

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



Затверджую

Голова Приймальної комісії

Ректор

Анатолій МЕЛЬНИЧЕНКО

28.03.2025 р.

дата

ПРОГРАМА

вступного іспиту зі спеціальності

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

за спеціальністю G4 Енерговиробництво (за спеціалізаціями)

Програму ухвалено:

Науково-методичною комісією за спеціальністю

G4 Енерговиробництво (за спеціалізаціями)

Протокол № 4 від 24 березня 2025 року

Голова НМКУ

Євген ПИСЬМЕННИЙ

ВСТУП

Програма вступного іспиту визначає форму організації, зміст та особливості проведення вступного іспиту зі спеціальності на освітньо-наукову програму підготовки докторів філософії «Атомна енергетика» за спеціальністю G4 Енерговиробництво (за спеціалізаціями).

Метою програми є перевірка набуття вступником компетентностей та результатів навчання, що визначені стандартом вищої освіти за спеціальністю 143 Атомна енергетика для другого (магістерського) рівня вищої освіти.

1. ОСНОВНИЙ ВИКЛАД

1.1. Перелік розділів та тем, які виносяться на іспит зі спеціальності

Розділ 1 Гідрогазодинаміка

1. Сили і напруження, що діють в суцільних середовищах. Фізичні властивості, термодинамічні та гідромеханічні моделі рідин і газів.
2. Методи вивчення руху, кінематичні поняття й характеристики руху частинок рідини і потоків.
4. Кінематичні методи й поняття при вивченні руху рідин і газів. Модель руху частинки рідини. Теорема Коші-Гельмгольца.
5. Кінематичні теореми: теорема Стокса та теорема Гельмгольца.
6. Тензор напружень та рівняння руху рідини в напруженнях. Закони збереження моменту імпульсу та енергії. Основи газостатики.
7. 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.
8. Енергетичний баланс одновимірних течій. Гідравлічні опори. Витікання нестисливої рідини. Гідравлічний удар.
9. Кінематика потенційних течій. Динаміка потенційних течій.
10. Диференціальні рівняння руху Нав'є-Стокса та елементи теорії подібності й моделювання гідро- газодинамічних явищ. Ламінарна та турбулентна течії.
11. Основні характеристики пограничного шару, його види, фізичні та математичні моделі.
12. Одновимірні течії газу. Стрибки ущільнення.

Розділ 2 Технічна термодинаміка

1. 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.
2. Перший закон термодинаміки для закритих систем. Дві форми запису першого закону термодинаміки.
3. Теплоємність. Визначення теплоємності за молекулярно-кінетичною теорією та за допомогою таблиць. Теплоємність суміші газів.
4. 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.
5. Основні математичні методи. Рівняння Максвелла. Частинні похідні внутрішньої

енергії та ентальпії. Диференціальні рівняння для теплоємності.

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

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

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

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

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

11. Цикли ДВЗ і реактивних двигунів. Цикли ГТУ і методи підвищення їх ефективності. Простий паросиловий цикл. Удосконалення циклів ПСУ. Термодинамічні основи теплофікації.

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

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

Розділ 3 Теорія теплообміну

1. Поняття теплопровідності. Температурне поле. Температурний градієнт. Вектор густини теплового потоку.

2. Закон Фур'є і коефіцієнт теплопровідності.

3. Диференційні рівняння теплопровідності і його окремі випадки.

4. Математичний опис процесу теплопровідності. Закон Ньютона-Ріхмана. Коефіцієнт тепловіддачі.

5. Теплопровідність та теплопередача при стаціонарному тепловому режимі.

6. Теплопровідність та теплопередача плоскої та багатоплощинної плоскої стінки.

7. Теплопровідність та теплопередача при стаціонарному тепловому режимі та наявності внутрішніх джерел теплоти.

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

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

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

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

12. Основи теорії пограничного шару. Методи теорії пограничного шару.

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

14. Тепловіддача при примусовій течії рідини в трубах і каналах.

15. Тепловіддача при поперечному обтіканні циліндру. Тепловіддача при зовнішньому обтіканні пучків гладких труб.

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

17. Теплообмін при кипінні. Внутрішні характеристики кипіння. Інтенсивність теплообміну при кипінні у великому об'ємі. Інтенсивність тепловіддачі при кипінні.

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

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

Розділ 4. Теорія ядерних реакторів

1. Загальні відомості про будову ядра. Взаємодія нейтронів з ядрами. Ефективний коефіцієнт розмноження нейтронів.
2. Закон Фіка. Рівняння переносу нейтронів. Інтегральне рівняння переносу.
3. Уповільнення нейтронів. Характеристики уповільнювача. Уповільнення нейтронів в середовищі за відсутності поглинання. Уповільнення нейтронів в середовищі за наявності поглинання.
4. Кінетичне рівняння переносу нейтронів. Спряжені рівняння реактора. Методи розв'язку кінетичних рівнянь реактора.
5. Теорія критичних розмірів реактора. Визначення критичних розмірів реактора без відбивача. Критичні розміри реактора з відбивачем.
6. Загальні положення теорії гетерогенних реакторів. Визначення коефіцієнтів формули чотирьох співмножників.
7. Реактори на швидких нейтронах.

Розділ 5. Енергетичні ядерні реактори

1. Теплогідравлічний розрахунок реактора. Методи і задачі розрахунку.
2. Конструктивні особливості водо-водяних енергетичних реакторів. Вододогріваючі енергетичні реактори. Енергетичні реактори з важкою водою.
3. Конструктивні особливості енергетичних реакторів з графітовим уповільнювачем. Водографітові реактори. Газографітові реактори.
4. Конструктивні особливості гомогенних реакторів.
5. Конструктивні особливості реакторів на швидких нейтронах.
6. Конструктивні особливості реакторів нового покоління.

Розділ 6. Атомні та теплові електричні станції

1. Термодинамічні основи роботи АЕС та ТЕС. Регенерація та деаерація живильної води на ТЕС та АЕС. Втрати пари та конденсату та їх компенсація. Методи підготовки додаткової води для компенсації втрат пари і конденсату.
2. Параметри та теплові схеми блоків АЕС.
3. Основи вибору обладнання АЕС та ТЕС. Допоміжні будівлі АЕС та ТЕС. Компонування головного корпусу АЕС та ТЕС. Генеральний план АЕС та ТЕС.
4. Техніко-економічні показники енергообладнання електричних станцій.
5. Шляхи підвищення техніко-економічних та експлуатаційних показників електричних станцій.

Розділ 7. Теплогідравлічні процеси в енергетичних установках

1. Механізм процесу теплообміну при бульбашковому та плівковому кипінні. Особливості руху двофазної рідини в каналах енергетичних установок.
2. Структурні зміни пароводяного потоку в парогенеруючих елементах. Фізичні особливості процесів гідродинаміки та теплообміну у парогенеруючих каналах
3. Основи розрахунку гідравлічного опору каналів ядерних реакторів в умовах руху через них однофазних потоків. Основи розрахунку гідравлічного опору каналів ядерних реакторів в умовах руху через них двофазних потоків

4. Теплогідравлічна розвірка паралельних каналів. Безрозмірне рівняння гідравлічної діаграми. Вплив конструктивних особливостей елементу на теплогідравлічну розвірку. Особливості гідродинаміки колекторних систем.
5. Визначення рушійного та корисного напорів циркуляції. Оцінка надійності природньої циркуляції.
6. Гідродинамічні характеристики поверхонь, що обігріваються. Методи запобігання пульсацій теплоносія в циркуляційних контурах енергетичних установок.
7. Теплообмін на занурених парогенеруючих поверхнях теплообміну. Теплообмін у парогенеруючих каналах в умовах вимушеного руху теплоносія.
8. Механізм кризи тепловіддачі при кипінні теплоносія на занурених поверхнях теплообміну. Критична густина теплового потоку при кипінні теплоносія на занурених поверхнях теплообміну. Критична густина теплового потоку при кипінні теплоносія у парогенеруючих каналах в умовах вимушеного руху теплоносія.

Розділ 8. Дозиметрія та захист від випромінювання

1. Радіоактивність. Взаємодія іонізуючих випромінювань із речовиною. Біологічна дія іонізуючих випромінювань. Нормування іонізуючих випромінювань.
2. Джерела іонізуючих випромінювань на АЕС. Принципи, методи та засоби радіаційного захисту. Захист від іонізуючих випромінювань на АЕС.
3. Радіаційний контроль. Прилади радіаційного контролю.

Розділ 9. Методи аналізу ризику та надійності атомних електричних станцій

1. Основні цілі виконання ІАБ. Номенклатура та значення кількісних показників безпеки.
2. Ідентифікація та групування вихідних подій. Системи. База даних з надійності обладнання. Відмови з загальної причини. Частоти вихідних подій. Критерії успіху. Аналіз аварійних послідовностей – розробка дерев подій. Аналіз систем – розробка дерев відмов. Аналіз надійності персоналу. Кількісний аналіз аварійних послідовностей. Аналіз невизначеностей, значимості та чутливості.
3. Особливості розрахунку частот вихідних подій. Визначення вразливості енергоблоку. Особливості виконання інших елементів ІАБ.

Розділ 10. Аварійні режими та безпека атомних станцій. Аналіз та управління аваріями на атомних станціях.

1. Філософія безпеки АС та нормативне регулювання ядерної безпеки.
2. Проектні основи систем безпеки. Керуючі системи безпеки. Захисні системи безпеки. Локалізуючі системи безпеки.
3. Проектні аварії. Запроектні аварії. Важкі аварії. Аналіз аварійних режимів.
4. Експертні системи підтримки оператора. Аварійні інструкції та керування аваріями. Аварійне реагування на АС.

1.2. Порядок проведення іспиту

Іспит проводиться у вигляді письмової роботи. Кожен білет містить чотири теоретичні запитання. Для випробування передбачено 20 екзаменаційних білетів, сформованих з наведеного вище переліку тем.

Термін виконання іспиту становить 3 академічні години (135 хвилин) без перерви. Після написання роботи предметна комісія перевіряє її та виставляє оцінку згідно з критеріями оцінювання.

Методика проведення іспиту наступна. Члени комісії інформують вступників про порядок проведення та оформлення робіт з вступного іспиту зі спеціальності видають вступникам екзаменаційні білети з відповідними варіантами та заздалегідь роздруковані підписані листи для написання робіт. Надалі в ці листи вступники записують письмові відповіді на питання екзаменаційного білету і наприкінці зазначають дату та ставлять особистий підпис.

На організаційну частину іспиту (пояснення по проведенню, оформленню і критеріям оцінювання іспиту, видачі білетів і листів для написання роботи) відводиться 10 хвилин від усього часу іспиту, на відповіді на кожне з чотирьох питань екзаменаційного білету вступнику надається по 30 хвилин і на заключну частину (збір білетів і письмових робіт у вступників членами комісії) – 5 хвилин.

Після закінчення етапу написання іспиту, проводиться перевірка відповідей та їх оцінювання всіма членами комісії. Члени предметної комісії приймають спільне рішення щодо виставлення оцінки на відповідь до кожного з питань екзаменаційного білету. Ці оцінки виставляються на аркуші з відповідями студента.

Підведення підсумку іспиту зі спеціальності здійснюється шляхом занесення балів в екзаменаційну відомість. Ознайомлення студента з результатами іспиту проводиться згідно з правилами прийому до університету.

1.3. Допоміжні матеріали для складання іспиту

Під час складання іспиту заборонено використання допоміжної літератури та інших допоміжних матеріалів та засобів.

1.4. Рейтингова система оцінювання (PCO)

На іспиті студенти виконують письмову контрольну роботу. Кожний екзаменаційний білет містить чотири теоретичні питання. Усі чотири завдання рівнозначні.

В залежності від повноти і правильності відповіді на питання вступник отримує:

23...25	балів за	91...100 %	правильної відповіді
20...22	балів за	81...90 %	правильної відповіді
17...19	балів за	71...80 %	правильної відповіді
14...16	балів за	61...70 %	правильної відповіді
11...13	балів за	51...60 %	правильної відповіді
9...10	балів за	41...50 %	правильної відповіді
7...8	балів за	31...40 %	правильної відповіді
5...6	балів за	21...30 %	правильної відповіді
3...4	балів за	11...20 %	правильної відповіді
1...2	балів за	5...10 %	правильної відповіді
0	балів за	0...5 %	правильної відповіді

Правильною відповіддю в даному контексті вважається повне і адекватне висвітлення питання згідно з Програмою іспиту зі спеціальності.

У відповідях на теоретичні завданнях екзаменаційного білета оцінюють:

- повноту розкриття питання;
- уміння чітко формулювати визначення понять/термінів та пояснювати їх;
- здатність аргументувати відповідь;
- аналітичні міркування, порівняння, формулювання висновків;
- акуратність оформлення письмової роботи.

Загальна оцінка за іспит обчислюється як арифметична сума балів за всі чотири відповіді на запитання екзаменаційного білета. Таким чином, згідно з рейтинговою системою оцінювання, за результатами іспиту вступник може набрати від 0 до 100 балів.

З метою обчислення конкурсного балу вступника результат іспиту зі спеціальності перераховується з шкали від 0 до 100 балів до шкали, визначеної Порядком прийому на навчання для здобуття вищої освіти (100...200 балів) згідно з Таблицею відповідності:

Таблиця відповідності оцінок PCO (60...100 балів)
оцінкам 200-бальної шкали (100...200 балів)

шкала PCO	шкала 100...200	шкала PCO	шкала 100...200	шкала PCO	шкала 100...200	шкала PCO	шкала 100...200
60	100	70	140	80	160	90	180
61	105	71	142	81	162	91	182
62	110	72	144	82	164	92	184
63	115	73	146	83	166	93	186
64	120	74	148	84	168	94	188
65	125	75	150	85	170	95	190
66	128	76	152	86	172	96	192
67	131	77	154	87	174	97	194
68	134	78	156	88	176	98	196
69	137	79	158	89	178	99	198
						100	200

Вступники, результати іспиту яких за шкалою PCO складають від 0 до 59 балів, отримують оцінку "незадовільно" і не допускаються до участі в наступних вступних випробуваннях (за наявності) і в конкурсному відборі.

1.5. Приклад типового завдання іспиту зі спеціальності

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Освітній ступінь	доктор філософії
Спеціальність	G4 Енерговиробництво (за спеціалізаціями)
Освітня програма	Атомна енергетика
Іспит	Вступний іспит зі спеціальності

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 1

1. Надати пояснення, що таке теплоємність та як її можна визначити експериментально, за молекулярно-кінетичною теорією та за допомогою таблиць. Як обраховується теплоємність суміші газів..
2. Отримати диференціальне рівняння теплопровідності і навести його окремі випадки.
3. Сформулювати і проаналізувати особливості, переваги та недоліки водо-водяних реакторів.
4. Представити процедуру виконання ІАБ 1-го рівня по відношенню до внутрішніх ініціаторів.

Затверджено на засіданні НМКУ
протокол № 4 від 24 березня 2025 р.

Гарант освітньої програми



Вадим КОНДРАТЮК

2. ПРИКІНЦЕВІ ПОЛОЖЕННЯ

1. Особи, які без поважних причин не з'явилися на вступні іспити у визначений розкладом час, особи, знання яких було оцінено балами нижче встановленого рівня, до участі в наступних вступних іспитах і в конкурсному відборі не допускаються.
2. Перескладання вступних випробувань не допускається.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

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. 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

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

6. 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.

7. 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.

8. 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>

9. Ключников О.О., Носовський А.В. Основи дозиметрії іонізуючих випромінювань: Навчальний посібник. – К.: Інститут проблем безпеки АЕС НАН України, 2007. - 256с. – (Безпека атомних станцій).

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

д.т.н., проф. каф. АЕ, НН ІАТЕ

д.т.н., проф. каф. АЕ, НН ІАТЕ

к.т.н., доц. каф. АЕ, НН ІАТЕ

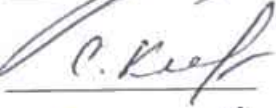
к.т.н., доц. каф. АЕ, НН ІАТЕ



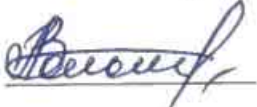
Вадим КОНДРАТЮК



Євген ПИСЬМЕННИЙ



Сергій КЛЕВЦОВ



Валерій КОНЬШИН