

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

ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова Атестаційної комісії

Теплоенергетичного факультету



Євген ПИСЬМЕННИЙ

_____ » 2022 р.
М.П.

ПРОГРАМА

комплексного фахового випробування
для вступу на освітню програму підготовки магістра
«Інженерія і комп'ютерні технології теплоенергетичних систем»
за спеціальністю 142 Енергетичне машинобудування

Програму рекомендовано кафедрою

Атомних електричних станцій і інженерної теплофізики

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

Завідувач кафедри _____ Валерій ТУЗ

Київ – 2022

1. ВСТУП

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

Вступне випробування проводиться у вигляді комплексного іспиту з фахових дисциплін «Парові котли», «Теплогідравлічні процеси в енергетичних установках», «Тепломасообмін», «Теплообмін при фазових перетвореннях і випромінюванні». Вступники повинні продемонструвати і підтвердити відповідний рівень теоретичних та практичних знань, отриманих при вивченні даних дисциплін.

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

2. ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ, ЩО ВІНОСЯТЬСЯ НА ІСПИТ

2.1 Дисципліна «Парові котли»

1. Паровий котел в технологічній схемі процесу генерації пари. Класифікація парових котлів. Конструктивні схеми парових котлів. Поверхні нагріву парових котлів.

2. Елементарний склад палива. Характеристики палива. Продукти згоряння органічного палива. Тепловий баланс і ККД парового котла. Шарове спалювання твердого палива. Шарові та шахтні топки. Камерне спалювання органічного палива. Спалювання твердого палива у киплячому шарі. Камерні топки. Спалювання газового, рідкого і твердого палива. Пальникові пристрої і їх компонування. Геометричні і радіаційні характеристики топкових камер.

3. Гідродинаміка пароводяної суміші в парових котлах з природньою циркуляцією. Надійність роботи контурів природньої циркуляції. Примусовий рух води і пари в трубах котлів. Теплогідравлічні розвірки. Гідравлічні схеми пароперегрівників. Регулювання температури перегретої пари.

4. Однобарабанні котли. Водогрійні котли для покриття пікової теплової потужності, опалювальні водогрійні котли.

2.2. Дисципліна “ Теплогідравлічні процеси в енергетичних установках”

1. Фізика процесів генерації парової фази.

Закономірність зародження, зростання, відриву та руху парових бульбашок. Механізм процесу теплообміну при пухирковому кипінні. Крива кипіння. Теплообмін при плівковому кипінні.

2. Теплогідравлічні режими двофазних потоків

2.1 Структурні зміни пароводяного потоку в парогенеруючих елементах. Параметри двофазного потоку. Гомогенний, гетерогенний і адіабатний потоки. Режими руху.

2.2 Фізичні особливості процесів гідродинаміки та теплообміну у парогенеруючих каналах. Диференційні рівняння гідродинаміки. Основні числа подоби, що характеризують гідродинаміку двофазного потоку.

3. Рух двофазного потоку у парогенеруючих каналах.

Основи розрахунку гідравлічного опору каналів ядерних реакторів в умовах руху через них однофазних потоків. Рух однофазної рідини, що не стискається у трубах. Коефіцієнти опору у трубах. Залежність коефіцієнтів опору від характеру течії.

Основи розрахунку гідравлічного опору каналів ядерних реакторів в умовах руху через них двофазних потоків. Гідравлічний опір тертя при русі двофазних потоків теплоносія

4. Аналітичний метод оцінки тепло гідравлічної надійності прямоточних поверхонь нагріву.

4.1 Теплогідравлічна розвірка паралельних каналів

Основні передумови для аналітичного дослідження теплогідравлічної надійності системи паралельних парогенеруючих каналів. Коефіцієнти теплової і гідравлічної розвірки. Конструктивно витратний параметр

4.2 Аналіз впливу конструктивних особливостей елемента на теплогідравлічну розвірку

Можливість використання БРГД для аналізу впливу режимних факторів на теплогідравлічну розвірку. Умови розвитку екстремальних значень коефіцієнта теплової розвірки

4.3 Особливості гідродинаміки колекторних систем.

Особливості гідродинаміки колекторів, які роздають та збирають потік. Характер течії в колекторах.

5. Невимушена циркуляція теплоносія в циркуляційних контурах енергетичних установок.

Визначення рушійного та корисного напорів циркуляції. Швидкість циркуляції. Графоаналітичний метод розрахунку циркуляції в простих та складних циркуляційних контурах. Оцінка надійності невимушеної циркуляції.

6. Вимушена циркуляція теплоносія в циркуляційних контурах енергетичних установок.

Гідродинамічні характеристики поверхонь, що обігріваються. Характер пульсацій потоку в парогенеруючих трубах. Вільні коливання. Пульсації при постійної тепловіддачі

Методи запобігання пульсацій теплоносія в циркуляційних контурах енергетичних установок.

7. Процеси теплопереносу у випарювальних елементах енергетичних установок.

7.1 Теплообмін на занурених парогенеруючих поверхнях тепловіддачі.

Вплив деяких факторів на інтенсивність теплообміну при пузирковому кипінні (тиск, рівень гравітації, висота рівня рідини, орієнтація у просторі, шорсткість).

7.2 Теплообмін у парогенеруючих каналах в умовах вимушеного руху теплоносія.

Вплив швидкості рідини і паровмісту потоку на інтенсивність теплообміну при пузирковому кипінні. Процеси теплообміну в дисперсно-кільцевому потоці. Інтенсивність теплообміну при кипінні в умовах направленої руху рідини

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

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

Теплова та гідродинамічна теорії кризи теплообміну при кипінні рідини на занурених поверхнях теплообміну. Нестійкість по Гельмгольцу. Нестійкість по Тейлору

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

Вплив режимних параметрів на критичний тепловий потік при кипінні насиченої рідини. Рівняння для розрахунку критичній щільності теплового потоку. Вплив недогріву рідини до температури насичення на критичну щільність теплового потоку.

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

Природа кризи теплообміну при кипінні в каналах. Розрахунки кризи тепловіддачі у тепловиділяючих збірках. Визначення запасу до кризи тепловіддачі в ядерних реакторах

2.3. Тепломасообмін

1. Теплопровідність

1.1. Теплопровідність та теплопередача при стаціонарному тепловому режимі.

Поняття теплопровідності. Температурне поле. Температурний градієнт. Вектор щільності теплового потоку. Закон Фур'є і коефіцієнт теплопровідності. Диференційні рівняння теплопровідності і його окремі випадки. Математичний опис процесу теплопровідності. Закон Ньютона-Ріхмана. Коефіцієнт тепловіддачі. Конкретні задачі теплопровідності. Теплопровідність плоскої стінки. Контактний термічний опір. Методи зниження контактного опору. Теплопровідність 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).

2.4 Теплообмін при фазових перетвореннях і випромінюванні

1. Теплообмін при фазових переходах

1.1. Теплообмін при кипінні.

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

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

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

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

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

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

1.2. Теплообмін при конденсації

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

Теплообмін при плівковій конденсації нерухомої 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.

Вплив факторів, що не враховуються теорією Нуссельта. Вплив зміни

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

2. Випромінювання

2.1. Теплообмін випромінюванням

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

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

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

ПРИКІНЦЕВІ ПОЛОЖЕННЯ

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

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

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

Оцінювання кожного завдання виконується за рейтинговою системою згідно таблиці 1.

Таблиця 1 – Розрахунок оцінки виконання кожного завдання комплексного фахового випробування

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

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

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

Загальний показник Φ визначається, як середньоарифметичне значення балів, нарахованих вступнику за окремі завдання комплексного фахового випробування. Для випробування, яке складається із 3-х завдань: $\Phi = (\Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3) / 3$.

Згідно чинних «Правил прийому до КПІ ім. Ігоря Сікорського в 2021 році» при обчисленні конкурсного балу використовується шкала оцінювання від 100 до 200 балів. Перерахунок загального показника Φ у рейтингову оцінку фахового випробування П2 здійснюється згідно таблиці 2.

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

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

ПРИКЛАД ТИПОВОГО ЗАВДАННЯ КОМПЛЕКСНОГО ФАХОВОГО ВИПРОБУВАННЯ

Форма № Н-5.05

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

(повне найменування вищого навчального закладу)

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 142 Енергетичне машинобудування
(назва)

ОПП магістра Інженерія і комп'ютерні технології теплоенергетичних систем
(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

Затверджено на засіданні кафедри атомних електричних станцій і інженерної теплофізики

Протокол № 10 від « 16 » лютого 20 22 року

Голова підкомісії

(підпис)

Валерій ТУЗ

(прізвище та ініціали)

ЛІТЕРАТУРА

1. 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.
6. Тепловыделение в ядерном реакторе. Под ред. Н.Н. Пономарева-Степного, - М.: Энегоатомиздат, 1985, - 160с.
7. Кириллов П.Л., Юрьев Ю.С., Бобков В.П. Справочник по теплогидравлическим расчетам (ядерные реакторы, теплообменники, парогенераторы), - М.: Энергоатомиздат, 1984, - 294с.
8. Кутепов А.М., Стерман Л.С., Стюшин Н.Г. Гидродинамика и теплообмен при парообразовании, - М.: Высшая школа, 1977, - 352с.
9. Петухов Б.С., Генин Л.Г., Ковалев С.А. Теплообмен в ядерных энергетических установках, - М.: Энергоатомиздат, 1986, - 470с.
10. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел Л.С. Теплопередача . М.: Энергия. 1975 г.
11. Михеев М.А., Михеева И.Н. Основы теплопередачи. М.: «Энергия», 1977 г.
12. Петухов Б.С., Генин Л.Г., Ковалев С.А. Теплообмен в ядерных энергетических установках. М.: Энергоатомиздат, 1986 г.

13. Галин Н.М., Кириллов П.Л. Тепло-массообмен (в ядерной энергетике). М: Энергоатомиздат, 1987 г.
14. Краснощеков Е.А., Сукомел А.С. Задачник по теплопередаче. М: «Энергия», 1975.

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

д.т.н., професор _____

Валерій ТУЗ

к.т.н., доцент _____

Наталія ЛЕБЕДЬ

к.т.н., доцент _____

Євген НОВАКІВСЬКИЙ

к.т.н., доцент _____

Валерій РОГАЧОВ