКс 14	Здатність вибрати методи і провести відповідні розрахунки для аналізу режимів роботи електричних систем і мереж та режимів в елементах схем і процесів в системах та мережах.

Результати навчання:

Шифр	Зміст
ПРН 1	Відтворити процеси в електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах при їх моделюванні на персональному комп'ютері.
ПРН 2	Аналізувати процеси в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні і відповідних комплексах і системах.
ПРН 7.	Опанувати нові версії або нове програмне забезпечення, призначене для комп'ютерного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах.

ПРН 11	Обирати напрям наукового дослідження та приймати в ньому участь з урахуванням сучасних проблем в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки
ПРНс 19	Знати принципи організації процесів управління виробництвом та розподілом електроенергії в електроенергетичних системах і системах електропостачання споживачів.

Структурно-логічна схема вивчення навчальної дисципліни

Попередні дисципліни:	Наступні дисципліни:
Електричні станції та підстанції	Дипломне проектування
Системи власних потреб електричних станцій	
Експлуатація і режими роботи електрообладнання електричних станцій	
Автоматизація електричних станцій	
Проблеми та перспективи розвитку електроенергетики та електромеханіки	
Надійність та діагностика	

ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

(розподіл навчального часу за семестрами та видами навчальних занять)

Семестр	Індивідуальні завдання студентів (Р, РГ, РЕ, КП, КР)	Семестровий контроль		Кількість кредитів ECTS	Кількість годин					
		Залік	Екзамен		Загальний обсяг	Аудиторних			Самостійна робота	
						Всього	у тому числі			
							Лекції	Лабораторні		Практичні
11		+		4	120	48	32	-	16	72

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до загального обсягу складає 40 %:

СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

№ з/п.	Види навчальних занять (Л, ЛЗ, ПЗ, СР)	Кількість годин	<p style="text-align: center;">Номер семестру (якщо дисципліна викладається у декількох семестрах). Назви змістових модулів. Найменування тем та питань кожного заняття. Завдання на самостійну роботу.</p>	Рекомендована література (базова, допоміжна)
1	2	3	4	5
			Змістовий модуль № 1 Атомні електричні станції з реакторами різних типів	
1	Л 1	2	Тема 1. План ОЕС України 2016-2027рр.. Стан атомної енергетики на Україні, в світі. Аналіз вузьких місць. Особливості ядерних енергетичних установок	
2	Л 2	4	Тема 2. Принципові технологічні схеми АЕС з різними типами реакторів. Аналіз фізичних процесів в ядерних реакторах. Матеріали, параметри компонентів реакторів. Порівняльний аналіз поглиначів, вповільнювачів нейтронів, теплоносіїв.	1,4
3	Л 3	2	Тема 3. Базовий режим роботи АЕС. Перехідні режими реактору. Системи регулювання потужності атомного блоку.	1,5 1 дп
4	П1	2	Моделювання перехідних процесів атомного блоку. Реактивність активної зони. Аксіальний офсет. Вирівнювання потужності по об'єму реактору.	6
5	Л 4	4	Тема 4. АЕС з серійними реакторами типу ВВЕР-440, ВВЕР-1000. Особливості першого контуру. Робота компенсаторів тиску. Система очистки теплоносія. САОЗ реактору ВВЕР-1000. Технологічна схема другого контуру.	1,4,5
6	Л 5	2	Тема 5. ГЦН-195М, ГЦН-310. Порівняльний аналіз насосів під час самозапуску їх двигунів. Горизонтальні чи вертикальні парогенератори мають майбутнє.	1,3
7	П 2	2	Вдосконалення схеми живлення споживачів власних потреб. Чотири канали безпеки. РДЕС та мобільні дизельні електростанції.	9, 10
8	П 3	2	Застосування теорії нечітких множин для вирішення задачі вирівнювання потужності реактору по висоті та по об'єму. На базі Toolbox Matlab.	
9	Л 7	2	Тема 6. Попереджувальний захист першого роду, другого роду. Аварійний захист. Автоматика регулювання середньої потужності блоку.	1дп
10	П 4	2	Аналіз аварій на різних АЕС світу, 1979р.Америка, 1986р. Україна, 2011 Японія.	
11	СР1	36	Самостійна робота	

1	2	3	4	5
			Змістовий модуль № 2 Проекти реакторів четвертого покоління	
12	Л 8	2	Тема 7. Схеми постійного струму на АЕС. АБП-1500. Впровадження нових типів акумуляторних батарей на АЕС.	6,7
13	Л 6	2	Тема 8. Паливо для реакторів нового покоління. МОХ паливо. Тепловиділяючі збірки. Тепловиділяючі елементи.	2
14	Л 9	4	Тема 9. АЕС з реакторами типу БН. Повна технологічна схема АЕС з БН. Особливості схеми з БН-350, БН-600, БН-800.	8
15	П 5	2	Білоярська АЕС. Побудова схеми власних потреб блоку з БН-800.	1дп
16	Л 10	2	Тема 10. Реактори типу CANDU. Аналіз важководного теплоносія. Паливо, що можна не збагачувати.	2
17	П 6	2	Розрахунок реактивності, запасу реактивності, концентрації борної кислоти в перехідних процесах реакторів.	1
18	Л 11	4	Тема 11. Реактори ВВЕР-СКД. Особливості використання зверхкритичних параметрів теплоносія. Реактори зі змішаним спектром нейтронів.	2
19	Л 12	2	Тема 12. Реактори на жикосолевих розчинах , реактори ЖСР. Гомогени реактори.	2
20	П 7	2	АЕС, що плавають. АЕС, які розташовуються під ґрунтом.	2
21	П 8	2	Безпека АЕС. Норми радіаційної безпеки. Вимоги до безпеки АЕС. Засоби та системи забезпечення безпеки на АЕС.	1,4,6
22	СР2	36	Самостійна робота	
	Разом (годин)	120		

Примітки

1. Номер семестру вказують, якщо дисципліна викладається у декількох семестрах.
2. У показнику «Разом (годин)» кількість годин буде відрізнятися від загальної кількості аудиторних годин на кількість годин, що відведена на вивчення тем та питань, які вивчаються студентом самостійно (п. 3 додатку 8).
3. У графі 5 вказується номер відповідно до Додатку 14.

САМОСТІЙНА РОБОТА

N з/п	Назва видів самостійної роботи	Кількість годин
1	Опрацювання лекційного матеріалу	32
2	Самостійне вивчення тем та питань, які не викладаються на лекційних заняттях	32
3	Інші види самостійної роботи (підготовка до тестування)	8
	Разом	72

МЕТОДИ НАВЧАННЯ

Використовуються репродуктивні методи навчання з опорою на поетапне формування розумових дій з елементами активних методів навчання.

Основна рекомендація зводиться до забезпечення рівномірної активної роботи студентів над курсом протягом навчального року. Вони повинні проробляти матеріал прослуханих лекцій, активно використовувати програмні пакети.

Під час вивчення курсу студентам передбачено виконання наступних видів робіт:

- аналіз теоретичного матеріалу;
- проробка лекційного матеріалу;
- підготовка до семестрового контролю.

Самостійна робота студента включає вивчення лекційного матеріалу, підготовку до семестрового контролю, вивчення додаткового матеріалу.

МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

Підсумковий контроль – іспит.

Поточний контроль.

Усі лекції дисципліни завершуються питаннями для повторення, на які слід відповісти. Контроль здійснюється під час опитування на лекціях, поточного контролю змістовних модулів. При оцінці враховується знання теоретичного матеріалу, глибина вивчення рекомендованої літератури, повнота відповідей на контрольні запитання.

Критерії оцінки якості знань студентів:

Відмінно оцінюють студента, який глибоко та надійно засвоїв програмний матеріал, вичерпне, послідовно, грамотне та логічне злагоджено його виклав, у відповіді пов'язав теорію з практикою, показав знайомство з монографічною літературою, програмним забезпеченням (кількість отриманих балів 90-100).

Добре оцінюють студента, який твердо знає програмний матеріал, грамотне та по суті його викладає, не припускає суттєві неточності у відповіді на запитання, правильно застосовує теоретичні положення при вирішенні практичних питань і задач: В (кількість отриманих балів 82-89), С (кількість отриманих балів 75-81).

Задовільно оцінюють студента, який знає тільки основний матеріал, но не засвоїв його деталей, у відповіді припускає неточності, недостатньо правильно формулює основні закони і правила: D (кількість отриманих балів 64-74), E (кількість отриманих балів 60-63).

Незадовільно оцінюють студента, який не знає значної частини програмного матеріалу, припускає суттєві помилки FX (кількість отриманих балів 35-59), незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни F (кількість отриманих балів 0-34).

Перелік запитань для підготовки до іспиту:

- Принципові технологічні схеми АЕС з різними типами реакторів.
- Аналіз фізичних процесів в ядерних реакторах.
- Матеріали, параметри компонентів реакторів.
- Порівняльний аналіз поглиначів, вповільнювачів нейтронів, теплоносіїв.
- Вдосконалення схеми живлення споживачів власних потреб.
- Чотири канали безпеки. РДЕС та мобільні дизельні електростанції.
- Базовий режим роботи АЕС. Перехідні режими реактору.
- Системи регулювання потужності атомного блоку.
- Перехідні процеси атомного блоку.
- Реактивність активної зони. Аксіальний офсет. Вирівнювання потужності по об'єму реактору.
- АЕС з серійними реакторами типу ВВЕР-440, ВВЕР-1000.
- Особливості першого контуру.
- Робота компенсаторів тиску.
- Система очистки теплоносія.

- САОЗ реактору ВВЕР-1000.
- Технологічна схема другого контуру.
- Паливо для реакторів нового покоління. МОХ паливо.
- Тепловиділяючі збірки. Тепловиділяючі елементи.
- ГЦН-195М, ГЦН-310. Порівняльний аналіз насосів під час самозапуску їх двигунів.
- Горизонтальні чи вертикальні парогенератори мають майбутнє.
- Схеми постійного струму на АЕС. АБП-1500.
- Впровадження нових типів акумуляторних батарей на АЕС.
- Традиційні та сучасні компенсуючі пристрої реактивної потужності та їх застосування для підвищення якості електроенергії.
- Попереджувальний захист першого роду, другого роду. Аварійний захист.
- Автоматика регулювання середньої потужності блоку
- АЕС з реакторами типу БН. Повна технологічна схема АЕС з БН.
- Особливості схеми з БН-350, БН-600, БН-800.
- Реактори типу CANDU. Аналіз важководного теплоносія. Паливо, яке можливо не збагачувати
- Визначення реактивності, запасу реактивності, концентрації борної кислоти в перехідних процесах реакторів
- Реактори ВВЕР-СКД. Особливості використання зверхкритичних параметрів теплоносія.
- Реактори зі змішаним спектром нейтронів.
- Безпека АЕС. Норми радіаційної безпеки.
- Вимоги до безпеки АЕС. Засоби та системи забезпечення безпеки на АЕС.
- Реактори на рідкосільових розчинах, реактори ЖСР. Гомогенні реактори.
- Аналіз схеми власних потреб блоку з БН-800 на прикладі Білоруської АЕС
- Побудова амплитудночастотних та фазочастотних характеристик електричних мереж.
- Зменшення коливань напруги та втрат електроенергії в електроенергетичних мережах.
- Коефіцієнт потужності в електричних мережах з спотворюючими навантаженнями.
- Вплив несиметрії та несинусоїдальності на коефіцієнт потужності.
- Зменшення коливань напруги за допомогою активних фільтрів та швидкодіючих компенсаторів реактивної потужності.
- Статичний компенсатор Statcom на основі мостового перетворювача та його моделювання в системах електропостачання.
- Вдосконалення схеми живлення споживачів власних потреб.
- Чотири канали безпеки. РДЕС та мобільні дизельні електростанції.
- Базовий режим роботи АЕС. Перехідні режими реактору.
- Системи регулювання потужності атомного блоку.
- Перехідні процеси атомного блоку.

РОЗПОДІЛ БАЛІВ, ЯКІ ОТРИМУЮТЬ СТУДЕНТИ

Поточне тестування та самостійна робота											Підсумковий тест (залік)	Сума	
Змістовий модуль 1						Змістовий модуль 2						40	100
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12		
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проєкту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
82 – 89	B	добре	
75 – 81	C		
64 – 74	D	задовільно	
60 – 63	E		
35 – 59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0 – 34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

1. Артюх С.Ф., Данилова Е.А Учебно-методическое пособие по курсу «Электрические станции и подстанции» «Собственные нужды тепловых электростанций», Харків: НТУ «ХПИ», 2014. – 93 с.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

№ з/п	Найменування навчальної літератури	№ змістового модуля	Рік видання	Автори
Базова				
1	Нигматулин И.Н. , Нигматулин Б.И. Ядерные энергетические установки: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1986.- 168 с.	1-2	1986	Нигматулин И.Н. , Нигматулин Б.И.
2	Справочник по ядерной энерготехнологии: пер. с англ. Под ред. В. А. Легасова. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 752 с.	1-2	1989	Под ред. В. А. Легасова
3	Воронин Л.М. Особенности эксплуатации и ремонта АЭС. – М.: Энергоиздат, 1981 – 168 с..	1	1981	Воронин Л.М.
4	Маргулова Т.Х. Атомная энергетика и её будущее. - М.: «Энергия», 1977	1-2	1977	Маргулова Т.Х.
5	Воронин Л.М. Атомные электрические станции. – М.: Энергоатомиздат, 1989, - 329 с.	1	1989	Воронин Л.М.
6	Фельдман М.Л. Особенности электрической части атомных электростанций : підручник / М.Л. Фельдман, А.К. Черновец. – Л. : Энергоатомиздат, 1983. – 172 с.	1-2	1983	Фельдман М.Л.
7	Гук Ю.Б. Устройство, проектирование и эксплуатация схем электрос-набжения собственных нужд АЭС / Ю.Б. Гук. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 296с.	2	1991	Гук Ю.Б.
8	Бильтюков А.И. Атомные электростанции с реакторами на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем: учеб. пособие / А.И. Бильтюков, А. И. Карпенко, С. А. Полуяктов, О. Л. Ташлыков, Г. П. Титов, А. М. Тучков, С. Е. Щеклеин. – Екатеринбург: УрФУ, 2013. – 548 с.	2	2013	Бильтюков А.И.
9	Неклепаев Б. Н., Балаков Ю. Н. Особенности электрической части АЭС / Б.Н. Неклепаев, Ю.Н. Балаков. – М.: Моск. энерг. ин-т, 1984. – 48 с.	1	1984	Неклепаев Б. Н., Балаков Ю. Н.
10	Правила технологического проектирования атомных станций (с реакторами ВВЭР): РД 210.006-90. – [Чинний від 08.04.1990]. – Офіц. вид. – М.: Атомэнергопроект, 1990. – 207с.	1	1990	РД 210.006-90.
Допоміжна				
1	Ястребенецкий М.А., Розен Ю.В., Виноградская С.В. Системы управления и защиты ядерны реакторов. –К.: Основа –Принт, 2011-768 с.	1-2	2011	Ястребенецкий М.А., Розен Ю.В., Виноградская С.В.

ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ

1. <https://rosatom.ru/production/generation/>
2. <https://iknet.com.ua/ru/articles/news/nuclear-power-plants/>
3. https://unece.org/sites/default/files/2021-08/Nuclear%20power%20brief_RU_0.pdf
4. <https://www.atom.gov.ua/ru/>
5. <https://www.mathworks.com/help/index.html>