

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

**ЗАТВЕРДЖУЮ:**

Голова Предметної комісії

Гарант освітньої

програми



Валерій ТУЗ

«31» 01 2022 р.

**ПОГОДЖЕНО:**

Проректор з навчальної роботи

Анатолій МЕЛЬНИЧЕНКО



М.П.

«31» 01 2022 р.



**ПРОГРАМА  
ДОДАТКОВОГО ВСТУПНОГО ІСПИТУ  
для здобуття наукового ступеня доктор філософії  
за спеціальністю 142 Енергетичне машинобудування**

*Програму рекомендовано Вченою радою Навчально-наукового інституту  
атомної та теплової енергетики*

## **Зміст**

1. Загальні відомості.....	3
2. Теми, що виносяться на екзаменаційне випробування.....	3
3. Навчально-методичні матеріали.....	5
4. Рейтингова система оцінювання.....	6
5. Приклад екзаменаційного білету.....	7

## 2. Технічна термодинаміка

Одновимірні течії газу. Стрибки ушпільнення. Основні характеристики потривання шару, його види, фізичні та математичні моделі. Диференціальні рівняння руху Нав'є-Стокса та елементи теорії подібності й моделювання Кінематика потенціальних течій. Динаміка потенціальних течій. Рівняння руху ідеальної рідини. Підравлічний удар. Енергетичний баланс одновимірних течій. Підравлічні опори. Витікання нестисливої рідини. Застосування законів збереження щодо одновимірних рухів нестисливої рідини. Ідеальної рідини. Диференціальні рівняння руху ідеальної рідини Л.Ейлера; початкові та крайові умови. Рівняння руху ідеальної рідини, початкові й крайові умови, основні інтеграли. Модель імпульсу та енергії. Основи газостатики. Тензор напружень та рівняння руху рідини в напружених. Закони збереження моменту рідини. Теорема Коші-Гельмгольца Кінематичні теореми: теорема Стокса та теорема Гельмгольца. Кінематичні методи й поняття при вивченні руху рідин і газів. Модель руху частинки рідини. Теорема Коші-Гельмгольца Кінематичні методи й поняття при вивченні руху рідин і газів. Методи вивчення руху, кінематичні поняття й характеристики руху частинки рідини і потоків. Сили і напруження, що діють в суцільних середовищах. Фізичні властивості, термодинамічні та гідромеханічні моделі рідин і газів.

## 1. Гідрогазодинаміка

### II. ТЕМИ, ЩО ВІНОСЯТЬСЯ НА ВСТУПНЕ ВИПРОВАБУВАННЯ

рівнем спеціаліста прирівнюється до вищої освіти ступеня магістра

\*Відповідно до п. 2 Розділу XV закону Про вищу освіту вища освіта за освітньо-кваліфікаційним аспірантури та докторантури КПІ ім. Ігоря Сікорського за посиланням <https://aspirantura.kpi.ua/>

«Енергетичне машинобудування» наведено в розділі «Вступ до аспірантури» на веб-сторінці Інформація про правила прийому на навчання та вимоги до вступників освітньої програми

Додаткове вступне випробування зі спеціальності проводиться у формі усного екзамену конкурсних показників.

конкурсному відборі не допускаються і на навчання не зараховуються, незалежно від інших випробуваннях були оцінені як «незараховано», до участі в наступних вступних випробуваннях і в за шкалою «зараховано», «незараховано». Особи, знання яких на додаткових вступних

Додаткове вступне випробування (для вступників за іншою спеціальністю) оцінюється розкриття поставленого завдання.

питання відповідно до програми додаткового вступного випробування передбачає змістовне включення питання з кожної дисципліни програми додаткового вступного випробування. Теоретичне астрономічні години (120 хвилин) без перерви. Білет обирається вступником за списком жребом, і

Додаткове вступне випробування проводиться письмово його тривалість складає дві при вивченні даних дисциплін.

продемонструвати і підтвердити відповідний рівень теоретичних та практичних знань, отриманих дисциплін спеціальності 142 Енергетичне машинобудування. Вступники повинні

Вступне додаткове випробування проводиться у вигляді комплексного іспиту з фахових навчального процесу.

також визначення ступеню підготовки вступників до самостійної роботи в умовах сучасного використання при дослідженні та вирішенні конкретних наукових, науково-технічних задач, а теоретичних та практичних знань вступника в області спеціальності, обраної для вступу, їх

Мета додаткового вступного випробування – виявлення достатнього рівня наявних ступінь магістра\*.

спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування» проводиться для тих вступників, які мають

Додатковий вступний іспит на навчання для здобуття наукового ступеня доктор філософії

## I. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Основні визначення і поняття технічної термодинаміки. Термічні параметри стану. Основні термодинамічні процеси. Закони ідеального газу. Рівняння стану для ідеального газу. Калоричні параметри стану. Параметри процесу.

Перший закон термодинаміки для закритих систем. Дві форми запису першого закону термодинаміки. Теплоємність. Визначення теплоємності за молекулярно-кінетичною теорією та за допомогою таблиць. Теплоємність суміші газів.

Формулювання другого закону термодинаміки. Цикл Карно. Теорема Карно. Ентропія і другий закон. Ентропія і термодинамічна вірогідність. Основна термодинамічна тотожність – об'єднання першого і другого законів термодинаміки.

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

Алгоритм аналізу будь-якого термодинамічного процесу. Ізохорний процес. Ізобарний процес. Ізотермічний процес. Адіабатний процес. Політропний процес і його узагальнююче значення. Основні групи термодинамічних процесів.

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

Поняття про вологе повітря. Характеристики вологого повітря. Діаграма вологого повітря. Розрахунки процесів у вологому повітрі.

Рівняння першого закону термодинаміки для потоку. Витікання газів і пари. Дроселювання газів і пари. Нагнітання газів і пари. Ежектування.

Класифікація циклів теплових машин. Простий ідеальний цикл ТСУ. Реальний простий цикл ТСУ.

Цикли ДВЗ і реактивних двигунів. Цикли ГТУ і методи підвищення їх ефективності.

Простий паросиловий цикл. Удосконалення циклів ПСУ. Термодинамічні основи теплофікації.

Загальні відомості про холодильні та теплонасосні установки. Цикли повітряної та парокомпресорної холодильних установок. Теплонасосні установки.

Ексергія – міра якості енергоресурсів. Вплив необоротності на втрати ексергії.

### 3. Тепломасообмін

Поняття теплопровідності. Температурне поле. Температурний градієнт. Вектор густини теплового потоку. Закон Фур'є і коефіцієнт теплопровідності. Диференційні рівняння теплопровідності і його окремі випадки. Математичний опис процесу теплопровідності. Закон Ньютона-Ріхмана. Коефіцієнт тепловіддачі.

Теплопровідність та теплопередача при стаціонарному тепловому режимі. Теплопровідність та теплопередача плоскої та багаточислової плоскої стінки. Теплопровідність та теплопередача при стаціонарному тепловому режимі та наявності внутрішніх джерел теплоти.

Конструктивні способи зміни інтенсивності теплопередачі. Плоска стінка. Критичний діаметр циліндричної стінки. Вибір матеріалу ізоляції. Інтенсифікація теплообміну за рахунок обрешітки.

Теплопровідність при нестационарному тепловому режимі. Нестационарна теплопровідність пластини і циліндру без внутрішніх джерел теплоти.

Фізичні основи процесу теплопередачі. Конвективний теплообмін. Математичний опис процесів конвективного теплообміну.

Основи теорії подібності фізичних явищ. Теорема подібності. Фізичний зміст чисел подібності. Використання теорії подібності при опису явища тепловіддачі. Рівняння подібності.

Основи теорії пограничного шару. Методи теорії пограничного шару.

Тепловіддача при зовнішньому обтіканні тіл. Тепловіддача при течії на пластині.

Тепловіддача при примусовій течії рідини в трубах і каналах. Тепловіддача при поперечному обтіканні циліндру. Тепловіддача при зовнішньому обтіканні пучків гладких труб.

Тепловіддача при вільній конвекції. Тепловіддача при вільній конвекції в необмеженому просторі. Тепловіддача при вільній конвекції в обмеженому просторі.

Теплообмін при кипінні. Внутрішні характеристики кипіння. Інтенсивність теплообміну

при кипінні у великому об'ємі. Інтенсивність тепловіддачі при кипінні.

Теплообмін при конденсації. Особливості течії та теплообміну при конденсації на поверхні. Інтенсивність тепловіддачі при конденсації.

Теплообмін випромінюванням. Закони теплового випромінювання. Теплообмін випромінюванням між тілами. Теплообмін в поглинаючих і випромінюючих середовищах.

#### 4. Парові котли

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

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. Розрахунок сумарного теплообміну в топці (метод ЦКТГ). Основні розрахункові співвідношення.

Гідрравлічний опір трубних систем в котельних установках. Гідродинаміка пароводяної суміші в парових котлах з природньою циркуляцією. Надійність роботи контурів природньої циркуляції. Примусовий рух води і пари в трубах котлів. Теплогідрравлічні розвірки. Гідрравлічні схеми пароперегрівників. Вплив теплових розвірок на роботу ПП. Регулювання температури перегрітої пари.

Пилоприготування. Підготовка рідкого палива.

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

Металоконструкції, арматура і гарнітура котлів. Очистка поверхонь нагріву від зовнішніх забруднень та внутрішніх відкладень.

Методика аеродинамічного розрахунку тракту димових газів котельної установки.

Умови роботи поверхонь нагріву парового котла. Розрахунки на міцність основних елементів парового котла.

### ІІІ. НАВЧАЛЬНО МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ

#### Основна література:

1. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. – М.: Наука, 1987. – 840 с.
2. Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейдлин А.Е. Техническая термодинамика: Учебник - 4-е изд., перераб.- М.: Энергоатомиздат, 1983.-416с.
3. Исаченко В.П. Теплопередача/ В.П.Исаченко, В.А.Осипова, Л.С.Сукомел – М: Энергия – 1975 – 483с.
4. Петухов Б.С. Теплообмен в ядерных энергетических установках/ Б.С. Петухов, Л.Г. Генин, С.А. Ковалев - М.: Энергоатомиздат, 1986, - 470с
5. Галин Н.М., Кириллов П.Л. Тепло-массообмен (в ядерной энергетике). М: Энергоатомиздат, 1987 г.
6. Толубинский В.И. Теплообмен при кипении.
7. Исаченко В.П. Теплообмен при конденсации. М., Энергия, 1977, 240 с.
8. Краснощеков Е.А. Задачник по теплопередаче/ Е.А.Краснощеков, А.С.Сукомел– М: Энергия – 1980 – 288с.
9. Ковалев А.П. и др. Парогенераторы: Учебник для вузов /А.П. Ковалев, Н.С. Лелеев, Т.В. Виленский: Под общ. ред. А.П. Ковалева. – М.: Энергоиздат, 1985, 376 с.
10. Липов Ю.М., Самойлов Ю.Ф., Модель З.Г. Компонировка и тепловой расчет парогенератора. Учебное пособие для вузов. – М.: Энергия, 1975, 176 с.
11. Кроль Л.Б., Розенгауз И.Н. Конвективные элементы мощных котельных агрегатов. М.: Энергия. 1976, 248 с.

### Додаткова література:

1. Кочин Н.Е., Кибель И.А., Розе Н.В. Теоретическая гидромеханика. Ч. 1,2.– М.: Гос. изд. физ.-мат. лит., 1963. – 584 с., 728 с.
2. Фабрикант Н.Я. Аэродинамика. – М.: Наука, 1964. – 816 с.
3. Андрущенко А.И. Основы термодинамики циклов тепловых энергетических установок: Учебное пособие. -3-е изд., перераб. -М.: Высшая школа, 1985. -319 с.
4. Хзмалян Д.М., Качан Я.А. Теория горения и топочные устройства. Под ред. Д.М. Хзмаляна. Учсб. Пособие для студентов высш. учеб. заведений. – М.: Энергия, 1976, 488 с.

## IV. РЕЙТИНГОВА СИСТЕМА ОЦІНКИ РІВНЯ

Рейтинг (чисельний еквівалент оцінки з додаткового вступного випробування ДВ) враховує рівень знань і умінь, які вступник виявив при виконанні додаткового вступного випробування. Кількість балів, набраних на іспиті (ДВ), формується як середньоарифметична сума балів, нарахованих вступнику за виконання кожного завдання додаткового вступного випробування. Теоретичне питання відповідно до програми додаткового вступного випробування передбачає змістовне і обґрунтоване розкриття поставленого завдання. 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). Допускається одне незначне виправлення.	95 - 100
Вступник змістовно розкрив теоретичне питання, але обґрунтування виконано недостатньо (не менше 85% потрібної інформації). Допускається два незначних виправлення	85 - 94
Вступник змістовно розкрив теоретичне питання (не менше 75% потрібної інформації). Допускається три незначних виправлення.	75 - 84
Вступник розкрив теоретичне питання (не менше 65% потрібної інформації). Допускається чотири незначних виправлення.	65 - 74
Вступник розкрив теоретичне питання, але недостатньо (не менше 60% потрібної інформації). Допускається п'ять незначних виправлень.	60 - 64
Вступник не розкрив теоретичне питання (менше 59% потрібної інформації), чи надав відповідь, яка не відповідає сутності завдання. 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;





## РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

*Туз Валерій Омелянович* д.т.н., професор, завідувач кафедри атомної енергетики  
*Лебедь Наталія Леонідівна* к.т.н., доцент, доцент кафедри атомної енергетики  
*Воробйов Микита Валерійович* к.т.н., старший викладач кафедри атомної енергетики

### *Програму рекомендовано:*

Вченою радою Навчально-наукового інституту атомної та теплової енергетики

Голова вченої ради

 Євген ПИСЬМЕННИЙ

протокол № 6

від «31» 01 2022 р.