

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

ЗАТВЕРДЖЕНО

Вченою радою

Теплоенергетичного факультету

Протокол № ____ від _____ 2017 р.

Голова Вченої ради

_____ Є.М.Письменний

М.П.

ПРОГРАМА

комплексного фахового випробування для вступу
на освітньо-професійну програму підготовки магістра
спеціальності 144 Теплоенергетика
по спеціалізації Теплофізика

Програму рекомендовано кафедрою
атомних електричних станцій і
інженерної теплофізики

Протокол № ____ від _____ 2017 року

Завідувач кафедри АЕС і ІТФ

_____ В.О.Туз

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 «Методи дослідження процесів теплообміну», «Моделювання ТФ процесів на ЕОМ», «Тепломасообмін». 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 академічні години (90 хвилин) без перерви. Білет містить три завдання, які обираються вступником за сліпим жеребом, і включає по одному питанню з кожної дисципліни 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.

Дисципліна «Методи дослідження процесів теплообміну»

1. Аналітичні методи розв'язання задач температурного поля

Тема 1.1. Математична постановка задач температурного поля та методи їх розв'язання.

Математичний опис температурного поля. Фізичне і математичне моделювання температурних полів. Математичний опис температурного поля. Диференціальне рівняння теплопровідності Фур'є в різних системах координат і його фізичний зміст.

Крайові умови задач теплопровідності та їх характеристика. Початкові умови. Граничні умови. Кусочно-задані граничні умови та їх узагальнення. Математична постановка задачі. Коректність постановки. Вірогідність математичної постановки задачі. Узагальнений закон теплопровідності.

Класифікація задач теплопровідності. Види задач температурного поля. Приклади застосування задач теплопровідності в науці і техніці. Фундаментальні методи розв'язання задач температурного поля і структурна схема їх застосування. Рейтинг методів.

Тема 1.2. Аналітичні методи розв'язання задач температурного поля.

Метод поділу перемінних, його сутність і застосування до розв'язання задач температурного поля. Метод інтегральних перетворень. Види інтегральних перетворень. Сутність методу інтегральних перетворень. Інтегральні перетворення, що застосовуються для розв'язання задач температурного поля. Суть операційного обчислення. Структурна схема розв'язання задач температурного поля методом інтегральних перетворень. Метод інтегральних перетворень по Лапласу. Розв'язання задач температурного поля методом інтегральних перетворень за часом (по Лапласу). Інтегральні перетворення по Лапласу,

прикладі функцій-зображень. Інтегральні перетворення по Лапласу математичної постановки задачі температурного поля. Розв'язання задачі в зображеннях по Лапласу. Обернення зображень по Лапласу. Способи обернення зображень. Табличні зображення. Обернення нетабличних зображень. Теореми розкладання. Теорема розкладання для випадку простих дійсних коренів інтерполяційного полінома. Формула розкладання для випадку простих і кратних дійсних коренів. Застосування теорем розкладання для розв'язання задач температурного поля. Метод інтегральних перетворень по координатах. Ядро перетворення. Розв'язання задач температурного поля методом інтегральних перетворень по координатах. Способи обернення зображень. Синус і косинус перетворення по Фур'є. Нескінченні та кінцеві інтегральні перетворення. Перетворення Ханкеля. Переваги і недоліки аналітичних методів.

2. Чисельні методи розв'язання задач температурного поля

Тема 2.1. Чисельні методи розв'язання одновимірних задач температурного поля. Метод кінцевих різниць. Сутність чисельного розв'язання задачі температурного поля. Різницеві чисельні методи. Основні поняття в різницевих чисельних методах. Апроксимація похідних різницевиими операторами. Порядок апроксимації. Апроксимація диференціального рівняння теплопровідності. Явна, неявна і комбінована схеми методу кінцевих різниць. Апроксимація теплових балансів граничних елементів при різних граничних умовах. Різницеві схеми для розв'язання одновимірних задач температурного поля. Умови стійкості рішення задач за явною схемою. Розв'язання задач температурного поля за неявною схемою.

Тема 2.2. Чисельні методи розв'язання багатовимірних задач температурного поля. Метод прогону. Структура розв'язання задач температурного поля за неявною схемою МКР. Сутність методу різницевої факторизації (прогону). Визначення коефіцієнтів прогону для одновимірної нестационарної задачі температурного поля. Метод перемінних напрямків. Сутність розв'язання двовимірних задач температурного поля методом перемінних напрямків. Різницеві комбіновані рівняння по напрямках осей координат для внутрішніх елементів розбивки простору задачі. Завдання граничних умов в методі перемінних напрямків. Апроксимація теплових балансів граничних елементів для першого прогону. Завдання граничних умов для другого прогону. Сутність розв'язання тривимірних задач температурного поля методом розщеплення. Погрішність чисельного розв'язання задачі і її складові. Порядок погрішності. Визначення погрішності в даному вузлі сітки по методу Рунге. Максимальна, середня і нормована погрішності рішення задачі.

3. Експериментальні методи й установки для дослідження конвективного теплообміну

Тема 3.1. Експериментальні методи дослідження конвективного теплообміну. Основні принципи моделювання. Класифікація і значення експериментальних методів дослідження. Основні принципи моделювання. Вимоги теорії подоби. Основні схеми і типи експериментальних установок. Схеми контурів циркуляції. Експериментальна установка для дослідження теплообміну у великому об'ємі. Особливості моделювання великого об'єму. Типи експериментальних установок. Експериментальна установка для дослідження теплообміну і кризи теплообміну при кипінні. Забезпечення гідродинамічної стійкості потоку в експериментальній установці. Експериментальна установка для досліджень теплообміну при надкритичному тиску.

Тема 3.2. Конструкції робочих ділянок для дослідження конвективного теплообміну. Методи нагрівання робочих тіл. Особливості електроконтактного нагрівання. Високочастотне нагрівання. Методи нагрівання робочих ділянок. Радіаційне й електронне нагрівання. Обігрів за допомогою високотемпературних теплоносіїв. Методи визначення теплових потоків. Ентальпійні методи, методи, засновані на рішеннях прямої і зворотної задач теплопровідності. Адіабатні і теплоізоляційні оболонки. Теплоізоляційні матеріали. Конструкція робочих ділянок для дослідження конвективного теплообміну. Робочі ділянки з постійним тепловим навантаженням по довжині. Робочі ділянки з постійною температурою стінки по довжині. Робочі ділянки із змінним тепловим навантаженням по довжині. Калориметри з внутрішніми джерелами тепла.

Тема 3.3. Методи досліджень теплообміну при кипінні і конденсації.

Теплообмін при кипінні. Особливості теплообміну при кипінні. Дослідження умов виникнення кипіння. Дослідження механізму кипіння. Особливості дослідження механізму кипіння. Дослідження теплообміну при кипінні на мікроповерхнях. Робочі ділянки для дослідження теплообміну і кризи теплообміну при кипінні. Методи фіксування кризи теплообміну. Профілювання перетину стінки для довільного закону тепловиділення по довжині РУ. Аналітичні методи дослідження кризи теплообміну при кипінні.

Методи імітації аварійних ситуацій на АЕС. Дослідження тепловіддачі при конденсації пари. Особливості процесу конденсації пари. Дослідження миттєвих профілів швидкостей для хвильової ламінарної плівки рідини. Дослідження тепловіддачі при конденсації нерухомої водяної пари, натрієвої пари. Експериментальна установка для дослідження тепловіддачі при конденсації окису азоту.

Дисципліна «Моделювання теплофізичних процесів на ЕОМ»

1 Моделювання температурних режимів вузлів та деталей технічних пристроїв

1.1 Теплова схема технічного пристрою у зосереджених параметрах та її теплові баланси

Технічний пристрій (ТП) як система взаємо-пов'язаних тіл та потоків середовищ, що знаходяться у процесі теплообміну. Сутність моделювання ТП у зосереджених параметрах. Побудова спрощеної теплової схеми (ТС) двигуна внутрішнього згорання у зосереджених параметрах. Теплові баланси твердих тіл та потоків середовищ ТС ТП на поточний момент часу. Теплові баланси, які виражені через теплові провідності та середні температури твердих тіл і потоків середовищ. Визначення теплових потоків, які використовуються на зміну внутрішньої енергії тіл (акумульоване тепло) та ентальпії проточних середовищ. Визначення середньої температури проточного середовища з використанням коефіцієнту температурної нерівномірності. Розрахунок теплових провідностей між твердими тілами різної форми, тілами і середовищами. Вибір місця розташування точки зосередження параметрів тіла теплової схеми. Урахування в теплових провідностях контактного термічного опору. Розрахунок теплових провідностей для конкретних випадків: між тілами різної форми і різних матеріалів, між коаксіально розташованими циліндричними тілами (розташування типу „труба в трубі”), між тілами і середовищами.

(2), стор. 40-45; (4), стор. 7-13; (5), стор. 651-656; (10), стор. 13-19; (12), стор. 5-10, 55-63, стор. 94-98; (13), стор. 7-11, 12-17

1.2 Математична модель температурного режиму технічного пристрою, як системи тіл і середовищ у зосереджених параметрах

Математична модель (ММ) температурного режиму на основі теплової схеми. Вираз теплових балансів ТС через їх середні температури, теплові провідності і повні теплоємності тіл і середовищ. Аналіз ММ, як системи ДР 1-го порядку, що відображають теплові баланси ТС. Апроксимація похідних та складання розрахункової (різницевої) схеми ММ. Приведення розрахункової схеми до канонічного виду, її аналіз, вибір методу рішення.

(1), стор. 122-126; (4), стор. 10-22; (13), стор. 102-108; (12), стор. 96-120

1.3 Методи рішення розрахункових кінцево-різницевоїх схем математичної моделі температурного режиму теплової схеми технічного пристрою

Числовий розв'язок розрахункової схеми ММ температурного режиму системи тіл і середовищ за явною схемою Ейлера. Хід розв'язку розрахункової схеми ММ температурного режиму за явною схемою Ейлера на ЕОМ. Числовий розв'язок розрахункової схеми ММ температурного режиму системи тіл і середовищ за неявною схемою Ейлера. Приведення матричного рівняння РС ММ температурного режиму ТП до виду, що відповідає неявній схемі Ейлера. Аналіз рішення, отриманого числовими методами.

(1), стор. 122-126; (4), стор. 96-120; (4), стор. 116 -119; (4), стор. 123-172; (7), стор. 147-176

2 Моделювання температурного режиму термічно-небезпечних деталей технічних пристроїв.

2.1 Математична модель багатовимірного нестационарного температурного поля термічно-небезпечної деталі за методом розщеплення по локально-одномірній схемі

Математична модель двовимірного температурного поля термічно-небезпечної деталі (ТНД). Сутність методу розщеплення двовимірного нестационарного ДР теплопровідності на одномірні ДР по напрямках осей координат. Побудова математичної моделі двовимірного температурного поля ТНД з граничними умовами II-го роду, визначеними у розв'язку задачі температурного режиму ТП в зосереджених параметрах. Розщеплення математичної моделі температурного поля ТНД за локально-одномірною схемою. Аналіз математичної моделі температурного поля ТНД за принципом суперпозиції одномірного температурного поля у напрямку осі ОХ, та у напрямку осі ОУ. Температура двовимірного нестационарного температурного поля ТНД, як суперпозиція температур відповідних одномірних температурних полів по напрямках осей координат.

(4), стор. 57-76, 10-12, 28-29; (6), стор. 18-39

2.2 Розрахункова схема математичної моделі температурного поля термічно-небезпечної деталі

Розрахункова схема ММ температурного поля ТНД у напрямку осі ОХ (перша задача локально-одномірної схеми (ЛОС)). Розбивка області розв'язку задачі на смуги шириною Δu з адіабатними сторонами паралельними осі ОХ, та самих смуг на одномірну сітку з

кроком Δx . Математична модель температурного поля смуги в напрямку осі ОХ. Складання розрахункової схеми – СЛАР 1-ої задачі ЛОС. Розв'язок теплових балансів граничних елементів смуги та їх апроксимація у розрахункові рівняння. Розрахункова схема математичної моделі температурного поля ТНД у напрямку осі ОУ (друга задача ЛОС). Аналіз теплових балансів граничних елементів смуги та їх апроксимація у розрахункові рівняння.

(4), стор. 32-38; (4), стор. 57-76, 10-12

2.3 Числовий розв'язок розрахункової схеми температурного поля термічно-небезпечної деталі

Підготовка розрахункових схем 1-ї та 2-ї задачі ЛОС до розв'язку за методом прогонки. Приведення розрахункових схем 1-ї та 2-ї задачі ЛОС до канонічного виду. Аналіз матриць канонічних коефіцієнтів та обґрунтування вибору методу прогонки. Метод прогонки та його використання для розв'язку розрахункових схем 1-ї та 2-ї задачі ЛОС. Складання розрахункових схем до розв'язку методом прогонки розрахункових схем 1-ї та 2-ї задачі ЛОС. Блок-схема алгоритму розв'язку математичної моделі. Аналіз отриманого рішення.

(4), стор. 57-76, 10-12, 28-29; (7), стор. 18-39

3 Моделювання процесів конвективного теплообміну при ламінарній течії потоку в трубах

3.1 Математичний опис процесу конвективного теплообміну при ламінарній течії потоку в трубах

Диференційні рівняння конвективного теплообміну. Фізичний зміст системи ДР конвективного теплообміну без урахування стискання середовища та дисипації кінетичної енергії. Основні поняття конвективного теплообміну. Фізичний зміст ДР суцільності. Приведення ДР Нав'є-Стокса до умов руху неізотермічного потоку середовища. Межі застосування ДР конвективного теплообміну. Приведення ДР конвективного теплообміну до умов руху і теплообміну у ламінарному потоці середі.

(6), стор. 7-13; (8), стор. 7-11, 12-17

3.2 Аналітичний розв'язок диференційного рівняння руху та його використання в математичній моделі температурного поля ламінарного потоку середовища у трубі

Фізична постановка задачі конвективного теплообміну при русі середовища у трубі. Математична модель температурного поля потоку середовища у трубі (ММ1) відповідно до умов прийнятої фізичної постановки задачі. Аналітичний розв'язок приведенного до умов задачі ДР руху Нав'є-Стокса. Аналіз отриманого рішення ДР руху Нав'є-Стокса. Математична модель температурного поля потоку середовища у трубі (ММ2) з урахуванням аналітичного розв'язку ДР руху.

(4), стор. 7-13; (6), стор. 651-656

1.3 Числовий розв'язок розрахункової схеми математичної моделі температурного поля ламінарного потоку середовища у трубі з використанням методу прогонки

Складання розрахункової схеми ММ2. Область розв'язку задачі температурного поля ламінарного потоку у трубі. Побудова сітки розбивки області розв'язку на кінцеві

елементи. Теплові баланси: граничних елементів на осі труби; внутрішніх та прилеглих до поверхні труби елементів області рішення задачі. Апроксимація ДР математичної моделі у розрахункову схему. Числовий розв'язок розрахункової схеми моделі ММ2 у канонічному виді. Складання розрахункової схеми розв'язку РС моделі ММ2 за методом прогонки. Хід розв'язку задачі температурного поля у ламінарному потоці через трубу на ЕОМ. Аналіз розв'язку задачі температурного поля у ламінарному потоці.

(3), стор. 345-354; (10), стор. 243-250; (13), стор. 123-130

3.4 Чисельне визначення розподілу коефіцієнтів тепловіддачі по напрямку течії ламінарного потоку у трубі

Складання розрахункового рівняння розв'язку ДР тепловіддачі. Визначення середньовитратної температури в перерізах труби за кроками розбивки Δz по її осі, для яких визначено розподіл температур. Розрахункове ДР тепловіддачі. Апроксимація похідних ДР тепловіддачі. Аналітичне визначення коефіцієнту тепловіддачі при ламінарній течії потоку у трубі та сталих вздовж осі труби граничних умов (ГУ) I-го та II-го роду. Хід чисельного визначення на ЕОМ місцевих коефіцієнтів тепловіддачі.

(4), стор. 150-161; (3), стор. 345-354

3.5 Вірогідність розглянутих математичних моделей теплофізичних процесів у потоках середовищ в трубах та спряжена задача конвективного теплообміну

Область застосування розглянутих ММ конвективного теплообміну. Вірогідність завдання теплових ГУ в задачах конвективного теплообміну в трубах та каналах. Постановка спряженої задачі конвективного теплообміну.

(8), стор. 150-165

4. Моделювання задач променевого теплообміну

4.1 Класифікація задач променевого теплообміну у замкненій системі тіл (ЗСТ) та методів їх розв'язку. Види променивих теплових потоків

Класифікація задач променевого теплообміну у замкненій системі тіл (ЗСТ) та методів їх розв'язку. Постановка задачі променевого теплообміну та методи їх аналітичного та чисельного рішення. Прямі та зворотні задачі променевого теплообміну у ЗСТ. Види променивих теплових потоків у ЗСТ. Характеристика алгебраїчного, зонального та інтегрального методів розв'язку задач променевого теплообміну.

(2), стор. 10-28; (6), стор. 7-11, 12-17

4.2 Математична модель стаціонарного променевого теплообміну у ЗСТ з ізотермічними теплообмінними поверхнями

Математична модель стаціонарного променевого теплообміну у ЗСТ з ізотермічними теплообмінними поверхнями. Сутність алгебраїчного методу та умови його застосування для розв'язку задач променевого теплообміну у ЗСТ. Визначення падаючих, ефективних та результуючих променивих теплових потоків у ЗСТ за алгебраїчним методом. Аналіз математичної моделі. Приведення основного рівняння математичної моделі променевого теплообміну у ЗСТ до матричного виду, вибір методу рішення.

(4), стор. 187-195; (2), стор. 342-367; (6), стор. 7-9

4.3 Чисельне визначення кутових коефіцієнтів випромінювання між теплообмінними поверхнями у замкненій системі тіл

Методика чисельного визначення середніх кутових коефіцієнтів φ_{ik} між поверхнями F_i та F_k у ЗСТ. Фізичний зміст і аналітичне визначення елементарних, місцевих та середніх кутових коефіцієнтів між поверхнями F_i та F_k у ЗСТ. Побудова на основі аналітичного визначення φ_{ik} методики його чисельного розрахунку на ЕОМ. Приведення ЗСТ до загальної системи координат та визначення в ній геометричних параметрів для чисельного розрахунку φ_{ik} . Приведення ЗСТ до загальної системи координат. Розбивка теплообмінних поверхонь ЗСТ на кінцеві елементи ΔF у їх власних системах координат. Визначення у загальній системі координат центрів елементарних площадок ΔF_i та ΔF_k і відстаней між ними. Опис методами аналітичної геометрії в загальній системі координат положення теплообмінних поверхонь ЗСТ. Визначення у загальній системі координат, за положеннями аналітичної геометрії, рівнянь променів між площадками F_i та F_k , нормалей до центрів цих площадок і косинусів кутів між променем та зазначеними нормаллями. Числовий розрахунок на ЕОМ середніх кутових коефіцієнтів φ_{ik} . Хід обчислення на ЕОМ кратних інтегралів, які визначають величину φ_{ik} між поверхнями F_i та F_k у ЗСТ.

(3), стор. 243-259; (4), стор. 187-195; (10), стор. 261-265

4.4 Урахування променевого теплообміну у розв'язку задач температурного режиму вузлів і деталей технічних пристроїв

Застосування методу ітерацій для урахування променистих теплових потоків у рівняннях теплових балансів елементів системи тіл і середовищ у зосереджених параметрах. Сходження ітераційного процесу на допустимій похибці обчислювальних температур твердих тіл і середовищ системи.

(2), стор. 327-333; (6), стор. 7-11, 12-17

Основна література :

1. Н.М.Беляев, А.А.Рядно Методы теории теплопроводности, ч.2. - М.: Высшая школа, 1982 – 304с.
2. Л.Г.Блох, Л.Н.Рыжков, Ю.А.Журавлёв Теплообмен излучением (справочник). - М.: Энергоатомиздат, 1991 – 432с.
3. И.Н.Бронштейн, К.А.Семендяев Справочник по математике для инженеров и учащихся ВТУЗов. – М. Наука, 1980 – 975с.

Додаткова література:

4. Г.Н.Дульнев, В.Г.Парфенов, А.В.Сигалов Применение ЭВМ для решения задач теплообмена. - М.: Высшая школа., 1990 – 206с.
5. Г.Н.Дульнев, А.В.Сигалов Поэтапное моделирование сложных систем. – ИФЖ, т. XLV, №4, 1983 – С.651-656
6. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел Л.С. Теплопередача . М., Энергия. 1981 – 488 с.
7. А.А.Самарский, А.В.Гулин Численные методы. - М.: Наука, 1989 – 432с.
8. Л.А.Каздоба Вычислительная теплофизика. - К.: Наукова думка, 1992 – 224с.
9. Б.П.Демидович, И.А.Марон Основы вычислительной математики. - М.: Наука,

1966 – 664с.

10. Б.П.Демидович, И.А.Марон, Э.З.Шувалова Численные методы анализа. - М.: Наука, 1967 – 368с.

11. А.В.Лыков Теория теплопроводности. - М.: Высшая школа., 1976 – 512с.

12. Методичні вказівки до виконання лабораторної обчислювальної роботи з дисципліни „Моделювання теплофізичних процесів на ЕОМ, ч.ІІ/ Укладачі:В.К.Щербаков, Т.А.Дунаєва. - К.: НТУУ”КПР”, 1995 – 48с.

13. В.Е.Краскевич, К.Х.Зеленский, В.И.Гречко Численные методы в инженерных исследованиях. - К., Вища школа, 1986 – 263с.

Дисципліна “Тепломасообмін”

1.ТЕПЛОПРОВОДНІСТЬ

Тема 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 багатшарової плоскої стінки. Теплопровідність одношарової циліндричної стінки при граничних умовах I роду. Теплопровідність багатшарової циліндричної стінки при граничних умовах I роду. Теплопередача через плоску стінку. Коефіцієнт теплопередачі. Рівняння теплопередачі. Теплопередача через багатшарову плоску стінку. Теплопередача через одношарову циліндричну стінку. Лінійний коефіцієнт теплопередачі. Лінійний термічний опір теплопередачі. Теплопередача через багатшарову 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), стор. 44-50, 15-20, 12-13, 27-30, 37-44, 40-43. (2), стор. 20-25, 31-35. (3), стор. 7-8, 17-23, 31-35, 30-38. (4), стор. 27-28, 23-28, 29-32. (6), стор. 27-32.

Тема 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), стор. 50-65, 67-70, 70-75, 70-80, 77-81, 77-89, 89-93. (3), стор. 36-39. (4), стор. 57-68.

Тема 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), стор. 107-125, 128, 127-130

2. КОНВЕКТИВНИЙ ТЕПЛООБМІН

Тема 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), стор. 41-45. (3), стор. 47-50, 51-56, 57-60. (4), стор. 67-69, 77-79.

Тема 2.2. Основи теорії подібності фізичних явищ.

Основні поняття та визначення теорії подібності. Фізична основа теорії подібності. Інваріант подібності. Однойменні 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.

(1), стор. 147-150, 97-99. (2), стор. 141-145. (3), стор. 87-90. (4), стор. 100-110.

Тема 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.

Тема 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.

(1), стор. 227-230, 234-240. (2), стор. 144-150, 211-215, 311-315. (3), стор. 97-108. (4), стор. 237-248.

Тема 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.

(1), стор. 255-260, 265-266, 267-270. (2), стор. 320-325. (4), стор. 287-290

Тема 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).

(1), стор. 306-310, 311-334

3.ТЕПЛООБМІН ПРИ ФАЗОВИХ ПЕРЕХОДАХ

Тема 3.1. Теплообмін при кипінні.

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

[2], с. 117 [3], с. 321-324, [4], с. 238-239.[10], с. 322-323

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

[1], с. 295-301, [2], с. 2118-119, [3], с. 324-328

3. 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.

[1], с. 301-303, 306-308, [2], с. 111-116, [4], с. 236-237

4. 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.

[1], с. 308-311, [2], с. 328-333, [4], с. 247-248.

5. 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.

[2], с. 131-132, [3], с. 337-340, [4], с. 248-259.

6. 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], с. 311-316, [3], с. 354-361, [4], с. 259-271

Тема 3.2. Теплообмін при конденсації

1. 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).

[1], с. 263-269, [2], с. 138-139, [4], с. 208-212.

2. Теплообмін при плівковій конденсації нерухої пари. Постановка задачі Нусельтом, аналітичне визначення коефіцієнта тепловіддачі при ламинальній течії. Локальний та середній коефіцієнти тепловіддачі. Формула Нусельта в безрозмірній формі. Конденсація на похилій поверхні та на горизонтальній трубі.

[1], с. 270-279, [2], с. 139-142, [4], с. 217-219. [9] с. 43-46, 51-52, 60-61

3. Вплив факторів, що не враховуються теорією Нусельта. 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.

[1], с. 279-285, [2], с. 143-158, [4], с. 219-227. [9] с. 52-59, 63-66, 106-124.

4. ВИПРОМІНЮВАННЯ

Тема 4.1. Теплообмін випромінюванням

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

[1], с. 361-376, [2], с. 160-169, [3], 310-319.

2. Теплообмін випромінюванням між тілами. Теплообмін випромінюванням між двома тілами, розділеними прозорим середовищем. Проміневий 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.

[1], с. 378-395, [2], с. 173-192, [4], с. 327-332.

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

[1] с. 420-440, [2], с. 185-196, [4], с. 324-327, 332-334.

Основна література :

1. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел Л.С. Теплопередача . М.: Энергия. 1975 г.
2. Михеев М.А., Михеева И.Н. Основы теплопередачи. М.: «Энергия», 1977 г.

3. Петухов Б.С., Генин Л.Г., Ковалев С.А. Теплообмен в ядерных энергетических установках. М: Энергоатомиздат, 1986 г.
4. Галин Н.М., Кириллов П.Л. Тепло-массообмен (в ядерной энергетике). М: Энергоатомиздат, 1987 г.
5. Краснощеков Е.А., Сукомел А.С. Задачник по теплопередаче. М: «Энергия», 1975.

Додаткова література:

6. Кириллов П.Л., Юрьев Ю.С., Бобков Б.П. Справочник по теплогидравлическим расчетам. М., Энергоиздат, 1984.
7. Богданов С.Н. и др. Теоретические основы хладотехники. Тепломассообмен. М.: Агропромиздат, 1986 г.
8. Толубинский В.И. Теплообмен при кипении.
9. Исаченко В.П. Теплообмен при конденсации. М., Энергия, 1977, 240 с.
10. Петухов Б.С., Генин Л.Г., Ковалев С.А. Теплообмен в ядерных энергетических установках. М: Атомиздат, 1974 г.

ПРИКІНЦЕВІ ПОЛОЖЕННЯ

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

РЕЙТИНГОВА СИСТЕМА ОЦІНКИ РІВНЯ ПІДГОТОВКИ ВСТУПНИКІВ

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.	95 - 100

Допускається одне незначне виправлення.	
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 зображенні 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: $\Phi = (\Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3) / 3$.

Для переведення сумарного рейтингу RD у традиційні оцінки слід користуватися таблицею 2.

Таблиця 2 – Відповідність сумарного рейтингу Φ традиційним оцінкам

Значення Φ	Чисельний еквівалент	Оцінка ECTS	Оцінка традиційна
95 - 100	5	A	відмінно
85 - 94	4,5	B	добре(дуже добре)
75 - 84	4	C	добре
65 - 74	3,5	D	задовільно
60 - 64	3	E	задовільно (достатньо)
59 і менше	0	Fx	незадовільно, вступник виключається з конкурсного відбору

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

144 Теплоенергетика

Спеціалізація

Теплофізика

(назва)

Навчальна дисципліна

Комплексне фахове випробування

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ №

1. Записати математичну постановку задачі температурного поля для об'єкту 1 (див. рис).

2. Теплопередача через одношарову і багатошарову пласку стінку.

3. Математична модель променистого теплообміну у замкненій системі теплообмінних поверхонь по алгебраїчному методу. Приведення основного рівняння математичної моделі до матричного вигляду. Вибір метода рішення матричного рівняння

Затверджено на засіданні кафедри атомних електричних станцій і інженерної теплофізики

Протокол № 9 від « 15 » лютого 20 17 року

Голова підкомісії

В.О.Туз

(підпис)

(прізвище та ініціали)

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

д.т.н., професор _____ В.О.Туз

к.т.н., доцент _____ С.В.Шевель

к.т.н., доцент _____ Н.Л.Лебедь