

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

*Затверджую*

Голова Приймальної комісії  
Ректор



**ПРОГРАМА**  
**комплексного фахового вступного випробування**  
**на здобуття освітнього ступеня магістра**  
за освітньою програмою  
«Атомні електричні станції»

*за спеціальністю 143 Атомна енергетика*

Програму ухвалено:

Вченою Радою Навчально-наукового інституту  
атомної та теплової енергетики

Протокол № 11 від «10» «квітня» 2023 р.

Голова Вченої Ради

Євген ПИСЬМЕННИЙ

## ВСТУП

Мета вступного випробування – визначення рівня набутих теоретичних та практичних знань, їх використання при дослідженні та вирішенні конкретних наукових, науково-технічних задач, а також визначення ступеню підготовки вступників до самостійної роботи в умовах сучасного навчального процесу.

Вступне випробування проводиться у вигляді комплексного іспиту з фахових дисциплін «Нестаціонарні процеси і управління ядерними реакторами» «Теорія ядерних реакторів», «Теорія теплообміну», «Теплообмін при фазових перетвореннях і випромінюванні». Вступники повинні продемонструвати і підтвердити відповідний рівень теоретичних та практичних знань, отриманих при вивченні даних дисциплін.

Комплексне фахове випробування проводиться письмово його тривалість складає дві астрономічні години (120 хвилин) без перерви. Білет містить три завдання, які обираються вступником за сліпим жеребом, і включає по одному питанню з трьох будь-яких дисциплін програми комплексного фахового випробування. Теоретичне питання відповідно до програми вступних випробувань передбачає змістовне і обґрунтоване розкриття поставленого завдання. Виконання практичного завдання має складатися з постановочної частини задачі, яка в разі необхідності супроводжується пояснювальними рисунками, запису основних розрахункових співвідношень, виконання чисельного рішення і обґрунтованого аналізу отриманих результатів.

## ОСНОВНИЙ ВИКЛАД НАВЧАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ

У даному розділі наведені лише ті теми з відповідних навчальних програм, які стосуються виконання завдань вступних випробувань.

### **1. НЕСТАЦІОНАРНІ ПРОЦЕСИ І УПРАВЛІННЯ ЯДЕРНИМИ РЕАКТОРАМИ**

#### **Розділ 1. Класифікація ядерних реакторів.**

Тема 1.1. Поділ ядер та характеристики ізотопів, що діляться.

Тема 1.2. Залишкове енерговиділення.

Тема 1.3. Основні елементи ядерного реактора.

Тема 1.4. Коефіцієнт розмноження реактора.

#### **Розділ 2. Кінетика реактора**

Тема 2.1. Кінетика «холодного» реактора без урахування нейтронів, що спізнюються. Нейтрони, що спізнюються, їх характеристики.

Тема 2.2. Елементарне рівняння кінетики реактора. Період реактора. Реактивність.

Тема 2.3. Кінетика реакторів з урахуванням шести груп нейтронів, що спізнуються. Формула обернених годин. Період, що встановився, при малих та великих реактивностях.

Тема 2.4. Аналіз перехідних процесів. Зміна щільності потоку нейтронів підкритичного реактора.

Тема 2.5. Пуск ядерного реактора.

### **Розділ 3. Органи регулювання**

Тема 3.1. Методи вимірювання реактивності. Визначення ефективності поглинаючих стержнів в одно групових наближенні.

Тема 3.2. Визначення ефективності поглинаючого стержня в двохгруповому наближенні.

Тема 3.3. Визначення ефективності поглинаючого стержня по теорії збурень. Інтерференція стержнів.

Тема 3.4. Зміна ефективності стержня від глибини занурення.

Тема 3.5. Ефективність решітки поглинаючих стержнів. Зміна ефективності стержня від глибини його занурення.

Тема 3.6. Ефективність решітки поглинаючих стержнів. Ефективність стержня типу нейтронної пастки. Борне регулювання.

### **Розділ 4. Зміна складу палива**

Тема 4.1. Вигорання ядерного палива. Зміна ізотопного складу палива в U-Pu циклі.

Тема 4.2. Глибина вигорання палива. Шлакування реактора.

Тема 4.3. Отруєння реактора  $^{135}\text{Xe}$ . Нестационарне отруєння ксеноном при зміні потужності.

Тема 4.4. Стационарне та граничне отруєння реактора ксеноном.

Тема 4.5. Йодна яма. Ксенонові коливання.

Тема 4.6. Отруєння реактора  $^{149}\text{Sm}$ . Нестационарне отруєння самарієм при зміні потужності.

### **Розділ 5. Ефекти і коефіцієнти реактивності і зміна їх при роботі реактора**

Тема 5.1. Температурний ефект і температурний коефіцієнт реактивності.

Тема 5.2. Крива температурного ефекту реактора.

Тема 5.3. Аналіз впливу окремих факторів на температурний коефіцієнт реактивності.

Тема 5.4. Ядерний і щільнісний температурні ефекти реактивності.

Тема 5.5. Вплив витоку нейтронів на температурний коефіцієнт реактивності.

Тема 5.6. Потужнісний ефект реактивності.

### **Розділ 6. Перезавантаження ядерного палива**

Тема 6.1. Способи перезавантаження ядерного палива.

Тема 6.2. Режим з безперервним перевантаженням і безперервним перемішуванням палива по всьому об'єму реактора.

Тема 6.3. Режим з перемішуванням палива по радіусу без перемішування по висоті.

Тема 6.4. Режим з безперервним рухом палива від осі активної зони до периферії в циліндричному реакторі нескінченної довжини / від периферії до осі реактора.

Тема 6.5. Періодичне перевантаження ядерного палива.

### **Розділ 7. Стійкість реактора**

Тема 7.1. Стійкість реактора. Загальні уявлення про стійкість реактора.

Тема 7.2. Аналіз стійкості динамічної системи, що описується системою диференціальних рівнянь першого порядку.

Тема 7.3. Необхідні і достатні умови стійкості.

Тема 7.4. Реактор без зворотних зв'язків, зі зворотним зв'язком по потужності, з кількома зворотними зв'язками з різними знаками.

## **2. ТЕОРІЯ ЯДЕРНИХ РЕАКТОРІВ.**

### **Розділ 1. Фізичні основи ядерних реакторів.**

Тема 1.1 Загальні відомості про будову ядра.

Тема 1.2 Взаємодія нейтронів з ядрами.

Тема 1.3 Ефективний коефіцієнт нейтронів.

### **Розділ 2. Дифузія нейтронів.**

Тема 2.1 Закон Фіка.

Тема 2.2 Рівняння переносу нейтронів.

Тема 2.3 Інтегральне рівняння переносу нейтронів.

### **Розділ 3. Уповільнення нейтронів.**

Тема 3.1 Уповільнення нейтронів.

Тема 3.2 Характеристики уповільнювача.

Тема 3.3 Уповільнення нейтронів в середовищі за відсутності поглинання.

Тема 3.4 Уповільнення нейтронів в середовищі за наявності поглинання.

### **Розділ 4. Вікова теорія.**

Тема 4.1. Вікова теорія.

### **Розділ 5. Кінетична теорія нейтронів.**

Тема 5.1. Кінетичне рівняння переносу нейтронів.

Тема 5.2. Спряжені рівняння реактора.

Тема 5.3. Методи розв'язку кінетичних рівнянь реактора.

### **Розділ 6. Критичні розміри реактора.**

Тема 6.1. Теорія критичних розмірів реактора.

Тема 6.2. Визначення критичних розмірів реактора без відбивача.

Тема 6.3. Критичні розміри реактора з відбивачем.

## **Розділ 7. Гетерогенні реактори.**

Тема 7.1. Загальні положення теорії гетерогенних реакторів.

Тема 7.2. Визначення коефіцієнтів формули чотирьох співмножників.

## **Розділ 8. Реактори на швидких нейтронах.**

Тема 8.1. Реактори на швидких нейтронах.

# **3. ТЕОРІЯ ТЕПЛООБМІНУ.**

## **РОЗДІЛ 1. Теплопровідність.**

Тема 1.1. Теплопровідність та теплопередача при стаціонарному тепловому режимі.

Тема 1.2. Конструктивні способи зміни інтенсивності теплопередачі.

Тема 1.3. Теплопровідність при нестационарному тепловому режимі.

## **РОЗДІЛ 2. Конвекційний теплообмін.**

Тема 2.1. Фізичні основи процесу теплопередачі.

Тема 2.2. Основи теорії подібності фізичних явищ.

Тема 2.3. Основи теорії пограничного шару.

Тема 2.4. Тепловіддача при зовнішньому обтіканні тіл.

Тема 2.5. Тепловіддача при примусовій течії рідини в трубах і каналах.

Тема 2.6. Тепловіддача при вільній конвекції.

# **4. ТЕПЛООБМІН ПРИ ФАЗОВИХ ПЕРЕТВОРЕННЯХ І ВИПРОМІНЮВАННІ.**

## **Розділ 1. Конвекційний теплообмін.**

Тема 1.1. Окремі види конвекційного теплообміну.

Тема 1.2. Теплообмін рідких металів.

Тема 1.3. Теплообмін в однофазному середовищі при біля критичних параметрах стану.

Тема 1.4. Теплообмін при високій швидкості газового потоку.

Тема 1.5. Тепловіддача в розріджених газах.

## **Розділ 2. Теплообмін при фазових перетвореннях: теплообмін при кипінні.**

Тема 2.1. Відомості про будову рідини.

Тема 2.2. Внутрішні характеристики кипіння.

Тема 2.3. Інтенсивність теплообміну при кипінні у великому об'ємі.

Тема 2.4. Коефіцієнт тепловіддачі при кипінні у великому об'ємі.

Тема 2.5. Вплив незалежних параметрів на коефіцієнт тепловіддачі.

Тема 2.6. Кризи кипіння.

Тема 2.7. Двофазний потік.

### **Розділ 3. Теплообмін при фазових перетвореннях: конденсація.**

Тема 3.1. Теплообмін при конденсації.

Тема 3.2. Особливості течії та теплообміну при конденсації на поверхні.

Тема 3.3. Теплообмін при плівковій конденсації нерухомої пари.

Тема 3.4. Вплив факторів, що не враховуються теорією Нуссельта.

### **Розділ 4. Теплообмін випромінюванням.**

Тема 3.1. Основні поняття та визначення теплообміну випромінюванням.

Тема 3.2. Теплообмін випромінюванням між тілами.

Тема 3.3. Теплообмін в поглинаючих і випромінюючих середовищах.

Тема 3.4. Складний теплообмін.

## **ПРИКІНЦЕВІ ПОЛОЖЕННЯ**

Як допоміжний матеріал для виконання практичного завдання комплексного фахового випробування на початку випробування кожному вступнику видаються довідникові матеріали - таблиці властивостей, графіки та номограми.

Дозволяється використання інженерних калькуляторів.

При виконанні завдань комплексного фахового вступного випробування **забороняється** використовувати будь-які інші сторонні допоміжні матеріали та електронні засоби (мобільні телефони, ноутбуки, планшети, тощо).

Рейтинг (чисельний еквівалент оцінки з фахового випробування  $\Phi$ ) враховує рівень знань і умінь, які вступник виявив при виконанні комплексного фахового випробування. Кількість балів, набраних на іспиті ( $\Phi$ ), формується як середньоарифметична сума балів, нарахованих вступнику за виконання кожного завдання комплексного фахового випробування. Теоретичне питання відповідно до програми вступних випробувань передбачає змістовне і обґрунтоване розкриття поставленого завдання. Виконання практичного завдання має складатися з постановочної частини задачі, яка в разі необхідності супроводжується пояснювальними рисунками, запису основних розрахункових співвідношень, виконання чисельного рішення і отримання відповіді із записом одиниць вимірювання. Також виконується аналіз та обґрунтування отриманих результатів. Білет включає три питання і включає по одному питанню з трьох будь-яких дисциплін програми комплексного фахового випробування. Загалом білет містить три завдання, які обираються вступником за сліпим жеребом.

Оцінювання кожного завдання виконується за рейтинговою системою згідно табл. 1.

Таблиця 1 - Розрахунок оцінки виконання кожного завдання комплексного фахового випробування

Характер виконання завдання	Кількість рейтингових балів
Вступник змістовно і обґрунтовано розкрив теоретичне питання (не менше 95% потрібної інформації). Або виконав практичне завдання без помилок і отримав вірну відповідь, надав обґрунтований аналіз одержаних результатів. Допускається одне незначне виправлення.	95 - 100
Вступник змістовно розкрив теоретичне питання, але обґрунтування виконано недостатньо (не менше 85% потрібної інформації). Або виконав практичне завдання без помилок і отримав вірну відповідь, але надав аналіз одержаних результатів без обґрунтування. Допускається два незначних виправлення	85-94
Вступник змістовно розкрив теоретичне питання (не менше 75% потрібної інформації). Або виконав практичне завдання з несуттєвими неточностями, які не в повній мірі відображають фізику процесу, отримав відповідь, надав аналіз одержаних результатів. Допускається три незначних виправлення.	75-84
Вступник розкрив теоретичне питання (не менше 65% потрібної інформації). Або виконав практичне завдання з помилкою, яка призвела до кінцевої відповіді з певними недоліками, надав аналіз одержаних результатів. Допускається чотири незначних виправлення.	65-74
Вступник розкрив теоретичне питання, але недостатньо (не менше 60% потрібної інформації). Або виконав практичне завдання з певними помилками, які призвели до неправильної кінцевої відповіді, надав аналіз одержаних результатів. Допускається п'ять незначних виправлень.	60-64
Вступник не розкрив теоретичне питання (менше 59% потрібної інформації), чи надав відповідь, яка не відповідає сутності завдання. Або для практичного завдання виконав лише постановочну частину і запис окремих формул. Розрахунки не виконані, або містять грубі помилки. Кінцева відповідь відсутня, або є неправильною. Кількість виправлень - більше п'яти.	59 і менше

При виконанні вимог, наведених в колонці «Характер виконання завдання», вступник має змогу отримати максимальну кількість балів з діапазону, вказаного в тому ж рядку в колонці «Кількість балів», за умови відсутності штрафних балів. Штрафні бали можуть нараховуватись за наступне:

- порушення логічної послідовності викладення матеріалу - 1 ...3 штрафні бали;
- окремі, дещо нечіткі формулювання, які допускають неоднозначні тлумачення - 1 штрафний бал за кожне таке формулювання;
- порушення масштабу при зображеннях залежностей на графіках, відсутність позначень величин на осях графіків - 1 штрафний бал за кожний з вказаних недоліків;
- стилістичні та граматичні помилки - 1 штрафний бал за кожну з помилок;
- неохайно написаний текст відповіді із значною кількістю виправлень, що суттєво ускладнює сприйняття відповіді - 1 ...3 штрафні бали.

Загальний показник  $\Phi$  визначається, як середньоарифметичне значення балів, нарахованих вступнику за окремі завдання комплексного фахового випробування. Для випробування, яке складається із 3-х завдань:

$$\Phi = (\Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3) / 3.$$

Згідно чинних «Правил прийому до КПІ ім. Ігоря Сікорського в 2023 році» при обчисленні конкурсного балу використовується шкала оцінювання від 100 до 200 балів. Перерахунок загального показника  $\Phi$  у рейтингову оцінку фахового випробування П2 здійснюється згідно табл. 2.

Таблиця 2.

Таблиця відповідності оцінок РСО (60...100 балів)  
оцінкам 200-бальної шкали (100...200 балів)

шкала РСО	шкала 100...200	шкала РСО	шкала 100...200	шкала РСО	шкала 100...200	шкала РСО	шкала 100...200
60	100	70	140	80	160	90	180
61	105	71	142	81	162	91	182
62	110	72	144	82	164	92	184
63	115	73	146	83	166	93	186
64	120	74	148	84	168	94	188
65	125	75	150	85	170	95	190
66	128	76	152	86	172	96	192
67	131	77	154	87	174	97	194
68	134	78	156	88	176	98	196
69	137	79	158	89	178	99	198
						100	200



ПРИКЛАД ТИПОВОГО ЗАВДАННЯ КОМПЛЕКСНОГО ФАХОВОГО  
ВИПРОБУВАННЯ

Форма № Н-5.05

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

(повне найменування вищого навчального закладу)

Освітній ступінь *магістр*

Спеціальність 143 Атомна енергетика

(назва)

ОПП магістра Атомні електричні станції

(назва)

Навчальна дисципліна Комплексне фахове випробування


ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ №

1. Ділення ядер, ланцюгова реакція. Визначення енергії ділення. Ефективний коефіцієнт розмноження нейтронів. Формула чотирьох співмножників.
2. Особливості ламінарної неізотермічної течії в трубах.
3. У скільки разів зміниться потужність реактора за 1 с при  $K_{ef}=1,001$ , час життя нейтронів 0,05с (з урахуванням нейтронів що запізнюються)?

Затверджено на засіданні кафедри атомної енергетики

Протокол № 16 від 15 березня 2023 року

Голова підкомісії

  
(підпис)

Валерій ТУЗ

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Широков С.В. Нестационарні процеси в ядерних реакторах. – К.: Вища школа, 2002 – 286 с.
2. Широков С. В. Фізика ядерних реакторів. 2-е видання. – К.: Вища школа, 1998. – 288 с.
3. Широков С. В. Ядерні енергетичні реактори. – К.: Знання України, 1997 – 280 с.
4. Широков С.В., Гальченко В.В., Кіліна О.. Методичні вказівки до курсового проекту з курсу «Ядерні енергетичні реактори». Розділ «Нейтронно-фізичний розрахунок». Київ, НТУУ «КПІ», 2008 р.
5. Широков С.В. Гальченко В.В. Посібник з вирішення задач з курсів «Теорія ядерних реакторів», «Енергетичні ядерні реактори», «Нестационарні в ядерних реакторах». Київ, НТУУ «КПІ», 2006. – 80 с.
6. Константинов С.М. Теплообмін: Підручник. - К.: ВПІ ВПК «Політехніка»-Інрес, 2005. - 304 с.  
[http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2015/Konstantinov\\_2005\\_304.pdf](http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2015/Konstantinov_2005_304.pdf)
7. Кулінченко В.Р., Шевченко О.Ю. Теплопередача з елементами масообміну (теорія і практика процесу). Підручник. – К.: Фенікс, 2014.- 920 с.
8. Шевель, Є. В. Теплообмін при фазових перетвореннях і випромінюванні \*Електронний ресурс+ : підручник для здобувачів ступеня бакалавра енергетичних спеціальностей / Шевель Євген Вікторович, Воробйов Микита Валерійович ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 9,94 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 134 с.  
<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/48257>
9. Є.В. Шевель, М.В. Воробйов. Теплообмін при кипінні. Навчальний посібник \*Електронний ресурс+: для студентів які навчаються за спеціальностями 142 Енергетичне машинобудування, 143 Атомна енергетика, 144 Теплоенергетика / КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,45 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 42 с.  
(<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/41235>)
10. Є.В. Шевель, М.В. Воробйов. Теплообмін при конденсації. Навчальний посібник \*Електронний ресурс+ для студентів які навчаються за спеціальностями 142 Енергетичне машинобудування, 143 Атомна енергетика, 144 Теплоенергетика / КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,87 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 33 с.  
(<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/41234>)
11. Є.В. Шевель, М.В. Воробйов. Теплообмін випромінюванням. Навчальний посібник \*Електронний ресурс+ для студентів які навчаються за спеціальностями 142 Енергетичне машинобудування, 143 Атомна енергетика, 144 Теплоенергетика / КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 4,57 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 55 с.  
(<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/42119>)

Розробники програми фахових вступних випробувань:

Туз Валерій Омелянович, д.т.н., професор, професор  
кафедри атомної енергетики

Баранюк Олександр Володимирович, к.т.н., доцент,  
доцент кафедри атомної енергетики

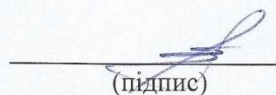
Гавриш Андрій Сергійович, к.т.н., доцент, доцент  
кафедри атомної енергетики

Клевцов Сергій Валерійович, к.т.н., доцент, доцент  
кафедри атомної енергетики



Програму фахового вступного випробування рекомендовано кафедрою атомної енергетики (протокол № 16 від 15 березня 2023 року).

Завідувач кафедри  
атомної енергетики



(підпис)

Валерій ТУЗ

15 березня 2023 р.