

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

*Затверджую*

Голова Приймальної комісії  
Ректор



*[Signature]*  
Михайло ЗГУРОВСЬКИЙ

*підпис*

*10.05.2023*

*дата*

**ПРОГРАМА**  
**додаatkового вступного випробування**

для вступу на освітньо-наукову програму підготовки доктора філософії  
«Теплоенергетика»

*за спеціальністю 144 Теплоенергетика*

Програму ухвалено:

Науково-методичною комісією за  
спеціальністю 144 Теплоенергетика

Протокол № 25 від «14» квітня 2023 р.

Голова НМК

*[Signature]*

Ольга ЧЕРНОУСЕНКО

## РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ

*Ольга ЧЕРНОУСЕНКО*

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри теплової та альтернативної енергетики навчально-наукового інституту атомної та теплової енергетики

*Генадій ВАРЛАМОВ*

доктор технічних наук, професор, професор кафедри теплової та альтернативної енергетики навчально-наукового інституту атомної та теплової енергетики

*Валерій ДЕШКО*

доктор технічних наук, професор, професор кафедри теплової та альтернативної енергетики навчально-наукового інституту атомної та теплової енергетики

*Віталій ПЕШКО*

кандидат технічних наук, доцент кафедри теплової та альтернативної енергетики навчально-наукового інституту атомної та теплової енергетики

*Ірина ФУРТАТ*

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри теплової та альтернативної енергетики навчально-наукового інституту атомної та теплової енергетики

*Віктор ШКЛЯР*

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри теплової та альтернативної енергетики навчально-наукового інституту атомної та теплової енергетики

## ЗМІСТ

1. Загальні відомості	3
2. Теми, що виносяться на екзаменаційне випробування	3
3. Навчально-методичні матеріали	6
4. Рейтингова система оцінювання рівня підготовки вступників	7
5. Приклад екзаменаційного білету	9

## **1. Загальні відомості**

Мета додаткового вступного випробування – визначення відповідності вступників, які отримали освіту за іншими спеціальностями теоретичній і практичній підготовці за спеціальністю «Теплоенергетика».

Додаткове вступне випробування проводиться у вигляді комплексного іспиту з базових дисциплін спеціальності «Теплоенергетика»: «Гідрогазодинаміка», «Технічна термодинаміка», «Тепломасообмін». Вступники повинні продемонструвати і підтвердити відповідний рівень теоретичних та практичних знань з даних дисциплін.

Додаткове вступне випробування проводиться письмово його тривалість складає дві академічні години (90 хвилин) без перерви. Білет обирається вступником за сліпим жеребом, і включає питання з кожної дисципліни програми додаткового вступного випробування. Теоретичне питання відповідно до програми додаткового вступного випробування передбачає змістовне 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.

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

## **2. Теми, що виносяться на екзаменаційне випробування**

### **2.1. Гідрогазодинаміка**

Сили й напруження, що діють в суцільних середовищах. Фізичні властивості, термодинамічні та гідромеханічні моделі рідин і газів.

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.

Тензор напружень та рівняння руху рідини в напруженнях. Закони збереження моменту імпульсу та енергії. Основи газостатики.

Рівняння руху ідеальної рідини, початкові й крайові умови, основні інтеграли. Модель ідеальної рідини. Диференціальні рівняння руху ідеальної рідини Л. Ейлера; початкові та крайові умови. Застосування законів збереження щодо одновимірних рухів нестисливої рідини.

Енергетичний баланс одновимірних течій. Гідравлічні опори. Витікання нестисливої рідини. Гідравлічний удар.

Кінематика потенціальних течій. Динаміка потенціальних течій.

Диференційні рівняння руху Нав'є–Стокса та елементи теорії подібності й моделювання гідро-газодинамічних явищ. Ламінарна та турбулентна течії.

Основні характеристики примежового шару, його види, фізичні та математичні моделі. Одновимірні течії газу. Стрибки ущільнення.

## 2.2. Технічна термодинаміка

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. Теореми 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 тепло насосні установки. Цикли повітряної та парокомпресійної холодильних установок. Теплонасосні установки.

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

### **2.3. Тепломасообмін**

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.

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 ребрення.

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

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

Основи теорії подібності фізичних явищ. Теореми подібності. Фізичний зміст чисел подібності. Використання теорії подібності при описанні 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.

### **3. Навчально-методичні матеріали**

#### **Основна література**

1. Гідрогазодинаміка. Монографія. Василенко С.М., Кулінченко В.Р., Шевченко О.Ю., Піддубний В.А. – К.: Кондор- Видавництво, 2016. – 676 с. ISBN 978-617-7278-58-9.
2. Ярхо А. А., Щасливий Є. Є., Лялюк В. М. Гідрогазодинаміка. Навчальний посібник. - Харків: УкрДАЗТ. - Ч.1. - 2008. 237с.
3. В.М. Мінаковський, А.С. Соломаха. Технічна термодинаміка. Приклади, задачі та типові розрахунки. Частина перша. За заг. ред. В.М.Мінаковського. Навчальний посібник. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2017. – 172 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/21545>
4. Куделя П.П., Трокоз Я.Є. Текст лекцій з дисципліни «Технічна термодинаміка» в двох частинах. [Електронний ресурс]. НТУУ «КПІ», Київ 2015 р.
5. Куделя П.П. Методи термодинамічного аналізу установок та систем. – Київ, 2010. Свідоцтво про надання грифа електронному виданню НМУ № Е9/10-150, протокол №5 від 21.01.2010. – 127 с.
6. Константинов С.М. Теплообмін: Підручник. - К.: ВПІ ВПК «Політехніка»: Інрес, 2005. - 304 с.
7. Лабай В. Й. Тепломасообмін : Підручник для ВНЗ. – Львів: Тріада Плюс, 2004. – 260 с.
8. Омельченко О.В., Цвіркун Л.О. Тепломасообмін : навч. посіб. Кривий Ріг: ДонНУЕТ, 2021. 100 с.

#### **Додаткова література**

9. Низькоексергетичні опалювальні системи / П.П.Куделя, А.С. Соломаха. – К.:НТУУ «КПІ», 2015. – 153 с.: іл. – Бібліогр.: с.149-153
10. Куделя П.П., Соломаха А.С. Енергетичні та ексергетичні підходи до проблеми раціонального використання енергії. Навчальний посібник. Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 4 від 07.04.2022 р.), 2022, 158 с.

11. Буляндра, О. Ф. Технічна термодинаміка : підруч. для студентів енерг. спец. вищ. навч. закладів / О. Ф. Буляндра. – К.: Техніка, 2001. – 320 с.: іл. – Бібліогр.: с. 315.

12. Практикум з тепломасообміну. Стационарна теплопровідність без внутрішніх джерел теплоти [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика», освітнього ступеня «бакалавр». / Укладач: І.Е. Фуртат, Н.О. Притула; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,8 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 53 с.

13. Збірник задач з тепломасообміну : навчальний посібник /А.Ю. Дреус, К.Є. Лисенко, В.О. Сясев. – Д., 2016. – 124 с.

## ПРИКІНЦЕВІ ПОЛОЖЕННЯ

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

## 4. РЕЙТИНГОВА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ПІДГОТОВКИ ВСТУПНИКІВ

Рейтинг (чисельний еквівалент оцінки з вступного випробування  $\Phi$ ) враховує рівень знань і умінь, які вступник виявив при виконанні вступного випробування. Кількість балів, набраних на іспиті ( $\Phi$ ), формується як середньоарифметична сума балів, нарахованих вступнику за виконання кожного завдання комплексного вступного випробування. Теоретичне питання відповідно до програми вступних випробувань 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).	85-94

Допускається два незначних виправлення.	
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 60 % 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 2...5 штрафних балів;
- окремі, дещо нечіткі формулювання, які допускають неоднозначні тлумачення 3 штрафні бали 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 зі значною кількістю виправлень, що суттєво ускладнює сприйняття відповіді 2...5 штрафних балів.

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

Отримані рейтингові бали переводяться до традиційних оцінок за допомогою табл. 2.

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

Значення $\Phi$	Оцінка традиційна
60-100	зараховано
59 і менше	незараховано, вступник виключається з конкурсного відбору



## 5. Приклад екзаменаційного білету

Форма № Н-5.05

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

Освітній рівень доктор філософії  
Спеціальність 144 Теплоенергетика  
Навчальна дисципліна Вступний іспит  
Екзаменаційний білет №\_\_

1. *Питання 1.*
2. *Питання 2.*
3. *Питання 3.*

Затверджено

Гарант освітньої програми \_\_\_\_\_

Ольга ЧЕРНОУСЕНКО