

Затверджую

Голова Приймальної комісії
Ректор



Михайло ЗГУРОВСЬКИЙ

25.04.2024

дата

ПРОГРАМА

додаatkового вступного випробування

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

за спеціальністю 143 Атомна енергетика

Програму ухвалено:

Науково-методичною комісією за спеціальністю
143 Атомна енергетика

Протокол № 4 від «17» квітня 2024 р.

Голова НМК

Євген ПИСЬМЕННИЙ

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

I. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Додатковий вступний іспит на навчання для здобуття наукового ступеня доктор філософії спеціальності 143 «Атомна енергетика» проводиться для тих вступників, які мають ступінь магістра*.

Мета додаткового вступного випробування – виявлення достатнього рівня набутих теоретичних та практичних знань вступника в області спеціальності, обраної для вступу, 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 додаткове випробування проводиться у вигляді комплексного іспиту з фахових дисциплін спеціальності 143 Атомна енергетика. Вступники повинні продемонструвати і підтвердити відповідний рівень теоретичних та практичних знань, отриманих при вивченні, названих у програмі, дисциплін.

Додаткове вступне випробування проводиться письмово його тривалість складає дві астрономічні години (120 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.

Додаткове вступне випробування (для вступників за іншою спеціальністю) 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.

Додаткове вступне випробування зі спеціальності проводиться у формі усного екзамену.

Інформація про правила прийому на навчання та вимоги до вступників освітньої програми «Атомна енергетика» наведено в розділі «Вступ до аспірантури» на веб-сторінці аспірантури та докторантури КПІ ім. Ігоря Сікорського за посиланням <https://aspirantura.kpi.ua/>

*Відповідно доп.2 Розділу XV закону Про вищу освіту вища освіта за освітньо-кваліфікаційним рівнем спеціаліста прирівнюється до вищої освіти ступеня магістра

II. ТЕМИ, ЩО ВІНОСЯТЬСЯ НА ДОДАТКОВЕ ВСТУПНЕ ВИПРОБОВУВАННЯ

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: теорема Стокса та теорема 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.

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

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

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 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 стінок. 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 оребрення.

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. Теореми 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. Теорія ядерних реакторів

Загальні відомості про будову ядра. Взаємодія нейтронів з ядрами. Ефективний коефіцієнт розмноження нейтронів.

Закон Фіка. Рівняння переносу нейтронів. Інтегральне рівняння переносу.

Уповільнення нейтронів. Характеристики уповільнювача. Уповільнення нейтронів в середовищі за відсутності поглинання. Уповільнення нейтронів в середовищі за наявності поглинання.

Кінетичне рівняння переносу нейтронів. Спряжені рівняння реактора. Методи розв'язку кінетичних рівнянь реактора.

Теорія критичних розмірів реактора. Визначення критичних розмірів реактора без відбивача. Критичні розміри реактора з відбивачем.

Загальні положення теорії гетерогенних реакторів. Визначення коефіцієнтів формули чотирьох співмножників.

Реактори на швидких нейтронах.

ІІІ. НАВЧАЛЬНО МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ

Основна література:

1. Турик В.М. Гідрогазодинаміка. Курс лекцій [Ел. ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальностей 142 Енергетичне машинобудування, 143 Атомна енергетика, 144 Теплоенергетика, КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 145 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/41225>

2. Вамболь С.О., Міщенко І.В., Кондратенко О.М. Технічна механіка рідини і газу: підручник. Х. : НУЦЗУ, 2016. – 300 с. http://univer.nuczu.edu.ua/tmp_metod/1102/ychebnik.pdf

3. Буляндра, О. Ф. Технічна термодинаміка : підруч. для студентів енерг. спец. вищ. навч. закладів. К.: Техніка, 2001. – 320 с. <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/handle/123456789/853>

4. Чеботарьов В.О., Беркута А.Д. Технічна термодинаміка. - К: Вища шк., 1969.- 280 с.

5. Погорелов А.І. Тепломасообмін (основи теорії і розрахунку): навч. Посібник для вузів, 4-те видання, виправлене. Львів: Новий світ-2000, 2006. – 144 с. http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2015/Pogorelov_2006_144.pdf

6. Константинов С.М. Теплообмін: підручник. К.: ВПІ ВПК «Політехніка»: Ірнес, 2005. – 304 с. http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2015/Konstantinov_2005_304.pdf

7. Шевель Є.В., Воробйов М.В. Теплообмін при кипінні. Навчальний посібник з дисципліни «Теплообмін при фазових перетворюваннях і випромінюванні» [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів які навчаються за спеціальностями 142 Енергетичне машинобудування, 143 Атомна енергетика, 144 Теплоенергетика, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 4,68 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 57 с.

8. Шевель Є. В., Воробйов М.В. Теплообмін при конденсації. Навчальний посібник з дисципліни «Теплообмін при фазових перетворюваннях і випромінюванні» [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів які навчаються за спеціальностями 142 Енергетичне

машинобудування, 143 Атомна енергетика, 144 Теплоенергетика, КПІ ім. Ігоря Сікорського. Електронні текстові дані (1 файл: 2,94 Мбайт). Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 33 с.

9. Атомні і теплові електричні станції: Курс лекцій [Електронний ресурс] / О. Ю. Черноусенко. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 323 с. Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 6 від 31.01.2020 р.) за поданням Вченої ради теплоенергетичного факультету (протокол № 7 від 27.01.2020 р.)

10. Єфімов О.В., Пилипенко М.М. Конструкції, матеріали, процеси і розрахунки реакторів і парогенераторів АЕС [Текст]: навч. Посібник [для студ. в. н. з., які навч. за напрямом підготовки «Атомна енергетика»] 268 с. <http://web.kpi.kharkov.ua/pgs/wp-content/uploads/sites/83/2014/08/EfimovPilipenko.pdf>

11. Носовский А.В., Богорад В.И., Васильченко В.Н., Ключников А.А., Литвинская Т.В., Слепченко А.Ю. Радиационная безопасность и защита на атомных электрических станциях: Монография. Под ред. А.В. Носовского. – Х.: Оберіг, 2008. – 356 с. – (Серия «Безопасность атомных станций»).

Додаткова література:

1. Гусак О. Г., Шарапов С. О., Ратушний О. В. Гідрогазодинаміка : навчальний посібник. Суми: Сумський державний університет, 2022. 296 с. ISBN 978-966-657-905-1 https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/88503/3/Husak_hidrohazodynamika.pdf;jsessionid=8192136E7230CF69A1079CAF00A82F29

2. Колісниченко Е. В. , Мандрика А. С., Панченко В. О. Гідравліка, гідро- та пневмоприводи : конспект лекцій / укладач Суми : Сумський державний університет, 2021. 176 с. https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/84530/1/Kolisnichenko_hidravlika.pdf

3. Мандрус В.І. Гідравлічні та аеродинамічні машини (насоси, вентилятори, газодуви, компресори) Підручник. Львів: Магнолія плюс, 2004. 340 с. ISBN: 966-8340-36-1

4. Алабовский А.Н., Недужий И.А. Техническая термодинамика и теплопередача. К: Вища шк., 1990. - 255 с.

5. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел Л.С. Теплопередача. М: Энергия. 1975 483с.

6. Толубинский, В.И. Теплообмен при кипении. Киев: Наукова думка, 1980. – 316 с.

IV. РЕЙТИНГОВА СИСТЕМА ОЦІНКИ РІВНЯ

Рейтинг (чисельний еквівалент оцінки з додаткового вступного випробування В) враховує рівень знань і умінь, які вступник виявив при виконанні додаткового вступного випробування. Кількість балів, набраних на іспиті (В), формується як середньоарифметична сума балів, нарахованих вступнику за виконання кожного завдання додаткового вступного випробування. Теоретичне питання відповідно до програми додаткових вступних випробувань передбачає змістовне і обґрунтоване розкриття поставленого завдання. Білет обирається вступником за сліпим жеребом.

Білет складається з двох частин: тестової і основної.

Тестове завдання включає 10 питань. Кожне питання має три варіанти відповіді, з яких слід обрати правильну. Кожна правильна відповідь на питання оцінюється у 2,5 бали. Загалом можна отримати $V_{\text{тес}} = 25$ балів.

Завдання основної частини додаткового вступного випробування містить три теоретичні питання. Оцінювання кожного завдання основної частини виконується за рейтинговою системою згідно таблиці 1.

Таблиця 1 – Розрахунок оцінки виконання кожного завдання додаткового вступного випробування

Характер виконання завдання	Кількість рейтингових балів
Вступник змістовно і обґрунтовано розкрив теоретичне питання (не менше 95% потрібної інформації). Допускається одне незначне виправлення.	70-75
Вступник змістовно розкрив теоретичне питання, але обґрунтування виконано недостатньо (не менше 85% потрібної інформації). Допускається два незначних виправлення	65 - 74
Вступник змістовно розкрив теоретичне питання (не менше 75% потрібної інформації). Допускається три незначних виправлення.	55 - 64
Вступник розкрив теоретичне питання (не менше 65% потрібної інформації). Допускається чотири незначних виправлення.	45 - 54
Вступник розкрив теоретичне питання, але недостатньо (не менше 60% потрібної інформації). Допускається п'ять незначних виправлень.	30 - 44
Вступник не розкрив теоретичне питання (менше 59% потрібної інформації), чи надав відповідь, яка не відповідає сутності завдання. Кількість виправлень – більше п'яти	29 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;
- неохайно написаний текст відповіді із значною кількістю виправлень, що суттєво ускладнює сприйняття відповіді – 1...3 штрафні бали.

Загальний показник основної частини $V_{осн}$ визначається, як середньоарифметичне значення балів, нарахованих вступнику за окремі завдання додаткового вступного випробування. Для випробування, яке складається із 3-х завдань: $V_{осн} = (V_1 + V_2 + V_3) / 3$.

Ітогова кількість балів за іспит $V = V_{тес} + V_{осн}$. Для переведення сумарного рейтингу V у традиційні оцінки слід користуватися таблицею 2.

Таблиця 2 – Відповідність сумарного рейтингу V

Кількість балів	Оцінка
100-95	Зараховано
94-85	
84-75	
74-65	
64-60	
59 і менше	Не зараховано

У. ПРИКЛАД ЕКЗАМЕНАЦІЙНОГО БІЛЕТУ

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

(повне найменування вищого навчального закладу)

Освітній ступінь	<u>доктор філософії</u> (назва)
Галузь знань	<u>14 Електрична інженерія</u> (шифр та назва)
Спеціальність	<u>143 Атомна енергетика</u> (шифр та назва)

БІЛЕТ ДОДАТКОВОГО ВСТУПНОГО ВИПРОБУВАННЯ №

І частина

1. Для яких речовин справедливе диференційне рівняння рівноваги
/варіанти відповіді/

- А. Для газів;
- Б. Для краплинних рідин;
- В. Для краплинних рідин і для газів.

2. Втрати тиску на тертя визначаються рівнянням
/варіанти відповіді/

- А. $\Delta P = \lambda \rho \frac{w^2 l}{2 d}$;
- Б. $\Delta P = \xi_{\text{мр}} \rho \frac{w^2}{2}$;
- В. $\Delta P = \rho \frac{w_1^2 - w_2^2}{2}$.

3. В циклі Карно підведення до робочого тіла 465 кДж/кг теплоти здійснюється при температурі 1200 °С (1473,15 К). Корисна робота циклу складає $l=265$ кДж/кг. Визначити термічний коефіцієнт корисної дії, теплоту, яка відводиться в циклі, та температуру t_2 , при якій відводиться теплота.

/варіанти відповіді/

- А. Теплота, яка відводиться в циклі $q_2= 199$ кДж/кг. Температура, при якій відводиться теплота $T_2=633,15$ К, або $t_2=360,15$ °С ;
- Б. Теплота, яка відводиться в циклі $q_2=199,95$ кДж/кг. Температура, при якій відводиться теплота $T_2=633,45$ К, або $t_2=360,3$ °С ;
- В. Теплота, яка відводиться в циклі $q_2= 200$ кДж/кг. Температура, при якій відводиться теплота $T_2=634,15$ К, або $t_2=361$ °С .

4. Яку кількість теплоти необхідно підвести до 1 кг повітря, щоб за умови сталого тиску, його об'єм збільшився у два рази? В розрахунках прийняти початкову температуру повітря 15°С (288,15 К), теплоємність $c = c_p = 1,013$ кДж/(кг·К). Визначити також температуру в кінці процесу нагрівання.

/варіанти відповіді/

- А. Теплота, яку необхідно підвести до 1 кг повітря $q = 291$ кДж/кг;
- Б. Теплота, яку необхідно підвести до 1 кг повітря $q = 292$ кДж/кг;
- В. Теплота, яку необхідно підвести до 1 кг повітря $q = 291,9$ кДж/кг.

5. Визначити кількість теплоти, яка пройде через всю поверхню твердого тіла в одиницю часу.

/варіанти відповіді/

- А. $Q = -\int_F \lambda \cdot \frac{\partial t}{\partial n} dF$

Б. $Q = \int_0^{\tau_k} q d\tau$

В. $Q_{\tau} = - \int_0^{\tau_k} \int_F \lambda \cdot \frac{\partial t}{\partial n} dF d\tau$

6. Що характеризує коефіцієнт температуропровідності $a = \frac{\lambda}{\rho \cdot c}$, як фізичний параметр тіла?

/варіанти відповіді/

- А. Швидкість зміни температури тіла;
- Б. Теплопровідність тіла;
- В. Теплоємність тіла.

7. За рахунок якого процесу відбувається виділення енергії в активній зоні реактора на теплових нейтронах?

/варіанти відповіді/

- А. За рахунок ділення ядер урану;
- Б. За рахунок синтезу дейтерію та тритію;
- В. За рахунок сповільнення нейтронів.

8. Визначити скільки енергії вивільниться в результаті синтезу ядра ${}^4_2\text{He}$? Реакція синтезу ${}^2_1\text{D} + {}^3_1\text{T} = {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$. Прийняти $m_n = 1,008665 \text{ а.о.м.}$, $M({}^4_2\text{He}) = 4,0026 \text{ а.о.м.}$, $M({}^2_1\text{D}) = 2,0141 \text{ а.о.м.}$, $M({}^3_1\text{T}) = 3,01710 \text{ а.о.м.}$

/варіанти відповіді/

- А. Приблизно 18 МеВ;
- Б. Приблизно 200 МеВ;
- В. Приблизно 8 МеВ.

9. В основі теоретичного опису реакції поділу ядер лежить

/варіанти відповіді/

- А. краплинкова модель ядра;
- Б. оболонкова модель ядра;
- В. модель Фермі-газу.

10. Який ізотопний склад природного урану?

/варіанти відповіді/

- А. 99,3% урану-238 та 0,7% урану-235;
- Б. 93% урану-238 та 7% урану-235;
- В. 99,3% урану-235 та 0,7% урану-238.

II частина

1. Провести аналіз режимів течії при кипінні в круглих трубах та зміння φ , T_c , $T_{нас}$ по довжині труби, що обігривається

2. Представити математичний опис процесу теплопровідності

3. Описати фізичну природу стійкості ядер.

Затверджено

Голова НМК за спеціальністю 143 Атомна енергетика

_____ (підпис)

Євген ПИСЬМЕННИЙ
_____ (прізвище та ініціали)

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

Туз Валерій Омелянович д.т.н., професор, завідувач кафедри атомної енергетики

Клевцов Сергій Валерійович к.т.н., доцент кафедри атомної енергетики

Лебедь Наталія Леонідівна к.т.н., доцент, доцент кафедри атомної енергетики