

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Фізичний факультет  
(назва факультету,)

Кафедра ядерної фізики та високих енергій



**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**  
**Застосування розрахункових кодів для аналізу безпеки**  
**реакторів PWR Ч.1**

(повна назва навчальної дисципліни)

для студентів

**10 Природничі науки**

(шифр і назва)

**104 – “Фізика та астрономія”**

(шифр і назва спеціальності)

**магістр**

(молодший бакалавр, бакалавр, магістр)

**Ядерна енергетика**

(назва освітньої програми)

**обов'язкова**

галузь знань

спеціальність

освітній рівень

освітня програма

вид дисципліни

Форма навчання

денна

Навчальний рік

2022/2023

Семестр

1

Кількість кредитів ECTS

6

Мова викладання, навчання  
та оцінювання

українська

Форма заключного контролю

іспит

Викладачі: к. ф.-м. н., доцент кафедри механіки суцільних середовищ О.М. Харитонов.  
(Науково-педагогічні працівники, які забезпечують викладання даної дисципліни у відповідному навчальному році)

Пролонговано: на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» \_\_\_\_ 20\_\_ р.  
(підпис, ПІБ, дата)

на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» \_\_\_\_ 20\_\_ р.  
(підпис, ПІБ, дата)

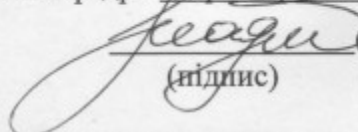
на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» \_\_\_\_ 20\_\_ р.  
(підпис, ПІБ, дата)

КИЇВ – 2022

Розробник: *О.М. Харитонов*, к. ф.-м. н, доцент кафедри механіки суцільних середовищ

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри ~~ядерної фізики та високих енергій~~

 Ігор Каденко  
(підпис) (прізвище та ініціали)


Протокол № 14 від «03» червня 2022 р.

Схвалено науково - методичною комісією фізичного факультету

---

Протокол від «10» червня 2022 року №11

Голова науково-методичної комісії

()  
(підпис)

Олег Оліх

(прізвище та ініціали)

«    »                      20     року

## **ВСТУП**

**1. Мета дисципліни** – Метою викладання навчальної дисципліни “Застосування розрахункових кодів для аналізу безпеки реакторів PWR ч.1” є надання студентам:

- знань з теплогідравліки двофазних потоків, характеристик аварійних перехідних процесів в ядерних енергетичних установках, комп’ютерного моделювання теплогідравлічних систем, виконання теплогідравлічних розрахунків засобами сучасних кодів, що застосовуються в аналізах безпеки;
- формування навичок проведення комп’ютерного моделювання теплогідравлічних систем, виконання теплогідравлічних розрахунків перехідних аварійних процесів в АЕС з реакторами PWR, аналізу отриманих результатів;
- способів аналізу результатів розрахунків і використання їх з метою аналізу безпеки експлуатації АЕС.

### **2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:**

- Успішне опанування основних курсів фізики: «Механіка», «Молекулярна фізика», «Електрика», «Оптика», «Математична фізика», спеціальних курсів «Основи теплогідравліки реакторних установок» та «Міцність обладнання АЕС».
- Вміти розв’язувати задачі з основних курсів фізики.
- Знати склад, призначення та характеристики основних систем ЯЕУ.
- Володіти елементарними навичками роботи на комп’ютері по пошуку інформації в мережі Інтернет.

### **3. Анотація навчальної дисципліни:**

Навчальна дисципліна "Застосування розрахункових кодів для аналізу безпеки реакторів PWR ч.1 " є складовою циклу професійної підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня „магістр”, є базовою для вивчення дисциплін «Основи фізики реакторів» та інших, є необхідною для виконання кваліфікаційних магістерських робіт за Освітньою програмою "Ядерна енергетика".

Курс дозволяє підсилити професійну підготовку студентів кафедри ядерної фізики, які навчаються за освітньою програмою „Ядерна енергетика”, оскільки на АЕС України, та в організаціях, які здійснюють науково-технічну підтримку АЕС, існує попит на фахівців в області оцінки стану обладнання, визначення та продовження його ресурсу, здатних виконувати розрахунки, аналізувати їх результати, проводити комплексні експертизи великих проектів.

В курсі приділяється увага способам моделювання систем АЕС та виконання розрахунків тепло гідравлічних параметрів АЕС за допомогою спеціалізованих програмних кодів RELAP та CATHARE.

### **4. Завдання (навчальні цілі)**

Студент повинен знати: алгоритми чисельного розв’язання крайових задач теплогідравліки двофазних потоків, структуру та особливості моделей теплогідравлічних елементів коду CATHARE (RELAP), в тому числі – спеціальних

елементів, основні етапи побудови та обробки файлів вхідних даних для коду CATHARE (RELAP), основні етапи проведення обчислень та обробки їх результатів у коді CATHARE (RELAP), способи моделювання і розрахунку основних систем першого контуру ядерних енергетичних установок з реакторами PWR.

Студент повинен вміти: ставити крайову задачу тепломасообміну у двофазних потоках, зокрема, задачу для розрахунку параметрів обладнання та трубопроводів ядерних енергетичних установок, обирати адекватні підходи для побудови моделі теплогідравлічної системи засобами комп'ютерного моделювання, будувати комп'ютерну модель теплогідравлічної системи засобами коду CATHARE (RELAP), проводити розрахунки перехідних процесів в системах першого контуру ядерних енергетичних установок з реакторами PWR за допомогою коду CATHARE (RELAP) та проводити аналіз результатів розрахунків.

Згідно вимог Стандарту вищої освіти України (другий (магістерський) рівень вищої освіти, галузь знань 10 «Природничі науки», спеціальність 104 «Фізика та астрономія», ОНП «Ядерна енергетика» дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних компетентностей:

#### Інтегральних:

Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми дослідницького та інноваційного характеру у фізиці та астрономії.

#### Загальних:

**ЗК02.** Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

**ЗК04.** Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

#### Фахові:

**СК03.** Здатність презентувати результати проведених досліджень, а також сучасні концепції фізики та астрономії фахівцям і нефахівцям.

**СК09.** Здатність ефективно використовувати на практиці сучасні теорії та методи управління наукою та ділового адміністрування.

### **5. Результати навчання за дисципліною:**

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація*; 4. автономність та відповідальність*)		Методи викладання і навчання	Методи оцінювання	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
1.1	Знати моделі теплогідравліки у двофазних потоках алгоритми чисельного розв'язання крайових задач теплогідравліки двофазних потоків, структуру та особливості моделей теплогідравлічних елементів спеціалізованих кодів	Лекція	Колоквіум, тест	50
2.1	Вміти проводити розрахунки теплогідравлічних систем засобами коду cathare та виконувати аналіз їх результатів .	лекції, самостійна робота, лабораторні роботи	Контрольна робота, тест	50

**6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання**  
*(необов'язково для вибіркових дисциплін)*

Результати навчання дисципліни	1.1	2.1
<b>Програмні результати навчання</b>		
Знання алгоритмів чисельного розв'язання крайових задач теплогідравліки двофазних потоків	+	
Вміння проводити моделювання тепло гідравлічних систем та проводити розрахунки засобами спеціалізованих кодів		+
Вміння проводити аналіз результатів розрахунків та використовувати їх з метою оцінки безпеки.	+	+

## 8. Схема формування оцінки:

8.1 **Форми оцінювання студентів:** (зазначається перелік видів робіт та форм їх контролю / оцінювання із зазначенням Min. – рубіжної та Max. кількості балів чи відсотків)

- семестрове оцінювання:

### Змістовий модуль 1

1. Усна відповідь за завданням самостійної роботи або відповідь на запитання протягом лекції (максимум – 4 бали).

2. Виконання лабораторних робіт (максимум – 16 балів)

3. Модульна контрольна робота – максимум 10 балів

### Змістовий модуль 2

1. Усна відповідь за завданням самостійної роботи або відповідь на запитання протягом лекції (максимум – 4 бали).

2. Виконання лабораторних робіт (максимум – 16 балів)

3. Колоквіум – максимум 10 балів

- Підсумкове оцінювання у формі іспиту (підсумкова кількість балів з дисципліни (максимум 100 балів), яка визначається як сума (проста або зважена) балів за систематичну роботу впродовж семестру..

	Семестрова кількість балів	Іспит	Підсумкова оцінка
Мінімум	40	20	60
Максимум	60	40	100

## 8.2 Організація оцінювання:

### Шкала відповідності

## 8. Схема формування оцінки:

8.3 **Форми оцінювання студентів:** (зазначається перелік видів робіт та форм їх контролю / оцінювання із зазначенням Min. – рубіжної та Max. кількості балів чи відсотків)

- семестрове оцінювання:

### Змістовий модуль 1

1. Усна відповідь за завданням самостійної роботи або відповідь на запитання протягом лекції (максимум – 4 бали).

2. Виконання лабораторних робіт (максимум – 16 балів)

3. Модульна контрольна робота – максимум 10 балів

### Змістовий модуль 2

1. Усна відповідь за завданням самостійної роботи або відповідь на запитання протягом лекції (максимум – 4 бали).

2. Виконання лабораторних робіт (максимум – 16 балів)

3. Колоквіум – максимум 10 балів

- Підсумкове оцінювання у формі іспиту (підсумкова кількість балів з дисципліни (максимум 100 балів), яка визначається як сума (проста або зважена) балів за систематичну роботу впродовж семестру..

	Семестрова кількість балів	Іспит	Підсумкова оцінка
Мінімум	40	20	60
Максимум	60	40	100

**8.4 Організація оцінювання:**

*Шкала відповідності*

<b>Зараховано</b>	<b>60-100</b>
<b>Не зараховано</b>	<b>0-59</b>

# СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

## ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ

№ теми	Назва теми	Кількість годин			
		Лекції	Практичні заняття	Самостійна робота	Інші форми контролю
Змістовий модуль 1 „ Моделі теплогідравліки у двофазних потоках ”					
1	Задачі теплогідравлічних розрахунків в аналізах безпеки АЕС з реакторами PWR.	6	6	30	
2	Рівняння теплогідравліки двофазних потоків	6	6	30	
3	Теплогідравлічні моделі комп'ютерних кодів RELAP5 та CATHARE.	6	6		
Змістовий модуль 2 „ Розрахунок теплогідравлічних систем засобами коду cathare. ”					
4	Моделювання теплогідравлічних систем засобами коду CATHARE	6	6	30	
5	Розрахунок теплогідравлічних систем засобами коду CATHARE	6	6	30	
Всього годин за семестр		30	30	120	

**Загальний обсяг 180 год., в тому числі:**

Лекцій – 30 год.

Семінари – 0 год.

Практичні заняття – 30 год.

Лабораторні заняття - 0 год.

Тренінги - 0 год.

Консультації – 0 год.

Самостійна робота - 120 год.

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

### а) основна:

1. Каденко І.М., Харитонов О.М., Єрмоленко Р.В. Основи теплогідрравліки реакторних установок: навч. посібник. – К.: ВПЦ «Київський університет», 2010.-359с.
2. Unified Procedure for Lifetime Assessment of Components and Piping in VVER NPPs “VERLIFE”, Version 5 – Final, EC 5<sup>th</sup> Euratom Framework Programme 1998-2002.
3. IAEA-EBP-WWER-08 Guidelines on Pressurized Thermal Shock Analysis for WWER Nuclear Power Plants // IAEA, Vienna. - 2006.



4. Теория тепломассообмена: Учебник для вузов/ С.И. Исаев, И.А. Кожин, В.И. Кофанов и др.; под ред. А.И. Леонтьева.-М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1997.-683с.
5. CATHARE 2 v2.5\_2 mod 8.1: Dictionary of Directives and Operators. DEN/DANS/DM2S/STMF/LMES/RT/11-004/A, 2011, 681p.
6. RELAP5-3D Code Manual. Volume I. Code Structure, System Models and Solution Methods. INEEL-EXT-98-00834 Revision 1.3a February 2001, 540p.

**б) додаткова:**

7. Петухов Б.С., Генин Л.Т., Ковалев С.А. Теплообмен в ядерных энергетических установках. - М.:Энергоатомиздат,1986.-472с.
8. Беляев Н.М. Основы теплопередачи. – К.:Вища школа, 1989.-343с.
9. Кузнецов Ю.Н. Теплообмен в проблеме безопасности ядерных реакторов. - М.:Энергоатомиздат,1989.-296с.
- 10.Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. - М.:Наука,1973.-848с.
- 11.Уоллис Г. Одномерные двухфазные течения. - М.:Мир,1972.-440с.
12. Андерсон Д., Таннехилл Дж., Плетчер Р. Вычислительная гидромеханика и теплообмен. – М.: Мир, 1990.-Т.1,2.