

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



Затверджую

Голова Приймальної комісії
Ректор

Анатолій МЕЛЬНИЧЕНКО

підпис

28.03.2025 р.

дата

ПРОГРАМА
вступного іспиту зі спеціальності

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

за спеціальністю G4 Енерговиробництво (за спеціалізаціями)

Програму ухвалено:

Науково-методичною комісією за
спеціальністю G4 Енерговиробництво

Протокол № 4 від 24 березня 2025 р.

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 «Теплоенергетика» за спеціальністю G4 Енерговиробництво (за спеціалізаціями), спеціалізація G4.02 Теплоенергетика.

Метою вступного випробування є перевірка набуття вступником компетентностей та результатів навчання, що визначені стандартом вищої освіти за спеціальністю 144 Теплоенергетика для другого (магістерського) рівня вищої освіти.

1. ОСНОВНИЙ ВИКЛАД

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

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.

Диференціальні 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.

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 Максвела. 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.

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 багат шарової 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.

Теплоенергетичні установки

Особливості енергетичної галузі промисловості. Типи та класифікація електростанцій. Енергетичні системи. Модель енергетичного ринку України. Нерівномірність споживання електричної та теплової енергії. Графіки теплового та електричного навантаження. Паливно-енергетичні ресурси. Технологічні схеми паротурбінних електростанцій.

Термодинамічні основи роботи електростанцій. Енергетичні показники роботи електростанцій. Принципові теплові схеми ТЕС. Питомі показники КЕС. Витрати електроенергії на власні потреби. Особливості розрахунку теплової економічності ТЕЦ. Оцінка та аналіз показників теплової економічності електростанцій.

Вплив кінцевих та початкових параметрів пари на надійність та економічність роботи електростанцій. Проміжний перегрів пари, термодинамічні основи та реалізація. Вибір параметрів проміжного перегріву на КЕС та ТЕЦ. Допустима вологість на останніх ступенях турбін. Сепарація вологи. Регенеративний підігрів живильної води на електростанцій, термодинамічні основи. Вибір оптимальної температури живильної води, кількості та параметрів відборів пари. Розподіл підігріву води за ступенями регенерації. Вибір типу регенеративних підігрівачів живильної води та конденсату. Способи та схеми

зливу дренажу поверхневих регенеративних підігрівачів. Виносні та вбудовані охолоджувачі пари та дренажу.

Втрата пари та конденсату на ТЕС та АЕС. Вплив втрат води та пари на економічність роботи електростанцій. Способи підготовки додаткової води. Теплові та сольові баланси. Випарні установки, типи, конструкції, варіанти ввімкнення в теплові схеми. Багатоступеневі випарні установки. Схеми продувки котлів та випарних установок ТЕС. Обробка води на АЕС різного типу.

Фізико-хімічні основи деаерації води. Хімічні та термічні методи виділення кисню з живильної води ТЕС. Функції деаeratorів. Включення деаeratorів в теплові схеми електростанцій. Нейтрально-кисневий водно-хімічний режим на ТЕС. Бездеаeratorні теплові схеми.

Живильні установки електростанцій. Типи живильних насосів. Схеми включення. Особливості живильних насосів АЕС. Головні циркуляційні насоси АЕС. Трубопроводи електростанцій, вимоги, характеристики, категорії. Арматура електростанцій: запірні, регулююча та запобіжна.

Комбінована генерація тепла і електроенергії. Оцінка теплової економічності ТЕЦ. Відпуск пари промисловим споживачам тепла від ТЕЦ. Відкриті та закриті схема відпуску промислової пари. Відпуск гарячої води з ТЕЦ. Теплофікаційні установки ТЕЦ. Багатоступеневий підігрів мережної води і його тепла ефективність.

Газотурбінні електростанції. Цикл Брайтона. Промислові газотурбінні установки. Комбіновані парогазові установки. ПГУ з витісненням регенерації, з низько- та високо-напорними парогенераторами, з котлом-утилізатором. Органічний цикл Ренкіна. Сфери застосування ORC установок. Вибір теплових носіїв для установок органічного циклу Ренкіна.

1.2. Порядок проведення іспиту

Іспит проводиться у вигляді письмової роботи. Кожен білет містить три теоретичні запитання. Термін виконання іспиту становить 2 академічні години (90 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 зі 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.

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 три теоретичні питання. Усі три завдання рівнозначні.

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

Характер виконання завдання	Рейтинговий бал
Вступник змістовно і обґрунтовано розкрив теоретичне питання (не менше 95% потрібної інформації).	95-100
Вступник змістовно розкрив питання, але обґрунтування виконано недостатньо (не менше 85% потрібної інформації).	85-94
Вступник добре розкрив теоретичне питання та представив не менше 75% потрібної інформації.	75-84
Вступник поверхнево розкрив теоретичне питання (не менше 65% потрібної інформації).	65-74
Вступник недостатньо добре розкрив теоретичне питання, але не навів не менше 60% потрібної інформації.	60-64
Вступник не розкрив теоретичне питання (менше 60 % потрібної інформації), чи надав відповідь, яка не відповідає сутності завдання.	59 і менше

Загальна оцінка за іспит визначається, як середньоарифметичне значення балів, нарахованих вступнику за окремі завдання вступного випробування. Для випробування, яке складається із 3-х завдань: $R = (R_1 + R_2 + R_3) / 3$.

З метою обчислення конкурсного балу вступника результат іспиту зі спеціальності перераховується зі 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 РСО (60...100 балів)
оцінкам 200-бальної шкали (100...200 балів)

шкала РСО	шкала 100...200	шкала РСО	шкала 100...200	шкала РСО	шкала 100...200	шкала РСО	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 РСО 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	Теплоенергетика
Іспит	Вступний іспит зі спеціальності

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 1

1. Пояснити суть закону теплопровідності Фур'є. Визначити розмірність і фізичний зміст коефіцієнта теплопровідності.
2. TS-діаграма водяної пари, три стадії процесу паротворення, розташування характерних кривих.
3. Перерахуйте та поясніть джерела появи внутрішніх та зовнішніх втрат води та пари на електростанціях. Вкажіть допустимі значення цих втрат.

Затверджено на засіданні НМКУ
протокол № _____ від _____ 2025 р.

Гарант освітньої програми

Ольга ЧЕРНОУСЕНКО

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. 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. 237 с.
3. Ярхо А. А., Щасливий Є. Є., Лялюк В. М. Гідрогазодинаміка. Навчальний посібник. - Харків: УкрДАЗТ. - Ч.2. - 2007. 132 с.
4. В.М. Мінаковський, А.С. Соломаха. Технічна термодинаміка. Приклади, задачі та типові розрахунки. За заг. ред. В.М. Мінаковського. Навчальний посібник. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2017. – 172 с.
5. Куделя П.П., Трокоз Я.Є. Текст лекцій з дисципліни «Технічна термодинаміка» в двох частинах. [Електронний ресурс]. НТУУ «КПІ», Київ 2015 р.
6. Куделя П.П. Методи термодинамічного аналізу установок та систем. – Київ, 2010. Свідectво про надання грифа електронному виданню НМУ № Е9/10-150, протокол №5 від 21.01.2010. – 127 с.
7. Константинов С.М. Теплообмін: Підручник. - К.: ВПІ ВПК «Політехніка»: Інрес, 2005. - 304 с.
8. Приходько М.А., Герасимов Г.Г. Термодинаміка та теплопередача. Навчальний посібник. - Рівне: НУВГП, 2008.- 250 с
9. Лабай В. Й. Тепломасообмін : Підручник для ВНЗ. – Львів: Тріада Плюс, 2004. – 260 с.
10. Чепурний М. М. Тепломасообмін в прикладах і задачах : навчальний посібник / М. М. Чепурний, Н. В. Резидент. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 128 с.
11. Атомні і теплові електричні станції: Курс лекцій [Електронний ресурс] / О. Ю. Черноусенко. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 323 с.
12. Теплові та атомні електростанції і установки: навчальний посібник / М.С. Бондаренко, О.С. Єлеонська. – Миколаїв: Видавництво НУК, 2022. – 131 с.

13. Теплоенергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії: Підручник / Варламов Г. Б., Любчик Г. М., Маляренко В. А. – Київ: ІВЦ “Видавництво «Політехніка»”, 2003. – 232 с.

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

д.т.н., проф.,

зав. каф. ТАЕ, НН ІАТЕ



Ольга ЧЕРНОУСЕНКО

к.т.н., доц.,

доц. каф. ТАЕ, НН ІАТЕ



Ірина ФУРТАТ

к.т.н., доц.,

доц. каф. ТАЕ, НН ІАТЕ



Віталій ПЕШКО