

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

ЗАТВЕРДЖЕНО

Вченою радою

Теплоенергетичного факультету

Протокол № \_\_\_\_ від \_\_\_\_\_ 2021 р.

Голова Вченої ради

\_\_\_\_\_ Євген ПИСЬМЕННИЙ

М.П.

**ПРОГРАМА**

**комплексного фахового випробування**

для вступу на освітню програму підготовки магістра

«Теплоенергетика та теплоенергетичні установки електростанцій»

***за спеціальністю 144 Теплоенергетика***

Програму рекомендовано кафедрою:

Теплоенергетики та теплоенергетичних

установок електростанцій

Протокол № \_\_\_\_ від \_\_\_\_\_ 2021 року

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ Ольга ЧЕРНОУСЕНКО

Київ – 2021

## 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 проводиться у вигляді комплексного іспиту з таких фахових дисциплін спеціальності Теплоенергетика: «Тепломасообмін», «Технічна термодинаміка», «Гідрогазодинаміка», «Теплові та атомні електростанції».

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 три питання 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 «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 багатошарової плоскої стінки. Теплопровідність одношарової циліндричної стінки при граничних умовах I роду. Теплопровідність багатошарової циліндричної стінки при граничних умовах I роду. Теплопередача через плоску стінку. Коефіцієнт теплопередачі. Рівняння теплопередачі. Теплопередача через багатошарову плоску стінку. Теплопередача через одношарову циліндричну стінку. Лінійний коефіцієнт теплопередачі. Лінійний термічний опір теплопередачі. Теплопередача через багатошарову 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. 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.

### 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'язкістно- 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).

## 3. Теплообмін при фазових переходах

### 3.1. 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.

### 3.2. 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 (ламінарний, 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.

#### 4. Випромінювання

##### 4.1. 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.

## **2.2 Дисципліна «Гідрогазодинаміка»**

### 1. Основні поняття та закономірності

Сили й напруження, що діють в суцільних середовищах. Фізичні властивості, термодинамічні та гідромеханічні моделі рідин і газів. Відмінні особливості механіки рідини і газу.

### 2. Методи вивчення руху рідини

Методи вивчення руху, кінематичні поняття й характеристики руху рідких частинок і потоків. Кінематичні методи й поняття при вивченні руху рідин і газів. Модель руху рідкої частинки. Теорема Коші-Гельмгольца. Кінематичні теореми – Стокса та друга Гельмгольца. Метод Лагранжа; Метод Ейлера.

### 3. Основні відомості про рідке і газоподібне середовище

Маса. Густина. Вага. Тиск. Вакуум. Температура. Стисливість. Температурне розширення. Коефіцієнт динамічної в'язкості. Коефіцієнт кінематичної в'язкості.

### 4. Явища на поверхні розділу фаз

Змочування рідиною твердої поверхні. Крайовий кут змочування. Вільна поверхнева енергія. Коефіцієнт поверхневого натягу. Явища у капілярах. Капілярний тиск.

### 5. Сили діючі в рідинах та газах

Масові сили (сили ваги, інерції, електричні). Поверхневі сили (нормальні складові, тангенціальні складові).

### 6. Статика

Основне гідростатичне рівняння. Рівняння для крапельних рідин. Рівняння для газів. Гідростатичний парадокс. Гідростатичний тиск. Поверхня сталого тиску рідини та її рівняння. Рівняння розподілу гідростатичного тиску. Тиск рідини на плоскі і криволінійні поверхні. Використання законів гідростатики при обґрунтуванні дії різних пристроїв. Манометри та вакууметри. Сполучені посудини. Гідравлічний прес та домкрат. Закон Паскаля. Закон Архімеда. Плавання тіл та закони остійності плаваючих тіл у рідині. Центр тиску.

### 7. Кінематика

Скалярні і векторні поля. Поверхня рівня. Векторні лінії і трубки. Поле швидкостей. Лінії току і траєкторії. Трубка току, струмінь, потік швидкості. Особливі точки. Розкладення руху рідкої частки.

## 8. Динаміка

Гідравлічне рівняння нерозривності (нестислива рідина). Гідравлічне руху ідеальної рідини. Інтеграл Бернуллі для елементарного струменя ідеальної рідини. Інтеграл Бернуллі для потоку ідеальної рідини. Інтеграл Бернуллі для потоку реальної рідини. Коефіцієнт Коріоліса. Геометрична інтерпретація інтеграла Бернуллі. Енергетична інтерпретація інтеграла Бернуллі. Динамічний напір. П'єзометричний напір. Нівелірна висота. Поняття про пограничний шар. Умови появи пограничного шару. Ламінарний пограничний шар. Турбулентний пограничний шар. Умови переходу ламінарного пограничного шару в турбулентний. Ламінарний прошарок турбулентного пограничного шару. Рух реальних рідин і газів у трубах. Режими течії. Розподіл швидкості по перерізу труби. Ділянка гідродинамічної стабілізації. Гідравлічний опір при русі рідин і газів у трубопроводі. Втрати тиску в трубі по її довжині. Місцеві втрати тиску. Еквівалентна довжина при визначенні місцевих втрат тиску.

## **2.3 Дисципліна «Технічна термодинаміка»**

### 1. Перший закон термодинаміки

Система і стан. Контрольна поверхня. Термодинамічний процес. Робота і теплота. Термічні та калоричні параметри. Матеріальний баланс. Перший закон термодинаміки для закритих систем. Перший закон термодинаміки для відкритих систем. Дві форми запису першого закону термодинаміки. Теплоємність. Визначення теплоємності за молекулярно-кінетичною теорією та за допомогою таблиць. Теплоємність суміші газів.

### 2. Другий закон термодинаміки

Формулювання другого закону термодинаміки. Цикл Карно. Теореми Карно. Ентропія і другий закон. Ентропія і термодинамічна вірогідність. Основна термодинамічна тотожність – об'єднання першого і другого законів термодинаміки. Ексергія – міра якості енергоресурсів. Вплив необоротностей на втрати ексергії.

### 3. Загальні співвідношення між термодинамічними величинами.

Основні математичні методи. Рівняння Максвелла. Частинні похідні внутрішньої енергії та ентальпії. Диференціальні рівняння для теплоємності.

### 4. Ідеальний газ

Закони ідеального газу. Рівняння стану для ідеального газу. Теплоємність. Визначення теплоємності за молекулярно-кінетичною теорією та за допомогою таблиць. Теплоємність суміші газів. Термічні параметри. Калоричні параметри. Термодинамічні процеси з ідеальними газами. Ізохорний процес. Ізобарний процес. Ізотермічний процес. Адіабатний процес. Політропний процес і його узагальнююче значення.

### 5. Реальний газ.

Загальні властивості реальних газів. Таблиці і діаграми для газів і рідин. Термодинамічні процеси з реальними газами.

### 6. Вологе повітря

Поняття про вологе повітря. Характеристики вологого повітря. Діаграма вологого повітря. Розрахунки процесів вологого повітря.

### 7. Термодинаміка потоку

Рівняння першого закону термодинаміки для потоку. Адіабатна течія в соплах і дифузорах. Витікання газів і пари. Просте і складне сопла. Дроселювання газів і пари.

### 8. Прямі цикли

#### 8.1 Прямий цикл (робоче тіло – ідеальний газ)

Нагнітання газів і пари. Цикли газотурбінних установок і методи підвищення їх ефективності. Регенерація. Цикли двигунів внутрішнього згорання і реактивних двигунів.

#### 8.2 Прямий цикл (робоче тіло – реальний газ)

Простий паросиловий цикл. Удосконалення циклів паросилових установок. Проміжний перегрів. Регенерація. Термодинамічні основи теплофікації. Комбінований цикл.

#### 9. Зворотні цикли

Холодильна установка. Цикл повітряної холодильної установки. Цикл парокомпресійної холодильної установки. Теплонасосні установки.

### **2.4 Дисципліна «Теплові та атомні електростанції»**

#### 1. Типи та класифікація електростанцій. Споживачі енергії

ТЕС та АЕС як промислові підприємства. Особливості енергетичної галузі промисловості. Типи та класифікація електростанцій за видом енергії, що продукується, за первинними енергоресурсами, за початковими параметрами пари, за режимами роботи, за технологічною структурою. Енергетичні системи. Об'єднана енергосистема України. Модель енергетичного ринку України. Нерівномірність споживання електричної та теплової енергії. Графіки теплового та електричного навантаження. Паливно енергетичні ресурси. Технологічні схеми паротурбінних електростанцій, їх термодинамічні цикли. Цехова структура. Організація управління та експлуатації блочних ТЕС.

#### 2. Теплова економічність та енергетичні показники електростанцій

Термодинамічні основи роботи ТЕС і АЕС. Енергетичні показники роботи електростанцій. Принципові теплові схеми ТЕС. Питомі показники КЕС. Витрати електроенергії на власні потреби. Розрахунки для умов експлуатації. Особливості розрахунку теплової економічності ТЕЦ. Принципові теплові схеми ТЕЦ різного призначення та початкових параметрів пари. Оцінка та аналіз показників теплової економічності АЕС різного типу, схеми, розрахунки.

#### 3. Способи підвищення теплової економічності паротурбінних електростанцій

Вплив кінцевих та початкових параметрів пари ТЕС та АЕС на надійність та економічність роботи. Вибір кінцевих параметрів пари. Проміжний перегрів пари, термодинамічні основи та реалізація. Вибір параметрів проміжного перегріву на КЕС та ТЕЦ. Вплив проміжного перегріву на економічність, надійність та маневреність енергоблоків. Допустима вологість на останніх ступенях турбін. Сепарація пари. Аналіз економічності АЕС в порівнянні з ТЕС. Регенеративний підігрів живильної води на ТЕС та АЕС, термодинамічні основи. Вибір оптимальної температури живильної води, кількості та параметрів відборів пари. Розподіл підігріву води за ступенями регенерації. Вплив способу на надійність, економічність та вартість обладнання теплових схем ТЕС та АЕС. Особливість розподілу підігріву води за ступенями регенерації на ТЕС з промперегрівом. Типи та конструкції регенеративних підігрівачів. Аналіз економічності, експлуатаційної надійності, капітальних витрат. Вибір типу регенеративних підігрівачів живильної води та конденсату. Способи та схеми зливу дренажу поверхневих регенеративних підігрівачів. Виносні та вбудовані охолоджувачі пари та дренажу, схеми вмикання. Особливості систем регенерації високого та низького тиску на ТЕС та АЕС різної потужності та параметрів. Підвищення економічності діючих електростанцій шляхом розширення надбудовою та прибудовою.

#### 4. Баланси пари та води в контурах ТЕС та АЕС. Способи утилізації втрат пари та конденсату

Втрата пари та конденсату на ТЕС та АЕС. Вплив збитків води та пари на економічність роботи електростанцій. Способи підготовки додаткової води. Утилізація збитків пари та конденсату на ТЕС. Теплові та соляні баланси. Термічна водопідготовка. Випарні установки ТЕС, типи, конструкції, варіанти ввімкнення в теплові схеми ТЕС і АЕС. Багатоступеневі випарювальні

установки. Схеми продувки котлів та випарних установок ТЕС. Обробка води на АЕС різного типу. Баланси пари та води на АЕС.

#### 5. Деаерація води на ТЕС та АЕС

Фізико-хімічні основи деаерації води. Вимоги до якості живильної води ТЕС та АЕС. Фактори, що впливають на ефективність деаерації води. Хімічні та термічні методи виділення кисню з живильної води ТЕС. Змішувач підігрівач деаератор. Функції деаераторів в теплових схемах ТЕС та АЕС. Включення деаераторів в теплові схеми електростанцій. Нейтрально-кисневий водно-хімічний режим на ТЕС. Умови реалізації. Бездеаераторні теплові схеми.

#### 6. Живильні установки, трубопроводи та арматура електростанцій

Живильні установки ТЕС та АЕС. Призначення. Типи живильних насосів. Схеми включення турбоприводів, одно- та двопідйомні схеми вмикання живильних насосів в теплові схеми. Особливості живильних насосів АЕС. Головні циркуляційні насоси АЕС. Трубопроводи електростанцій, вимоги, характеристики, категорії. Технічний розрахунок трубопроводів. Арматура електростанцій: запірні, регулюючі та запобіжні.

#### 7. Комбінований виробіток електроенергії та теплоти

Комбінована генерація тепла і електроенергії. Особливості ТЕЦ, як енергетичного підприємства. Оцінка теплової економічності ТЕЦ. Відпуск пари промисловим споживачам тепла від ТЕЦ. Відпуск пари з протитиску турбін типу Р. Відпуск промислової пари за допомогою РОУ. Відпуск технологічної пари з промислового відбору турбін типу ПТ. Відпуск промислової пари за допомогою термокомпресорів. Закрита схема відпуску промислової пари за допомогою пароперетворювачів. Відпуск гарячої води з ТЕЦ. Теплофікаційні установки ТЕЦ. Багатоступеневий підігрів мережної води і його теплова ефективність

#### 8. Компонування головних корпусів та генеральних планів ТЕС та АЕС

Технічні та економічні вимоги до компоновки ГК. Варіанти компоновок. Вибір площі будівництва електростанції. Генеральні плани ТЕС, ТЕЦ, АЕС. Питомі показники генплану. Технічні вимоги компоновки головних корпусів. Особливості компоновок головних корпусів АЕС.

#### 9. Нові прогресивні методи отримання енергії та перспективи розвитку енергетики

Газотурбінні електростанції. Цикл Брайтона. Теплова схема ГТУ. Промислові газотурбінні установки. Комбіновані парогазові установки. ПГУ з витісненням регенерації, з низько- та високонапорними парогенераторами, з котлом-утилізатором. Способи прямої конверсії хімічної енергії палива в електричну. Електростанції з магнітогідродинамічними установками. МГД установка як високотемпературна надбудова традиційної ТЕС. Термоядерний синтез. Критерії ініціалізації керованого термоядерного синтезу. Концепція інерціального керованого термоядерного синтезу. Теплова схема інерціальної термоядерної електростанції. Концепція квазістаціонарного термоядерного синтезу. Міжнародний експериментальний термоядерний реактор ITER. Органічний цикл Ренкіна. Сфери застосування ORC установок. Вибір теплових носіїв для установок органічного циклу Ренкіна.

### **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  $\Phi$ ) враховує рівень знань і умінь, які вступник виявив при виконанні комплексного фахового випробування. Кількість балів,

набраних на іспиті (Ф), 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. Загалом білет містить три завдання, по одному питанню з кожної дисципліни. 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.                                                                                               | 186 – 200                   |
| 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                                                               | 161 – 185                   |
| 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.                                                                  | 136 – 160                   |
| 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.                                                                                                     | 111 – 135                   |
| 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.                                                                                     | 100 – 110                   |
| 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 | 99 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...6 штрафні бали;
- окремі, дещо нечіткі формулювання, які допускають неоднозначні тлумачення – 1...2 штрафні бали за кожне таке формулювання;

- порушення масштабу при зображеннях залежностей на графіках, відсутність позначень величин на осях графіків – 1...2 штрафні бали за кожний з вказаних недоліків;
- стилістичні та граматичні помилки – 1...2 штрафні бали за кожну з помилок;
- неохайно написаний текст відповіді із значною кількістю виправлень, що суттєво ускладнює сприйняття відповіді – 1...6 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:  $\Phi = (\Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3) / 3$ .

Для переведення сумарного рейтингу  $\Phi$  у традиційні оцінки слід користуватися таблицею 2.

Таблиця 2 – Відповідність сумарного рейтингу  $\Phi$  традиційним оцінкам

| Значення $\Phi$ | Оцінка традиційна                                         |
|-----------------|-----------------------------------------------------------|
| 186 – 200       | відмінно                                                  |
| 161 – 185       | дуже добре                                                |
| 136 – 160       | добре                                                     |
| 111 – 135       | задовільно                                                |
| 100 – 110       | достатньо                                                 |
| 99 і менше      | незадовільно, вступник виключається з конкурсного відбору |

# ПРИКЛАД ТИПОВИХ ЗАВДАНЬ 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  
(назва)  
Навчальна дисципліна Комплексне фахове випробування

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № \_\_\_\_\_

1. Пояснити фізичну сутність основних способів перенесення теплоти.  
Що таке складний теплообмін? Наведіть приклади складного теплообміну.  
2. Ідеальний цикл ГТУ з підведенням теплоти при  $p = \text{const}$ .  
3. Навести основні відомості про рідке і газоподібне середовище (маса, густина, вага, стисливість, температурне розширення, динамічний коефіцієнт в'язкості, кінематичний коефіцієнт в'язкості).

Затверджено на засіданні кафедри Теплоенергетики та теплоенергетичних установок електростанцій  
Протокол № \_\_\_\_\_ від « \_\_\_\_\_ » лютого 20 21 року  
Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ Ольга ЧЕРНОУСЕНКО  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

(повне найменування вищого навчального закладу)

Освітній ступінь магістр  
Спеціальність 144 Теплоенергетика  
(назва)  
Навчальна дисципліна Комплексне фахове випробування

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № \_\_\_\_\_

1. Регенеративний підігрів живильної води як спосіб підвищення теплової економічності ТЕС та АЕС. Термодинамічні основи. Реалізація. Приклади.  
2. Фізико-хімічні основи термічної деаерації води на ТЕС та АЕС. Газодинамічний принцип взаємодії потоків води та пари.  
3. Поясніть необхідність ускладнення конструкції ПВТ ТЕС та АЕС. Складіть схему включення їх в теплову схему ПТУ.

Затверджено на засіданні кафедри Теплоенергетики та теплоенергетичних установок електростанцій  
Протокол № \_\_\_\_\_ від « \_\_\_\_\_ » лютого 20 21 року  
Голова підкомісії \_\_\_\_\_ Ольга ЧЕРНОУСЕНКО  
(підпис) (прізвище та ініціали)

## ЛІТЕРАТУРА

1. Лабай, В. Й. Приклади і задачі з курсу тепломасообміну: навчальний посібник / В.Й. Лабай; Міністерство освіти і науки України, Національний університет «Львівська політехніка» - Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2017. – 226 с.: іл., табл.
2. Вассерман, О. А. Основи тепломасообміну: навчальний посібник для вищих навчальних закладів / О.А. Вассерман, О.Г. Слинько, В.П. Мальчевський; Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України, Одеський національний морський університет. – Одеса: Фенікс, 2011. – 148 с.: іл.
3. Погорєлов, А. І. Тепломасообмін (основи теорії і розрахунку): Навч. посіб. для студ. енергетич. спец. / А.І. Погорєлов. – Львів: Новий Світ-2000, 2006. – 144 с.
4. Константінов, С. М. Теплообмін: підручник для студентів вищих технічних навчальних закладів / С.М. Константінов; Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут". – Київ: Політехніка, 2005. – 304 с.
5. Исаченко, В. П. Теплопередача: учебник для теплоэнерг. спец. вузов / В. П. Исаченко, В. А. Осипова, А. С. Сукомел. – Москва: Энергоиздат, 1981. – 417 с., ил.
6. Михеев, М. А. Основы теплопередачи / М.А. Михеев, И.М. Михеева. – Москва: Энергия, 1977. – 344 с.: ил.
7. Альтман, Е. І. Гідрогазодинаміка: навчальний посібник / Альтман Е.І., Бошкова І.Л.; Міністерство освіти і науки України, Одеська національна академія харчових технологій. – Одеса: Бондаренко М. О., 2019. – 187 с.: іл., табл.
8. Гідрогазодинаміка: монографія / С.М. Василенко [та ін.]; Міністерство освіти і науки України, Національний університет харчових технологій. – Київ: Кондор, 2016. – 676 с.
9. Ярхо, А. А. Гидрогазодинамика: учеб. пособ. для студ. высш. учеб. завед. железнодорож. транспорта, обучающихся по спец. «Теплоэнергетика» / А.А. Ярхо, Е.Е. Счастный, В.М. Лялюк; под. ред. А.А. Ярхо; Мин-во транспорта и связи Украины, Украинская гос. акад. железнодорожного транспорта. – Харьков, 2010.
10. Касилов, В. Ф. Справочное пособие по гидрогазодинамике для теплоэнергетиков / В.Ф. Касилов. – М. МЭИ, 2000. – 272 с.: ил.
11. Методичні рекомендації з теоретичним матеріалом по вивченню курсу «Гідрогазодинаміка»: Для студ. теплоенер. спец. / Укл. Г. М. Любчик. - К.: КПІ, 1992. – 72 с.
12. Дейч, М. Е. Гидрогазодинамика: учеб. пособ. для студ. теплотехнич. спец. вузов / М.Е. Дейч, А.Е. Зарянкин. – Москва: Энергоатомиздат, 1984. – 384 с.
13. Малишев, В. В. Технічна термодинаміка та теплопередача: навчальний посібник для студентів інженерних спеціальностей денної та заочної форм навчання / В.В. Малишев, В.В. Кретов, Т.М. Гладка; Міністерство освіти і науки України, Відкритий міжнародний університет розвитку людини «Україна». – Київ: Університет «Україна», 2015. – 257 с.
14. Пеньков, В. І. Технічна термодинаміка: навчальний посібник для студентів напряму 6.090601 «Теплоенергетика» / В.І. Пеньков; Мін-во освіти і науки України, Нац. ун-т водного господарства та природокористування. – Рівне: НУВГП, 2010. – 209 с.
15. Константінов, С. М. Збірник задач з технічної термодинаміки та теплообміну: навчальний посібник для студентів вищих технічних навчальних закладів / С.М. Константінов, Р.В. Луцик; Міністерство освіти і науки України, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут». – Київ: Освіта України, 2009. – 544 с.
16. Буляндра, О. Ф. Технічна термодинаміка: підручник для студ. енергетичних спец. внз / О.Ф. Буляндра. – К.: Техніка, 2006. – 320 с.
17. Константінов, С. М. Технічна термодинаміка: підручник для студентів вузів / С.М. Константінов. – Київ: Політехніка, 2001. – 368 с.
18. Алабовский, А. Н. Техническая термодинамика и теплопередача: учебное пособие для студентов технологических специальностей вузов / А.Н. Алабовский, И.А. Недужий. – Киев: Выща школа, 1990. – 255 с.: ил.
19. В.Я. Рыжкий. Тепловые электрические станции.-М.:Энергоатомиздат 1987, 327с.
20. Т. Х. Маргулова Атомные электростанции.-М: Высшая школа.1984.304с.

21. Л.С. Стерман, В.М. Лавигин, С.Г. Тишин Тепловые и атомные электрические станции (учебник для вузов) Изд.2, переработанное. М.:Изд.-МЭИ, 2000.-406с.
22. Волков Э.П. Контроль загазованности атмосферы выбросами ТЭС. -М.: Энергоатомиздат, 1986. - 256 с.
23. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. - М.: Энергоиздат, 1982. - 360 с.
24. Тепловые и атомные электрические станции: Справочник /Под общ. ред. В.А.Григорьева и В.М.Зорина. - М.: Энергоиздат, 1992. - 624 с.
25. Рубинштейн Я.М., Щепетильников М.И. Исследование реальных тепловых схем ТЭС и АЭС. - М.: Энергоиздат, 1982. - 272 с.
26. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел Л.С. Теплопередача . М.: Энергия. 1975 г.
27. Михеев М.А., Михеева И.Н. Основы теплопередачи. М.: «Энергия», 1977 г.
28. А.П. Елизаров Паропроводы тепловых электростанций М.: Энергоатомиздат, 1984.-232 с.
29. Н.М. Мхитарян. Энергетика нетрадиционных и возобновляемых источников.- К.: Наукова думка.1999. –320 с.
30. Абрамович Г.М. Прикладная газовая динамика.- М.: Наука, 1976. – 888 с.
31. Повх И.Л. Техническая гидромеханика. – М.: Машиностроение, 1976. – 504с.

## **РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ**

д.т.н., проф. каф. Т та ТУЕ

Ольга ЧЕРНОУСЕНКО

д.т.н., проф. каф. Т та ТУЕ

Генадій ВАРЛАМОВ

к.т.н., доц. каф. Т та ТУЕ

Володимир СЕРЕДА

к.т.н., доц. каф. Т та ТУЕ

Олександр СІРИЙ

к.т.н., доц. каф. Т та ТУЕ

Дмитро РИНДЮК