

**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 142 Енергетичне машинобудування
по спеціалізації Тепло - і парогенеруючі установки

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 «Парові котли», «Теплогідравлічні процеси в енергетичних установках», «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 «Парові котли»

1. Паровий котел. Паливо і його спалювання.

1.1. Паливо і його класифікація.

Види і склад органічного палива. Вплив хімічних елементів на якість палива, економічність і надійність роботи котла. Розрахункові маси палива. Технічні характеристики палива. Класифікація твердого палива. Реакційна здатність палива. Рідке паливо, його характеристики, переваги. Газове паливо, його компоненти, основні характеристики. Теплоти згоряння палива. Умовне паливо, приведені характеристики палива.

1.2. Продукт згоряння палива і матеріальний баланс процесу.

Процес згоряння і його стадії. Рівняння згоряння палива. Матеріальний баланс процесу згоряння палива. Повне і неповне згоряння. Теоретично необхідна кількість повітря. Коефіцієнт надлишку повітря і присмоки його у газоходах котла. Склад продуктів спалювання, визначення їх об'ємів і парціального тиску. Ентальпія продуктів спалювання.

1.3. Ефективність використання палива. Тепловий баланс котла.

Тепловий баланс котла. Розподільне тепло. Корисно використане тепло. Характеристики теплових втрат і засоби їх зменшення. Техніко-економічне обґрунтування вибору оптимальної температури газів на виході з котла. Коефіцієнт корисної дії котла (брутто, нетто), його визначення за прямим і зворотнім балансами теплоти. Витрата палива на котел.

2. Паровий котел і його елементи (складові).

2.1. Топкові пристрої, конструкції та ефективність роботи.

Основні елементи парового котла і їх призначення. Класифікація і технічні характеристики топкових пристроїв. Особливості роботи, конструктивне оформлення, застосування. Шарові топки: схеми організації шарового топкового процесу, робочі процеси у шарових топках при спалюванні різного вугілля, топки з ланцюговою решіткою, топки з пневмозакидачем, топки з киплячим шаром. Камерні топки. Пиловугільні з гранульованим і рідким шлаковидаленням. Газомазутні топки. Розрахункові порівняльні характеристики. Циклонні і вихрові топки.

2.2. Конструкції поверхонь нагріву парового котла.

Розподіл теплосприйняття між підігрівачами, парогенеруючими і пароперегрівними поверхнями нагріву в залежності від параметрів пари. Радіаційні і конвективні поверхні нагріву котельної установки. Компонувачі рішення і конструктивне оформлення пароутворюючих поверхонь нагріву з природною і примусовою циркуляцією. Кріплення, компенсація термічного розширення. Особливості конструкції футерованих і газощільних екранів. Пароперегрівні поверхні нагріву. Призначення, класифікація, конструкції. Умови роботи пароперегрівників і конструктивні матеріали, що застосовуються. Схеми пароперегрівників. Температурна розвірка і засоби її усунення. Низькотемпературні хвостові поверхні нагріву. Призначення і види конструкції водяних економайзерів. Значення підігріву повітря. Типи повітропідігрівників: рекуперативні, регенеративні, спеціальні. Компонівка низькотемпературних поверхонь нагріву.

2.3. Регулювання температури перегріву пари.

Статичні характеристики пароперегрівників. Вплив експлуатаційних факторів на температуру перегріву. Компонівка пароперегрівників. Вимоги ОСТ до відносно допустимих відхилень температури перегріву пари від номінального значення. Методи і пристрої для регулювання температури перегріву. Регулювання температури гострої і вторинної пари. Методи газового і парового регулювання. Місця встановлення регуляторів.

2.4. Теплова схема парового котла.

Загальні уявлення про теплову схему. Теплова схема котлів: барабанних, прямотокових, надкритичних параметрів. Вибір теплової схеми і розміщення поверхонь нагріву в газовому тракту котла. Вплив різноманітних параметрів на вибір компоновки поверхонь нагріву і теплової схеми. Принципи розрахунку теплової схеми. Вплив параметрів пари, якості палива, засобів їх спалювання, температури підігріву на конструкцію, компоновку і теплову схему котла.

3. Підготовка палива до згорання.

3.1. Системи паливонадачі. Властивості вугільного пилу.

Паливонадача і її допоміжне обладнання. Технологічна схема тракту подачі вугілля. Фізичні основи пилоприготування. Вугільний пил, його властивості та характеристики. Аналіз і вибір оптимального розмолу палива.

3.2. Системи пилоприготування і їх елементи.

Обладнання систем пилоприготування. Вуглерозмольні млини: шарові-барабанні, середньоходові, швидкохідні, млини-вентилятори, шахтні млини. Системи пилоприготування, їх вибір, особливості роботи і принципи розрахунку: замкнені, розімкнені, з безпосереднім вдювом у топку і з проміжним бункером.

3.3. Підготовка рідкого і газоподібного палива до згорання.

Паливне господарство газомазутних електростанцій. Технологічні схеми підготовки мазута до згорання. Підготовка газового палива до згорання.

4. Конструкції парових котлів.

4.1. Класифікація парових котлів і їх компоновка.

Основні параметри парового котла. Маркування котлів. Типи і класифікація котлів. Види компоновок сучасних котлів. Вплив параметрів пари і характеристик палива, а також методів їх спалювання на конструкцію і компоновку парових котлів.

4.2. Розвиток конструкцій парових котлів.

Котел циліндричний, газотрубні котли (жаротрубні і димогарні), горизонтально-водотрубні котли, вертикально-водотрубні. Сучасні котли малої, середньої, високої паропродуктивності. Парові котли низького, середнього і високого тиску. Вплив методів монтажу на конструкцію парового котла.

4.3. Прямотоковий енергетичний котел.

Схема і принцип дії прямотокового котла, основні переваги і недоліки. Порівняльні характеристики. Прямотокові котли високого і надвисокого тиску. Особливості роботи котлів надкритичного тиску. Парові котли енергетичних блоків 200, 300, 500, 800, 1000 МВт.

5. Газоповітряний тракт котла.

5.1. Процеси з боку теплоносія у теплообмінних поверхнях нагріву.

Зовнішнє забруднення поверхонь нагріву і засоби їх очищення. Абразивний знос поверхонь нагріву і вибір швидкостей димових газів. Низькотемпературна корозія поверхонь нагріву, методи її усунення.

5.2. Газодинамічні розрахунки елементів парового котла.

Схема газового тракту котла і його конструктивні елементи. Кількість повітря, що подається вентилятором. Об'єм димових газів перед димососом. Аеродинамічний опір руху димових газів і повітря: методи розрахунку опору тертям і місцевого опору. Сумарний опір газового і повітряних трактів. Розрахунок висоти димових труб. Вибір вентиляторів і димососів.

ОСНОВНА ЛІТЕРАТУРА

1. Парогенераторы: учебник для вузов /А.П. Ковалев, Н.С. Лелеев, Т.В. Виленский; под общ. ред. А.П. Ковалева. – М.: Энергоиздат, 1985. –376 с., ил.
2. Резников М.И., Липов Ю.М. Паровые котлы тепловых электростанций: Учебник для вузов. – М.: Энергоиздат, 1981. – 240 с., ил.
3. Стырикович М. А., Катковская К.Я., Серов Е.П. Парогенераторы электростанций, М.–Л., Энергия, 1966. – 384 с., ил.
4. Хзмалян Д.М., Каган Я.А. Теория горения и топочные устройства. Под ред. Д.М. Хзмаляна. Учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений. М., Энергия, 1976. – 488 с., ил.
5. Орнатский А.П., Дашкиев Ю.Г., Перков В.Г. Парогенераторы сверхкритического давления. – Киев: Выс. школа, 1980. – 287 с.

ДОДАТКОВА ЛІТЕРАТУРА

6. Тельдеши Ю., Лесны Ю. Мир ищет энергию: Пер. со словар. /Пер. Аркина М.Я.; под ред. Ю.А. Мазитова; предисл. Н.С. Лидоренко. – М.: Мир, 1981. – 439 с., ил.
7. Нечаев Е.В., Лубнин А.Ф. Механические топки для котлов малой и средней мощности. Л.: Энергия, 1968. – 311 с., ил.
8. Александров В.Г. Вопросы проектирования паровых котлов средней и малой производительности. – М. –Л.: Государственное энергетическое издат., 1960. – 232 с., ил.
9. Тепловой расчет котельного агрегата. Кафедральное учебное пособие (кафедра АЭС и ИТФ НТУУ “КПИ”) /Письменный Е.М., Дашкиев Ю.Г. – 1999 г.
10. Мейкляр М.В. Современные котельные агрегаты ТКЗ. – М.: Энергия, 1978. – 281 с.
11. Кроль Л.Б., Розенгауз И.Н. Конвективные элементы мощных котельных агрегатов. – М.: Энергия, 1976. – 248 с.
12. Котлы-утилизаторы и энерготехнологические агрегаты /А.П. Волков и др. – М.: Энергоиздат, 1989. – 272 с.

Дисципліна “Теплогідравлічні процеси в енергетичних установках”

1. Фізика процесів генерації парової фази.

1.1 Закономірність зародження, зростання, відриву та руху парових бульбашок.

1.2 Механізм процесу теплообміну при пухирковому кипінні. Крива кипіння.

1.3 Теплообмін при плівковому кипінні.

Література: [4] гл.11, стр. 313-353; [6] гл. 6, стр.234-259;

2. Теплогідравлічні режими двофазних потоків.

2.1 Структурні зміни пароводяного потоку в парогенеруючих елементах. Режими руху.

2.2 Фізичні особливості процесів гідродинаміки та теплообміну у парогенеруючих каналах.

Література: [4] гл.13, стр. 380-392; [6] гл. 6, стр.259-280;

3. Рух двофазного потоку у парогенеруючих каналах.

3.1 Основи розрахунку гідравлічного опору каналів ядерних реакторів в умовах руху через них однофазних потоків.

3.2 Основи розрахунку гідравлічного опору каналів ядерних реакторів в умовах руху через них двофазних потоків.

Література: [2] гл.1, стр. 17-31; [4] гл. 8, стр.234-264;

4. Рух двофазного потоку у циліндричних та кільцевих каналах.

4.1 Гідравлічний опір тертя при русі однофазних потоків теплоносія.

4.2 Гідравлічний опір тертя при русі двофазних потоків теплоносія.

Література: [2] гл.2, стр. 32-47; [4] гл. 14, стр. 421-441;

5. Невимушена циркуляція теплоносія в циркуляційних контурах енергетичних установок.

5.1 Визначення рушійного та корисного напорів циркуляції.

5.2 Графоаналітичний метод розрахунку циркуляції в простих та складних циркуляційних контурах.

5.3 Оцінка надійності невимушеної циркуляції.

Література: [3] гл.3, стр. 35-49.

6. Вимушена циркуляція теплоносія в циркуляційних контурах енергетичних установок.

6.1 Гідродинамічні характеристики поверхонь, що обігриваються.

6.2 Теплогідрравлічна розвірка паралельних каналів.

6.3 Методи запобігання пульсацій теплоносія в циркуляційних контурах енергетичних установок.

Література: [3] гл.4, стр. 53-66; [5] гл. 17, стр.271-306.

7. Процеси теплопереносу у випарювальних елементах енергетичних установок.

7.1 Теплообмін на занурених парогенеруючих поверхнях тепловіддачі.

7.2 Теплообмін у парогенеруючих каналах в умовах вимушеного руху теплоносія.

Література: [2] гл.5, стр. 69-76; [4] гл. 11, стр. 313-350, гл. 13 стр. 380-414.

8. Визначення гранично допустимих теплових навантажень поверхонь тепловіддачі у високофорсованих теплообмінних апаратах.

8.1 Механізм кризи тепловіддачі при кипінні теплоносія на занурених поверхнях тепловіддачі.

8.2 Критична щільність теплового потоку при кипінні теплоносія на занурених поверхнях тепловіддачі.

8.3 Критична щільність теплового потоку при кипінні теплоносія у парогенеруючих каналах в умовах вимушеного руху теплоносія.

Література: [3] гл.10, стр. 240-252; [6] гл. 6, стр. 281-303.

ОСНОВНА ЛІТЕРАТУРА

1. Тепловыделение в ядерном реакторе. Под ред. Н.Н. Пономарева-Степного, - М.: Энергоатомиздат, 1985, - 160с.

2. Кириллов П.Л., Юрьев Ю.С., Бобков В.П. Справочник по теплогидравлическим расчетам (ядерные реакторы, теплообменники, парогенераторы), - М.: Энергоатомиздат, 1984, - 294с.

3. Кутепов А.М., Стерман Л.С., Стюшин Н.Г. Гидродинамика и теплообмен при парообразовании, - М.: Высшая школа, 1977, - 352с.

4. Петухов Б.С., Генин Л.Г., Ковалев С.А. Теплообмен в ядерных энергетических установках, - М.: Энергоатомиздат, 1986, - 470с.

ДОДАТКОВА ЛІТЕРАТУРА

5. Делайе Дж., Гио М., Ритмюллер М. Теплообмен и гидродинамика в атомной и тепловой энергетике. /Пер. С англ. Под ред. П.Л. Кириллова / - М.: Энергоатомиздат, 1984, - 422с.

6. Галин Н.М., Кириллов П.Л. Тепломассообмен (в ядерной энергетике), - М.: Энергоатомиздат, 1987, - 375с.

7. Саркисов А.А., Пучков В.Н. Физические основы эксплуатации ядерных паропроизводящих установок, - М.: Энергоатомиздат, 1989, - 504с.

8. Методичні вказівки до самостійної роботи з курсу «Гідродинаміка та теплообмін в ядерних енергетичних установках» ч.1, 2, - Київ, КПІ, 1992, - 75с., 90с.

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 багат шарової плоскої стінки. Теплопровідність одношарової 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 одношарову 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), 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 нестаціонарному тепловому режимі.

Фізичні основи процесу нестаціонарної теплопровідності. Нестаціонарна теплопровідність пластини без внутрішніх джерел тепла. Диференційне рівняння, яке описує температурне поле при нестаціонарній теплопровідності пластини без внутрішніх джерел тепла. Аналіз рішення диференційного рівняння, яке описує температурне поле при нестаціонарній теплопровідності пластини без внутрішніх джерел тепла. Нестаціонарна теплопровідність циліндру без внутрішніх джерел тепла. Диференційне рівняння, яке описує температурне поле при нестаціонарній 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 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.

[1], с. 270-279, с. [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. 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.

[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. Променевий 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 (таблицы 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. 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: $\Phi = (\Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3) / 3$.

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 142 Енергетичне машинобудування

Спеціалізація Тепло – і парогенеруючі установки

(назва)

Навчальна дисципліна Комплексне фахове випробування

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ №

1. Методи спалювання природного газу і його властивості
2. Особливості теплообміну при ламінарному неізотермічному режимі течії в трубах
3. Теплообмін на занурених парогенеруючих поверхнях тепловіддачі:
- формула Кутателадзе

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 _____ Є.В.Шевель

к.т.н., доцент _____ В.І.Мариненко

к.т.н., доцент _____ В.Ю.Кравець