

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Фізичний факультет  
(назва факультету, інституту)

Кафедра ядерної фізики та високих енергій



**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**  
**Застосування розрахункових кодів для аналізу безпеки**  
**реакторів PWR Ч.2**

(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

2

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)

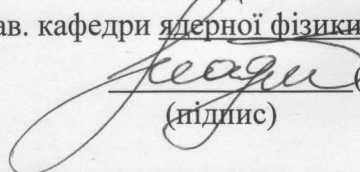
на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» \_\_\_\_ 20\_\_ р.  
(підпис, ПІБ, дата)

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)

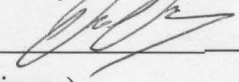
Протокол № 14 від «03» червня 2022 р.

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 дисципліни «Застосування розрахункових кодів для аналізу безпеки реакторів PWR ч.2» є надання студентам:

- базових знань з методів комп'ютерного моделювання та розрахунків в задачах аналізу безпеки АЕС з реакторами PWR
- навичок розв'язання задач теплогідравлічного розрахунку обладнання та трубопроводів ядерних енергетичних установок на основі рівнянь тепломасообміну у двофазних потоках;
- 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», спеціального 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.2 " 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 спеціалізацією "ядерна енергетика".

Курс дозволяє підсилити професійну підготовку студентів кафедри ядерної фізики, спеціалізації „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.

Фахові:

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

**СК10.** Здатність проводити аналіз надійності та результатів неруйнівного контролю обладнання АЕС

**СК11.** Розробляти математичні моделі, програмні засоби, що використовуються у сучасних комп'ютерних програмах теплогідравлічного розрахунку ядерних енергетичних установок - RELAP 5 та CATHARE

**5. Результати навчання за дисципліною:**

<i>Результат навчання</i> (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація*; 4. автономність та відповідальність*)		<i>Методи викладання і навчання</i>	<i>Методи оцінювання</i>	<i>Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни</i>
Код	Результат навчання			
1.1	Знати 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 у спеціалізованих кодах 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 вибіркокових дисциплін)**

Результати навчання дисципліни	1.1	2.1
<b>Програмні результати навчання</b>		
<b>РН01.</b> Використовувати концептуальні та спеціалізовані знання і розуміння актуальних проблем і досягнень обраних напрямів сучасної теоретичної і експериментальної фізики та/або астрономії для розв'язання складних задач і практичних проблем.	+	
<b>РН02.</b> Проводити експериментальні та теоретичні		+

\*

\*

дослідження з фізики та астрономії, аналізувати отримані результати в контексті існуючих теорій, робити аргументовані висновки (включаючи оцінювання ступеня невизначеності) та пропозиції щодо подальших досліджень.		
<b>РН03.</b> Застосовувати сучасні теорії наукового менеджменту та ділового адміністрування для організації наукових та прикладних досліджень в області фізики та астрономії	+	+
<b>РН04.</b> Вибирати та використовувати відповідні методи обробки та аналізу даних в фізичних та астрономічних дослідженнях і оцінювання їх достовірності.	+	+
<b>РН10.</b> Відшуковувати інформацію і дані, необхідні для розв'язання складних задач фізики та астрономії, використовуючи різні джерела, наукові видання, наукові бази даних тощо, оцінювати та критично аналізувати отримані інформацію та дані.	+	+
<b>РН12..</b> Розробляти та застосовувати ефективні алгоритми та спеціалізоване програмне забезпечення для дослідження моделей фізичних та астрономічних об'єктів і процесів, обробки результатів експериментів і спостережень.	+	+
<b>РН16.</b> Брати продуктивну участь у виконанні експериментальних та/або теоретичних досліджень в області фізики та астрономії.	+	+
<b>РН18.</b> Володіти основами фізики реакторів, ядерної безпеки АЕС, експлуатації ядерних енергоблоків	+	+

## 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

Зараховано	60-100
Не зараховано	0-59

# СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

## ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ

№ теми	Назва теми 2 семестр	Кількість годин			
		Лекції	Практичні заняття	Самостійна робота	Інші форми контролю
Змістовий модуль 1 „ Розрахунок теплогідравлічних систем першого контуру ЯЕУ з PWR засобами коду CATHARE ”					
1	Моделювання резервуарів та трубопроводів	7	7	30	
2	Моделювання процесів всередині корпусу реактора	7	7	30	
Змістовий модуль 2 „ Розрахунок теплогідравлічних систем першого контуру ЯЕУ з PWR засобами коду RELAP ”					
3	Моделювання та розрахунок явища кризи теплообміну	8	7	30	
4	Розрахунок граничних умов та оцінювання стану елементів обладнання за критерієм опору крихкому руйнуванню	8	9	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 теплогідравліки 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. 20021DL11R-DBA. База данных по ядерной паропроизводящей установке. Запорожская АЭС. Энергоблок №5., 2002.



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. DER/SSTH/LDAS/EM/2005-034 CATHARE2 V2.5\_1 : User Guidelines, 2006 – 187p.

**б) додаткова:**

7. Петухов Б.С., Генин Л.Т., Ковалев С.А. Теплообмен в ядерных энергетических установках. - М.:Энергоатомиздат,1986.-472с.
8. Кузнецов Ю.Н. Теплообмен в проблеме безопасности ядерных реакторов. - М.:Энергоатомиздат,1989.-296с.
9. Уоллис Г. Одномерные двухфазные течения. - М.:Мир,1972.-440с.
10. Андерсон Д., Таннехилл Дж., Плетчер Р. Вычислительная гидромеханика и теплообмен. – М.: Мир, 1990.-Т.1,2.