

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова Атестаційної комісії

Теплоенергетичного факультету

Декан



Євген ПИСЬМЕННИЙ

М.П.

» 2022 р.

ПРОГРАМА

комплексного фахового випробування

для вступу на освітню програму підготовки магістра

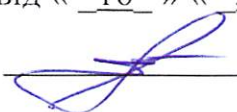
«Атомні електричні станції»

за спеціальність 143 Атомна енергетика

Програму рекомендовано кафедрою

Атомних електричних станцій і інженерної теплофізики

Протокол № 10 від « 16 » « лютого » 2022 р.

Завідувач кафедри  Валерій ТУЗ

Київ – 2022

1. 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 проводяться у вигляді комплексного іспиту з фахових дисциплін «Нестационарні процеси та керування ЯПВУ» «Теорія ядерних реакторів», «Тепломасообмін», «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.

2. ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ, ЩО ВІНОСЯТЬСЯ НА ІСПИТ

2.1 Дисципліна «Нестационарні процеси та керування ЯПВУ»

1. Загальні положення

1.1. Фізичні основи нестационарних процесів у реакторі.

Основні елементи ядерного реактора. Залишкове енерговиділення. Коефіцієнт розмноження реактора.

2. Кінетика реактора

2.1. Загальні положення кінетики.

Загальні положення кінетики. Нейтрони що запізнюються. Елементарні рівняння кінетики. Період реактора та одиниці реактивності. Кінетика реактора з урахуванням шести груп нейтронів що запізнюються.

2.2. Перехідні процеси.

Аналіз перехідних процесів при стрибкоподібній зміні реактивності. Зміна потоку нейтронів в підкритичному реакторі.

3. Органи регулювання

3.1. Ефективність органів регулювання.

Методи зміни реактивності. Визначення ефективності стрижнів, що поглинають. Визначення ефективності стрижня за теорією збурення. Інтерференція стрижнів. Зміна ефективності стрижня від глибини занурення. Ефективність решітки поглинаючих стрижнів. Органи регулювання СУЗ реакторів ВВЕР.

4. Зміна складу палива

4.1. Вигоряння ядерного палива.

4.2. Отруєння реактора ксеноном. Отруєння реактора самарієм. Шлакування реактора.

5. Ефекти та коефіцієнти реактивності

5.1. Ефекти реактивності реактора та їх характеристики.

Ефекти та коефіцієнти реактивності та їх зміна при роботі реактора. Температурні ефекти та температурні коефіцієнти реактивності. Ефект реактивності за потужністю реакторної установки.

5.2. Стійкість реактора.

Умова стійкості енергетичного реактора.

6. Перевантаження ядерного палива

6.1. Перевантаження та перестановка ядерного палива. Неперервне та періодичне перевантаження.

2.2. Дисципліна “ Теорія ядерних реакторів ”

1. Фізичні основи ядерних реакторів

1.1. Будова ядра, його властивості та взаємодія з нейтронами.

Будова ядра. Енергія зв'язку ядра. Стійкість ядер. Ядерні моделі (краплинна та оболонкова). Формула Вайцеккера. Рівні ядра. Основні нейтронні реакції. Ефективні перерізи. Поняття складового ядра.

1.2. Особливості ланцюгової реакції ділення ядер.

Механізм поділу ядер. Ефективний коефіцієнт розмноження та реактивність. Критичність реактора. Фізичні процеси нейтронного циклу теплових ЯР. Формула 4-х множників та її складові. Баланс нейтронів в ядерному реакторі.

1.3. Класифікація реакторів.

Особливості класифікації реакторів: за призначенням, за спектром нейтронів, за уповільнювачем, за теплоносієм, за конструкцією, за гомогенністю АЗ, за типом паливного циклу. Склад та характеристики активної зони реакторів ВВЕР та РБМК.

2. Дифузія та уповільнення нейтронів

2.1. Фізичні основи дифузії нейтронів. Рівняння переносу нейтронів.

Дифузія нейтронів, основні поняття та визначення. Закон Фіка. Поняття усередненої довжини та транспортного перерізу. Одношвидкісне рівняння переносу нейтронів. Розв'язок рівняння дифузії для різних джерел нейтронів: точкове, плоске, лінійне. Фізичний зміст довжини дифузії. Метод функцій Гріна. Інтегральне рівняння Пайерлса.

Тема 2.2. Фізичні основи уповільнення нейтронів.

Зміна енергії нейтронів при взаємодії з ядрами. Закон розсіяння нейтронів. Середньологарифмічний декремент енергії. Сповільнююча здатність та коефіцієнт уповільнення. Транспортний переріз.

Тема 2.3. Уповільнення нейтронів в різних середовищах.

Уповільнення нейтронів в непоглинаючому водневому середовищі. Уповільнення в середовищі з масовим числом $A > 1$. Уповільнення нейтронів в системі, що містить ядра декількох сортів. Уповільнення нейтронів в середовищі при поглинанні. Імовірність запобігання резонансного захоплення нейтронів.

Тема 2.4. Вікова теорія.

Фізичні основи вікової теорії. Вікове рівняння при відсутності поглинань. Рішення вікового рівняння для плоского та точкового джерела нейтронів. Фактори, що впливають на зміну віку нейтронів. Межі застосування вікової теорії. Температура нейтронного газу.

3. Критичні розміри реактора

3.1. Рівняння критичності для гомогенного реактора.

Рівняння для матеріального параметра реактора в дифузійно-віковому наближенні. Умова критичності реактора. Розв'язок критичного рівняння для активної зони різних форм: сферичної, циліндричної, прямокутної. Коефіцієнт нерівномірності.

3.2. Критичні розміри при наявності відбивача.

Визначення критичних розмірів реактора з відбивачем. Гомогенний реактор з відбивачем в одноступеневому наближенні. Реактор з відбивачем у вигляді нескінченної пластини. Сферичний реактор з відбивачем. Циліндричний реактор з відбивачем на боковій або торцевій поверхні. Гомогенний реактор з відбивачем в двохступеновому наближенні.

4. Гетерогенні реактори

Гетерогенні реактори – класифікація решіток, переваги та недоліки. Ймовірність перших зіткнень. Поправки Данкова. Коефіцієнт розмноження на швидких нейтронах. Ймовірність уникнути резонансного захоплення. Коефіцієнт використання теплових нейтронів. Метод АБГ. Розрахунок θ в трьохзонній комірці.

2.3. Тепломасообмін

1. Теплопровідність

1.1. Теплопровідність та теплопередача при стаціонарному тепловому режимі.

Поняття теплопровідності. Температурне поле. Температурний градієнт. Вектор щільності теплового потоку. Закон Фур'є і коефіцієнт теплопровідності. Диференційні рівняння теплопровідності і його окремі випадки. Математичний опис процесу теплопровідності. Закон Ньютона-Ріхмана. Коефіцієнт тепловіддачі. Конкретні задачі теплопровідності. Теплопровідність плоскої стінки. Контактний термічний опір. Методи зниження контактного опору. Теплопровідність багат шарової плоскої стінки. Теплопровідність одно шарової циліндричної стінки при граничних умовах I роду. Теплопровідність багат шарової циліндричної стінки при граничних умовах I роду. Теплопередача через плоску стінку. Коефіцієнт теплопередачі. Рівняння теплопередачі. Теплопередача через багат шарову плоску стінку. Теплопередача через одно шарову циліндричну стінку. Лінійний коефіцієнт теплопередачі. Лінійний термічний опір теплопередачі. Теплопередача через багат шарову циліндричну стінку. Теплопровідність сферичної стінки при граничних умовах I роду. Теплопровідність пластини при стаціонарному тепловому режимі та наявності внутрішніх джерел теплоти. Температурне поле пластини при стаціонарному тепловому режимі та наявності внутрішніх джерел теплоти. Теплопровідність циліндра при стаціонарному тепловому режимі та наявності внутрішніх джерел теплоти. Температурне поле циліндра при стаціонарному тепловому режимі та наявності внутрішніх джерел теплоти.

1.2. Конструктивні способи зміни інтенсивності теплопередачі.

Способи зміни інтенсивності теплопередачі. Конструктивні способи зміни інтенсивності теплопередачі. Плоска стінка. Критичний діаметр циліндричної стінки. Вибір матеріалу ізоляції. Шляхи інтенсифікації теплопередачі. Термічний опір теплопередачі. Можливості зниження термічного опору теплопередачі. Конструктивні способи зміни інтенсивності теплопередачі. Інтенсифікація теплообміну за рахунок оребрення. Типи оребрення. Диференційне рівняння теплопровідності прямого ребра довільного профілю. Пряме ребро прямокутного профілю. Теплопровідність прямого ребра прямокутного профілю. Коефіцієнт ефективності ребра. Ребриста плоска стінка. Теплопередача через ребристу плоску стінку. Умови вигідності оребрення.

Теплопровідність кільцевого або шайбового ребра постійної товщини. Метод приблизного розрахунку коефіцієнта ефективності ребра круглого профілю.

1.3. Теплопровідність при нестационарному тепловому режимі.

Фізичні основи процесу нестационарної теплопровідності. Нестационарна теплопровідність пластини без внутрішніх джерел тепла. Диференційне рівняння, яке описує температурне поле при нестационарній теплопровідності пластини без внутрішніх джерел тепла. Аналіз рішення диференційного рівняння, яке описує температурне поле при нестационарній теплопровідності пластини без внутрішніх джерел тепла. Нестационарна теплопровідність циліндру без внутрішніх джерел тепла. Диференційне рівняння, яке описує температурне поле при нестационарній теплопровідності циліндру без внутрішніх джерел тепла. Аналіз рішення диференційного рівняння, яке описує температурне поле при нестационарній теплопровідності циліндру без внутрішніх джерел тепла.

2. Конвективний теплообмін

2.1. Фізичні основи процесу теплопередачі.

Фізичні основи процесу теплопередачі. Конвективний теплообмін. Закон Ньютона-Ріхмана і коефіцієнт тепловіддачі. Поняття про пограничний шар. Ламінарна та турбулентна течія. Механізм переносу теплоти від газу до стінки при ламінарній та турбулентній течії. Вплив різноманітних факторів на величину коефіцієнта тепловіддачі. Математичний опис процесів конвективного теплообміну. Диференційне рівняння енергії. Диференційне рівняння руху. Умови однозначності при описанні процесів конвективного теплообміну. Рівняння руху та енергії для турбулентного режиму руху рідини. Способи отримання розрахункових формул для визначення коефіцієнта тепловіддачі.

2.2. Основи теорії подібності фізичних явищ.

Основні поняття та визначення теорії подібності. Фізична основа теорії подібності. Інваріант подібності. Однотипні величини. Константи подібності. Теореми подібності. Аналогічні явища. Властивість констант подібності. Перша теорема подібності. Друга теорема подібності. Третя теорема подібності. Фізичний зміст чисел подібності. Число Нусельта. Число Пекле. Число Грасгофа. Число Ейлера. Число Прандтля. Число Стентона. Використання теорії подібності до явища тепловіддачі. Рівняння подібності.

2.3. Основи теорії пограничного шару.

Вступ в теорію пограничного шару. Диференційне рівняння динамічного пограничного шару. Методи теорії пограничного шару. Диференційні рівняння пограничного шару. Рішення диференційного рівняння динамічного пограничного шару. Оцінка порядку членів, що входять до рівняння.

2.4. Тепловіддача при зовнішньому обтіканні тіл.

Тепловіддача при течії на пластині. Вплив “зовнішньої” турбулентності, неізотермічності, поздовжнього градієнту тиску на пластині на перехід ламінарної течії у турбулентну. Перехід ламінарної течії у турбулентну на пластині. Тепловіддача пластини при ламінарній течії потоку. Тепловіддача пластини при турбулентній течії потоку. Визначення середнього коефіцієнту тепловіддачі при турбулентній течії теплоносія на

пластині. Тепловіддача при зовнішньому обтіканні тіл різноманітної форми. Тепловіддача при поперечному обтіканні циліндру. Вплив на тепловіддачу кута атаки. Тепловіддача при зовнішньому обтіканні пучків гладких труб.

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

Особливості течії та теплообміну в трубах. Особливості течії рідини з постійними фізичними властивостями. Особливості теплообміну. Особливості ламінарної неізотермічної течії. Теплообмін при різних режимах течії рідини в трубах. В'язкісно- гравітаційний режим течії рідини в трубах. Тепловіддача при ламінарному режимі течії рідини в трубах. Рівняння подібності для визначення середнього коефіцієнту тепловіддачі. Тепловіддача при турбулентному режимі

течії рідини в трубах. Тепловіддача при перехідному режимі течії рідини в трубах. Тепловіддача при течії рідини в трубах некруглого поперечного перерізу.

2.6. Тепловіддача при вільній конвекції.

Тепловіддача при вільній конвекції в необмеженому просторі. Фізичні основи тепловіддачі при вільній конвекції. Тепловіддача вертикальної поверхні. Тепловіддача при вільній конвекції біля горизонтальної труби. Тепловіддача при вільній конвекції біля горизонтальної плоскої поверхні. Тепловіддача при вільній конвекції в обмеженому просторі. Приблизний метод розрахунку тепловіддачі при вільній конвекції в необмеженому просторі. Рівняння подібності для визначення середнього коефіцієнту тепловіддачі. Тепловіддача при вільній конвекції в горизонтальних щілинах. Тепловіддача при вільній конвекції в вертикальних щілинах. Еквівалентний коефіцієнт теплопровідності. Тепловіддача при вільній конвекції у відкритих вертикальних каналах(щілинах).

2.4 Дисципліна «Теплообмін при фазових перетвореннях і випромінюванні»

1. Теплообмін при фазових переходах

1.1. Теплообмін при кипінні.

Відомості про будову рідини. Рух молекул рідини, поверхневий натяг, надлишок тиску, пов'язаний з поверхневим натягом. Змочуваність, краєвий кут змочування.

Внутрішні характеристики кипіння. Зародження бульбашок пари, критичний радіус. Швидкість росту парової бульбашки. Відривний діаметр бульбашки, її форма, частота відриву. Число діючих центрів пароутворення.

Інтенсивність теплообміну при кипінні у великому об'ємі. Класифікація видів кипіння. Розподіл температур в об'ємі киплячої рідини. Способи підводу тепла до поверхні (г.у. 1-го та 2-го роду). Крива кипіння, механізми, що використовуються для опису теплообміну при кипінні. 1-а та 2-га кризи кипіння.

Коефіцієнт тепловіддачі при кипінні у великому об'ємі. Модель Толубінського та його узагальнююча залежність, середня швидкість росту парової бульбашки за період. Безрозмірні експериментальні формули Лабунцова та Кутателадзе. Емпіричні формули для води.

Вплив незалежних параметрів на коефіцієнт тепловіддачі. Кризи кипіння. Параметри, що впливають на процес кипіння та їх вплив на інтенсивність теплообміну. Гідродинамічна теорія кризи Кутателадзе. Механізм теплообміну при плівковому кипінні рідини. Вплив швидкості потоку рідини на коефіцієнт тепловіддачі при кипінні.

Двофазний потік. Істинні та витратні характеристики двофазного потоку. Режими течії, зміна параметрів двофазного потоку по довжині парогенеруючої труби. Кризи тепловіддачі при протіканні двофазного потоку в круглій трубі.

1.2. Теплообмін при конденсації

Особливості течії та теплообміну при конденсації на поверхні. Основні уявлення про процес конденсації. Термічний опір плівки та термічний опір фазового переходу. Режими течії плівки конденсату (ламінальний, хвильовий, турбулентний).

Теплообмін при плівковій конденсації нерухомої пари. Постановка задачі

Нусельтом, аналітичне визначення коефіцієнта тепловіддачі при ламінарній течії. Локальний та середній коефіцієнти тепловіддачі. Формула Нусельта в безрозмірній формі. Конденсація на похилій поверхні та на горизонтальній трубі.

Вплив факторів, що не враховуються теорією Нуссельта. Вплив зміни

теплофізичних властивостей речовин, перегріву та вологості пари, вплив стану поверхні. Вплив хвильового та турбулентного режиму течії плівки конденсату. Вплив швидкості пари. Теплообмін при конденсації на пучці горизонтальних труб. Теплообмін при конденсації всередині труб. Інтенсифікація теплообміну при конденсації.

2. Випромінювання

2.1. Теплообмін випромінюванням

Основні поняття та визначення теплообміну випромінюванням. Закони теплового випромінювання. Закон Планка, закон Стефана-Больцмана, закон Кирхгофа, закон Ламберта.

Теплообмін випромінюванням між тілами. Теплообмін випромінюванням між двома тілами, розділеними прозорим середовищем. Променевий теплообмін між двома паралельними поверхнями. Теплообмін за наявності екранів. Теплообмін випромінюванням між тілом та його оболонкою. Теплообмін випромінюванням між двома тілами, довільно розташованими в просторі. Кутові коефіцієнти випромінювання.

Теплообмін в поглинаючих і випромінюючих середовищах. Перенесення енергії випромінюванням в поглинаючому середовищі. Оптична товщина середовища. Особливості випромінювання газів та парів. Променевий теплообмін між газовим середовищем та оболонкою. Складний теплообмін.

ПРИКІНЦЕВІ ПОЛОЖЕННЯ

Для виконання практичного завдання комплексного фахового випробування передбачено використання довідкового матеріалу (таблиці властивостей, графіки, номограми) та інженерних калькуляторів.

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

Рейтинг (чисельний еквівалент оцінки з фахового випробування Φ) враховує рівень знань і умінь, які вступник виявив при виконанні комплексного фахового випробування. Кількість балів, набраних на іспиті (Φ), 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 по одному питанню з кожної дисципліни. Загалом білет містить три завдання, які обираються вступником за сліпим жеребом.

Оцінювання кожного завдання виконується за рейтинговою системою згідно таблиці 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 Φ 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 2021 році» при обчисленні конкурсного балу використовується шкала оцінювання від 100 до 200 балів. Перерахунок

загального показника Φ у рейтингову оцінку фахового випробування П2 здійснюється згідно таблиці 2.

Таблиця 2 – Відповідність оцінок РСО (60...100 балів) оцінкам ЄВІ (100...200 балів)

Оцінка РСО	Оцінка ЄВІ	Оцінка РСО	Оцінка ЄВІ	Оцінка РСО	Оцінка ЄВІ	Оцінка РСО	Оцінка ЄВІ
60	100,0	70	125,0	80	150,0	90	175,0
61	102,5	71	127,5	81	152,5	91	177,5
62	105,0	72	130,0	82	155,0	92	180,0
63	107,5	73	132,5	83	157,5	93	182,5
64	110,0	74	135,0	84	160,0	94	185,0
65	112,5	75	137,5	85	162,5	95	187,5
66	115,0	76	140,0	86	165,0	96	190,0
67	117,5	77	142,5	87	167,5	97	192,5
68	120,0	78	145,0	88	170,0	98	195,0
69	122,5	79	147,5	89	172,5	99	197,5
						100	200,0

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)

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

атомних електричних станцій і інженерної теплофізики

Протокол №

10

від

«

16

»

лютого

20

22

року

Голова підкомісії

(підпис)

Валерій ТУЗ

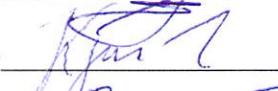
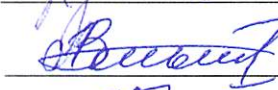
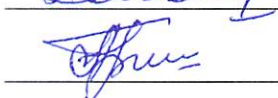
(прізвище та ініціали)

ЛІТЕРАТУРА

1. Широков С.В. Нестационарные процессы в ядерных реакторах. К.:2002, с.286
2. Широков С.В. Фізика ядерних реакторів. Вища школа. 1998, с.288
3. Широков С.В. Ядерні енергетичні реактори. К. 1997. с.280
4. Дементьев Б.А. Кінетика і регулювання ядерних реакторів. М.: Энергоиздат, 1986, с.272.
5. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел Л.С. Теплопередача. М.: Энергия. 1975 г.
6. Михеев М.А., Михеева И.Н. Основы теплопередачи. М.: «Энергия», 1977 г.
7. Петухов Б.С., Генин Л.Г., Ковалев С.А. Теплообмен в ядерных энергетических установках. М.: Энергоатомиздат, 1986 г.

8. Галин Н.М., Кириллов П.Л. Тепло-массообмен (в ядерной энергетике). М: Энергоатомиздат, 1987 г.
9. Краснощеков Е.А., Сукомел А.С. Задачник по теплопередаче. М: «Энергия», 1975.
10. Кириллов П.Л., Юрьев Ю.С., Бобков Б.П. Справочник по теплогидравлическим расчетам. М.: Энергоиздат, 1984.
11. Богданов С.Н. и др. Теоретические основы хладотехники. Тепломассообмен. М.: Агропромиздат, 1986 г.
12. Толубинский В.И. Теплообмен при кипении.
13. Исаченко В.П. Теплообмен при конденсации. М., Энергия, 1977, 240 с.
14. Петухов Б.С., Генин Л.Г., Ковалев С.А. Теплообмен в ядерных энергетических установках. М: Атомиздат, 1974 г.

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

д.т.н., професор		Валерій ТУЗ
д.т.н., професор		Володимир КРАВЕЦЬ
к.т.н., доцент		Валерій КОНЬШИН
к.т.н., доцент		Андрій ГАВРИШ