

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ОЛЕСЯ ГОНЧАРА

ЗАТВЕРДЖУЮ

Ректор

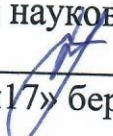
 Сергій ОКОВИТИЙ
«17» березня 2025 р.



ПОГОДЖЕНО

В.о. проректора

з науково-педагогічної роботи

 Наталія ГУК
«17» березня 2025 р.

ПРОГРАМА
ФАХОВОГО ІСПИТУ

для вступу на навчання за освітнім ступенем магістра
на основі освітнього ступеня бакалавра
(освітньо-кваліфікаційного рівня спеціаліста, освітнього ступеня магістра)
за спеціальністю G4.02 Енерговиробництво (Теплоенергетика)



Розглянуто на засіданні вченої ради
факультету механіко-математичного
від «18» лютого 2025 р.; протокол № 7

Голова вченої ради



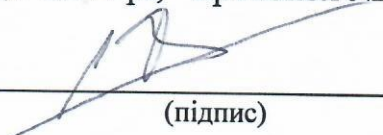
Олександр ХАМІНЧ

Укладачі програми:

1. Дреус А.Ю., завідувач кафедри аерогідромеханіки та енергомасопереносу, д.т.н., професор.
2. Геті К.В., доцент кафедри аерогідромеханіки та енергомасопереносу, к.т.н., доцент.
3. Губін О. І., посада, доцент кафедри аерогідромеханіки та енергомасопереносу, к.м.-м.н., доцент

Програма ухвалена на засіданні кафедри аерогідромеханіки та енергомасопереносу

від «26» листопада 2024 р.; протокол № 8

Завідувач кафедри  (підпис) (Андрій ДРЕУС)
(ім'я та прізвище)

та на засіданні науково-методичної ради факультету механіко-математичного від «17» лютого 2025 р.; протокол № 7

Голова науково-методичної ради  (підпис) (Олександр ГУБІН)
(ім'я та прізвище)

та на засіданні вченої ради факультету механіко-математичного від «18» лютого 2025 р.; протокол № 7

Голова науково-методичної ради  (підпис) (Олександр ХАМІНЧ)
(ім'я та прізвище)

1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

Фаховий іспит (ФІ) передбачає перевірку здатності вступника до опанування освітньої програми другого (магістерського) рівня вищої освіти на основі здобутих раніше компетентностей.

Результати ФІ зараховуються для конкурсного відбору осіб; які на основі освітнього ступеня бакалавра (освітньо-кваліфікаційного рівня спеціаліста, освітнього ступеня магістра) вступають на навчання для здобуття ступеня магістра.

Узагальнена структура фахового іспиту

№	Найменування розділу	Питома вага**
1	Технічна термодинаміка	32%
2	Тепломасообмін	24%
3	Методи дослідження процесів теплообміну	28%
4	Гідрогазодинаміка	16%

** відсоток обирається парний

1. ТЕМАТИКА ОЦІНЮВАННЯ

№	Найменування розділу/ теми та її зміст	Питома вага**
1	ТЕХНІЧНА ТЕРМОДИНАМІКА	32%
1.1	Основні поняття та визначення	
1.1.1	Предмет технічної термодинаміки та його метод. Термодинамічна система та її види. Робоче тіло та зовнішнє середовище. Теплота та робота як форми енергетичної взаємодії зовнішнього середовища та робочого тіла. Основні параметри стану робочого тіла. Термодинамічний процес. Рівноважний та нерівноважний процеси. Обороти та необороти процеси. Графічне зображення оборотних процесів в термодинамічних діаграмах.	
1.1.2	Поняття про круговий оборотний процес. Ідеальний газ. Рівняння стану ідеального газу. Суміш ідеальних газів. Способи завдання газових сумішей. Визначення середньої молярної маси та питомої газової постійної суміші. Парціальні тиск та об'єм. Суть першого закону термодинаміки. Внутрішня енергія. Робота процесу. Графічне зображення роботи в $p-v$ -діаграмі.	
1.1.3	Теплота процесу. Принцип еквівалентності теплоти та роботи. Аналітичний вираз та формулювання першого закону термодинаміки. Ентальпія. Теплоємність газів. Середня та істинна теплоємності. Теплоємність суміші ідеальних газів. Застосування першого закону термодинаміки до ідеального газу. Теплоємність ідеального газу при постійному тиску та при постійному об'ємі. Ентропія. Обчислення зміни ентропії ідеальних газів. TS -діаграма. Графічне зображення теплоти в TS -діаграмі.	
1.1.4	Кругові термодинамічні процеси (цикли). Прямий та зворотний цикли Карно. Суть другого закону термодинаміки та його основні формулювання. Аналітичний вираз другого закону термодинаміки. Диференціальні рівняння термодинаміки та їх застосування. Характеристичні функції.	
1.2	Термодинамічні процеси	

1.2.1	Термодинамічні процеси ідеальних газів. Політропні процеси. Визначення показника політропи та теплоємності політропного процесу. Основні термодинамічні процеси: ізохорний, ізобарний, ізотермічний, адіабатний. Зображення політропних процесів в PV- та TS-діаграмах.	
1.2.2	Процес пароутворення при постійному тиску. PV-діаграма водяної пари. Основні параметри води і водяної пари. Основні параметри сухої насиченої пари.	
1.2.3	Основні параметри перегрітої пари. Основні параметри вологої насиченої пари. TS-діаграма водяної пари. Таблиці водяної пари. IS-діаграма водяної пари. Основні термодинамічні процеси водяної пари. Вологе повітря (основні поняття).	
1.2.4	Абсолютна та відносна вологість повітря, вологовміст. Психрометр. Температура точки роси. Ентальпія та густина вологого повітря. ID-діаграма вологого повітря.	
1.3	Термодинамічні показники поточкових тепломеханічних процесів	
1.3.1	Рівняння першого закону термодинаміки для потоку та його аналіз. Адіабатний витік. Швидкість адіабатного витоку. Критичне відношення тисків. Розрахунок швидкості витоку та секундної масової витрати для критичного режиму.	
1.3.2	Геометричний вплив на потік. Сопло Лавалю. Особливості визначення швидкості витоку для водяної пари. Вплив витрат на швидкість витоку. Суть процесу дроселювання. Зміна параметрів робочого тіла при дроселюванні.	
1.3.3	Поняття про ефект інверсії Джоуля-Томпсона. Температура інверсії. Технічне використання ефекту дроселювання. Умовне зображення процесу дроселювання водяної пари в is-діаграмі.	
1.3.4	Втрата працездатності робочого тіла при дроселюванні. Ексергія і енергія енергоресурсів. Ексергетичний баланс поточкових процесів і установок.	
1.4	Основи теорії тепломеханічних циклів і установок	
1.4.1	Призначення і класифікація компресорів. Технічна робота в компресорах. Робота, яка витрачається на привід компресора. Ізотермічне і політропне стискання. Відмінність індикаторної діаграми дійсного циклу від теоретичного.	
1.4.2	Поняття про багатоступінчасте стискання. Зображення у PV- та TS-діаграмах процесів у компресорах для одно- і багатоступінчастого стискання. Визначення ефективної потужності, яка витрачається на привід компресора і поняття про внутрішній відносний к.к.д. Класифікація поршневих двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ). Зображення циклів ДВЗ у PV- та TS-діаграмах. Аналіз та порівняння циклів ДВЗ.	
1.4.3	Визначення термічного ККД і вплив параметрів циклу ДВЗ на збільшення ККД. Преваги газотурбінних установок перед поршневим ДВЗ. Цикли газотурбінних установок. Принципові схеми та цикли паросилових установок. Поняття про цикли атомних силових установок. Загальне поняття про сонячні теплогенератори, сонячні електричні парогенератори. Лазерні теплогенератори.	
1.4.4	Цикли установок з магнітогідродинамічними генераторами.	

	Основні поняття про роботу холодильних установок. Класифікація холодильних установок. Поняття про холодильний коефіцієнт. Цикли повітряних, парокомпресорних і абсорбційних теплових установок. Теплонасосні установки.	
2	ТЕПЛОМАСООБМІН	24%
2.1	Розповсюдження теплоти теплопровідністю	
2.1.1	Предмет та основні задачі теорії. Місце цієї дисципліни в підготовці інженера-енергетика. Основні поняття та визначення. Види розповсюдження теплоти: теплопровідність, конвекція та теплове випромінювання. Складний теплообмін. Поняття про масообмін.	
2.1.2	Основний закон теплопровідності (закон Фур'є). Теплопровідність. Диференціальне рівняння теплопровідності. Умови однозначності. Теплопровідність різних стінок при стаціонарному режимі. Граничні умови першого роду. Визначення теплопередачі через стінки. Граничні умови третього роду. Коефіцієнт теплопередачі.	
2.1.3	Шляхи інтенсифікації процесу теплопередачі. Правило вибору матеріалу теплоізоляції. Основні відомості про нестационарну теплопровідність. Методи розв'язування крайових задач. Регулярний режим охолодження (нагрівання) тіл. Теплопровідність тіл з внутрішніми джерелами теплоти.	
2.1.4	Задача Стефана. Контактний теплообмін. Особливості передачі теплоти при взаємному контакті тіл. Контактний термічний опір, вплив на нього різних факторів. Засоби зменшення контактного опору.	
2.2	Конвективний теплообмін	
2.2.1	Фізична суть конвективного теплообміну. Формула Ньютона-Ріхмана. Коефіцієнт тепловіддачі. Рівняння енергії руху і нерозривності. Початкові і граничні умови. Методи розв'язування рівнянь конвективного теплообміну. Основи теорії подоби. Гідродинамічна та тепла подоба. Критерії подоби та принципи їх одержання. Критеріальні рівняння конвективного теплообміну.	
2.2.2	Визначальні та визначаючі критерії подоби. Визначальна температура та визначальний лінійний розмір. Теплообмін при вимушеному русі газу в трубах та каналах. Теплообмін при вимушеному поперечному обтіканні труб. Теплообмін при вільному русі рідини. Теплообмін при змінюванні агрегатного стану речовини.	
2.2.3	Теплообмін при кипінні в великому об'ємі. Елементи гідродинаміки двофазного потоку. Теплообмін при кипінні в трубах. Теплообмін при конденсації. Масообмін в двох компонентних середовищах. Теплопередача при великих швидкостях. Диференційне та інтегральне рівняння пограничних шарів. Результати розв'язку рівнянь.	
2.2.4	Критеріальні рівняння. Тепловіддача в трубах та соплах. Тепловий захист тіл. Цілі та області застосування методів теплового захисту. Конвективне охолодження. Газові завіси. Конвективний теплообмін при наявності газових завіс. Пористе охолодження. Абліруюче покриття.	
2.3	Теплообмін випромінюванням	

2.3.1	Основні поняття та визначення. Фізика випромінювання, радіаційні властивості.	
2.3.2	Основні закони теплового випромінювання. Теплообмін випромінюванням між твердими тілами.	
2.3.3	Захист від теплового випромінювання.	
2.3.4	Теплове випромінювання газів.	
2.4	Складний теплообмін. Теплообмінні апарати	
2.4.1	Складний теплообмін. Підсумковий коефіцієнт тепловіддачі. Типи теплообмінних апаратів. Теплоносії. Рівняння теплового балансу та теплопередачі. Основні схеми руху теплоносіїв. Середньоарифметичний та середньологарифмічний напори. Основи теплового розрахунку рекуперативних теплообмінних апаратів. Методи інтенсифікації теплообміну в рекуперативних теплообмінниках.	
2.4.2	Основи теплового розрахунку рекуперативних теплообмінних апаратів. Гідромеханічний розрахунок теплообмінних апаратів. Розрахунок коефіцієнта тертя. Методи інтенсифікації теплообміну в рекуперативних теплообмінниках.	
2.4.3	Теплова ізоляція. Види ізоляції. Основні теплоізоляційні матеріали, їх характеристики та області застосування. Вибір теплоізоляційних матеріалів. Методи розрахунку теплоізоляції. Охолодження та термостатування. Методи та системи охолодження пристроїв.	
2.4.4	Розрахунок теплообміну в основних елементах системи охолодження. Системи стабілізації температури, вимоги які пред'являються до них. Конструкції термостатів. Розрахунок теплової ізоляції термостатів.	
3	МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛООБМІНУ	28%
3.1	Математичні методи розрахунку процесів теплообміну.	
3.1.1	Постановка крайових задач та класифікація методів розв'язання крайових задач. Особливості аналітичних та чисельних методів. Класичні методи: метод Фур'є, метод функцій Гріна, фундаментальні розв'язки рівнянь Лапласу та теплопровідності. Метод скінчених інтегральних перетворень. Рівняння для визначення ядра перетворення. Загальна схема застосування методу.	
3.1.2	Перетворення Лапласа (операційний метод), схема розв'язання задач за допомогою операційного методу. Знаходження оригіналу функції по її зображенню: теорема обернення, перша і друга теореми розкладання. Чисельне обернення перетворення Лапласа.	
3.1.3	Проекційні методи (зважених відхилів). Загальний підхід до методів зважених відхилів. Метод Бубнова-Гальоркіна, вибір наближеного розв'язку та процедура реалізації методу. Основні поняття методу скінчених різниць. Апроксимація першої похідної різницями "вперед" і "назад".	
3.1.4	Апроксимація першої похідної центральною різницею. Апроксимація другої похідної. Явна і неявна схеми. Види різницевих сіток. Шаблон. Поняття відхилу. Метод зменшення відхилу. Апроксимація диференційного рівняння і її порядок. Методи складання різницевих схем. Апроксимація крайових умов: засіб фіктивних точок.	

3.2	Основні поняття стійкості	
3.2.1	Основні поняття стійкості. Приклад нестійкої різницевої схеми. Ознака рівномірної стійкості. Ознака стійкості по правій частині. Принцип максимуму. Метод енергетичних нерівностей. Метод операторних нерівностей. Збіжність. Основна теорема збіжності. Оцінка точності різницевих схем. Теорема про порядок точності. Порівняння схем на тестах.	
3.2.2	Параболічні рівняння. Постановка задачі. Існування й одиничність розв'язку. Сімейство неявних схем. Апроксимація й стійкість. Сімейство неявних схем. Збіжність і монотонність. Необхідна і достатня умова монотонності. Схеми Річардсона і Дюфорта-Франкеля. Схема розрахунку, що біжить.	
3.2.3	Найкраща схема для рівняння теплопровідності зі змінним коефіцієнтом. Стійкість, збіжність і монотонність найкращої схеми. Рівняння теплопровідності в криволінійних координатах. Квазілінійне рівняння теплопровідності: лінійний і нелінійний варіанти.	
3.2.4	Продовж-поперечна схема для багатовимірного рівняння теплопровідності. Локально-одновимірний метод для багатовимірного рівняння теплопровідності.	
3.3	Експериментальні методи дослідження процесів теплообміну	
3.3.1	Аеродинамічні труби. Експериментальне дослідження полів температур та тисків в потоці. Оптичні методи дослідження потоків. Методи нагрівання робочих тіл та дільниць; вимірювання теплових потоків. Конструкції робочих дільниць для дослідження конвективного теплообміну. Визначення коефіцієнту теплопровідності методом плоскої стінки. Схема установки.	
3.3.2	Визначення залежності коефіцієнту теплопровідності від температури. Визначення місцевих коефіцієнтів тепловіддачі на поверхні вертикального циліндра при вільній конвекції. Визначення середнього коефіцієнту тепловіддачі на поверхні вертикального циліндра при вільній конвекції.	
3.3.3	Визначення коефіцієнту тепловіддачі на поверхні горизонтального циліндра при вільній конвекції. Визначення коефіцієнту тепловіддачі при вимушеному русі повітря в циліндричній трубі. Визначення коефіцієнту тепловіддачі методом регулярного режиму.	
3.3.4	Нагрівання та охолодження тіл. Визначення коефіцієнту температуропровідності методом регулярного режиму. Визначення коефіцієнту дифузії методом зважування. Визначення коефіцієнту масовіддачі при ізотермічній сушці. Визначення густини твердих тіл методом гідростатичного зважування. Метод кварцового дилатометра для визначення залежності густини твердих тіл від температури. Механічні пристрої для створення високих тисків.	
3.4	Дослідження процесів теплообміну при фазових перетвореннях	
3.4.1	Принципи роботи та конструктивні схеми іонних насосів. Принцип роботи гідростатичних манометрів. Принцип роботи компресійного манометру. Принцип роботи термомолекулярних манометрів.	

3.4.2	Принципи роботи в'язкісних манометрів. Манометри, робота яких базується на використанні теплопровідності газів. Принципи роботи і границі вимірювальних тисків термоелектронних іонізаційних манометрів.	
3.4.3	Дослідження умов виникнення та механізму кипіння, кризи теплообміну при кипінні. Методи імітації аварійних ситуацій теплообмінного устаткування.	
3.4.4	Методи дослідження теплообміну при конденсації пари, променевого та контактного теплообміну.	
4	ГІДРОГАЗОДИНАМІКА	
4.1	Фізичні властивості та моделі рідин. Гідрогазостатика	16%
4.1.1	Густина (щільність) та її залежність від температури і тиску. В'язкість: динамічна та кінематична, механізми внутрішнього тертя. Поверхневий натяг: природа, вимірювання, вплив на капілярні явища. Стисливість рідин: модуль об'ємного стиску, ізотермічне та адіабатичне стиснення.	
4.1.2	Ідеальна (нестислива) рідина: припущення, обмеження, сфери застосування. Реальна (в'язка) рідина: урахування внутрішнього тертя, роль в'язкості у гідродинамічних процесах. Ньютонівські та неньютонівські рідини: характеристика, приклади, моделі реологічної поведінки. Стисливі рідини: моделювання при високих тисках або швидкостях (акустика, ударні хвилі).	
4.1.3	Вимірювання густини: пікнометри, ареометри, цифрові денсиметри. Визначення в'язкості: капілярні віскозиметри, ротаційні та кулькові прилади. Визначення поверхневого натягу: метод краплі, капілярний підйом, метод відриву. Вимірювання тиску та температури: сенсори, калібрування, похибки вимірювань.	
4.1.4	Вибір моделі рідини залежно від умов задачі (ламінарна / турбулентна течія, масштаб). Роль фізичних властивостей у рівняннях Нав'є–Стокса. Вплив поверхневого натягу у мікрофлюїдиці та біоінженерії. Урахування стисливості в моделях обтікання тіл на високих швидкостях. Застосування комп'ютерного моделювання (CFD) для реальних рідин з урахуванням їхніх властивостей.	
4.2	Кінематика рідини. Динаміка ідеальної рідини	
4.2.1	Основні кінематичні характеристики течії рідини. Поле швидкостей: поняття векторного поля, залежність швидкості від координат і часу. Лінії току, трубки току, траєкторії частинок: відмінності між стаціонарною та нестаціонарною течією. Суцільна модель рідини: припущення про неперервність, опис руху в Ейлеровій та Лагранжевій формах. Деформації елемента рідини: швидкість розтягнення, зсуву, обертання. Напруження в рідині: тензор деформації швидкості, симетричні та антисиметричні складові. Потік і витрата: об'ємна та масова витрата, поняття про дебіт	
4.2.2	Типи течій і класифікація руху рідини. Стаціонарна та нестаціонарна течія: залежність характеристик від часу. Одновимірна, двовимірна та тривимірна течія: спрощення моделей залежно від задачі. Поступальний, обертальний та деформаційний рух: складові загального руху рідини. Вихорова	

	та потенціальна течія: характеристика, ознака наявності або відсутності обертання. Ротація та вортексність: поняття про вектор вортексності, фізичне значення. Поле прискорення рідини: матеріальна похідна, локальне та конвективне прискорення.	
4.2.3	Основні рівняння динаміки ідеальної рідини. Рівняння Ейлера: виведення для ідеальної несжимаємої рідини, фізичний зміст членів. Рівняння неперервності: закон збереження маси в Ейлеровій формі. Сили, що діють на елемент рідини: тиск, гравітація, поверхневі сили — без врахування в'язкості. Матеріальна похідна: зміна величини у потоці, локальна та конвективна складові. Умови на межі: нерозривність потоку, ковзання або прикріплення до твердих поверхонь (для ідеальної рідини — допускається ковзання)	
4.2.4	Закони збереження та інтегральні співвідношення. Теорема Бернуллі: виведення з рівняння Ейлера для стаціонарної течії вздовж лінії току. Загальне рівняння Бернуллі: для нестисливої, ідеальної рідини; варіанти для потенціальної течії. Інтеграли руху: сталості енергії, імпульсу та моменту імпульсу у потоці ідеальної рідини. Закон збереження імпульсу: у формі рівняння Нав'є — Стокса без в'язкості (тобто Ейлера), застосування до обтікання тіл. Потенціальна течія: умова безвихорості, визначення потенціалу швидкості, рівняння Лапласа. Циркуляція та теорема Кельвіна: сталість циркуляції в потенціальному полі ідеальної рідини. Теорема Гельмгольца: про поведінку вортексних ліній в ідеальній рідині.	
4.3	Елементи гідравліки. Динаміка в'язкої рідини	
4.3.1	Рух рідини в трубах і каналах (гідравліка трубопроводів). Рівняння Бернуллі з втратами: урахування втрат на тертя та місцеві опори. Гідравлічний градієнт і напірна лінія: побудова, інтерпретація для різних ділянок трубопроводу. Ламінарний і турбулентний режими течії: критерій Рейнольдса, межі та фізичні особливості. Формули для втрат тиску: закон Дарсі-Вейсбаха, формули Чезі, Гаузен-Вільямса. Місцеві втрати: втрати на клапанах, поворотах, звуженнях, розширеннях. Робота насосів: побудова характеристики насоса, підбір за Q-H характеристиками. Кавітація: умови виникнення, шкода для обладнання, способи запобігання.	
4.3.2	Витікання рідини та рух у відкритих руслах. Формула Торрічеллі: витікання з отвору під дією гідростатичного тиску. Коефіцієнти витікання, звуження та швидкості: вплив геометрії отвору на витрату. Досліди Вентурі, сопла і насадки: принципи роботи, використання в приладах вимірювання витрати. Гідравліка відкритих русел: специфіка течії з вільною поверхнею, роль гравітації. Класифікація течій у відкритих каналах: рівномірна, нерівномірна, усталена, неусталена. Гідравлічний радіус та формула Шезі-Маннінга: для розрахунку швидкості та витрати.	
4.3.3	Основні рівняння руху в'язкої рідини та їх фізичний зміст. Рівняння Нав'є — Стокса: виведення на основі закону збереження імпульсу з урахуванням в'язкості. В'язкі сили у рідині: тензор напружень, зв'язок між в'язкістю та силами внутрішнього тертя. Граничні умови для в'язкої рідини: умова прилипання до твердих поверхонь (no-slip condition). Аналіз членів рівняння	

	Нав'є — Стокса: інерційні, тискові, в'язкі та зовнішні сили. Наближені моделі руху в'язкої рідини: рівняння Стокса (для повільного руху), рівняння Пуазейля. Стислива vs несжимаема рідина: вплив на форму рівняння, приклад застосування у аеродинаміці. Роль коефіцієнта в'язкості: динамічна і кінематична в'язкість, їх значення в практиці.	
4.3.4	Характер течії в'язкої рідини та прикладні задачі. Ламінарна течія у трубах (течія Пуазейля): розподіл швидкостей, тиск, витрата. Течія між паралельними пластинами (течія Куетта): градієнт швидкості, роль в'язкості. Турбулентна течія: особливості структури, емпіричні моделі (профілі швидкості, правила подібності). Теорія прикордонного шару (Прандтль): поняття тонкого в'язкого шару біля поверхонь твердих тіл. Втрати тиску через в'язкість: формули Дарсі — Вейсбаха, табличні коефіцієнти тертя. Число Рейнольдса: критерій переходу ламінарної течії в турбулентну, вплив геометрії. Гідродинамічний опір: сила опору в'язкої рідини при обтіканні тіл, залежність від режиму течії.	
4.4	Елементи газової динаміки	
4.4.1	Основи рівнянь газової динаміки. Рівняння нерозривності, імпульсу та енергії для газу. Стан рівняння ідеального газу, вплив термодинамічних параметрів. Адіабатичні та ізотермічні процеси в русі газу. Стисливість середовища, швидкість звуку, поняття акустичних збурень.	
4.4.2	Хвилі в газах та їх поширення. Акустичні хвилі, рівняння звукової хвилі. Хвилі стиску та розрідження, формування ударних хвиль. Механізми виникнення ударної хвилі та її структура. Прості хвильові процеси у газовій динаміці (хвиля розгону, хвиля зупинки).	
4.4.3	Надзвукові та дозвукові потоки. Критичні режими течії: дозвукова, звукова та надзвукова швидкість. Струминні течії та ефект дроселювання. Розгляд течії через сопла (напр. де Лавалю). Число Маха: значення для різних режимів, вплив на аеродинаміку.	
4.4.4	Ударні хвилі та розривні розв'язки. Ударна хвиля: умови стрибка (умови Ранкіна — Гюгонію). Структура течії після ударної хвилі. Зони над- та підвищеного тиску в потоці. Використання газової динаміки в технічних задачах: авіація, ракети, надзвукові потоки.	

3. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

До Розділу № 1 «Технічна термодинаміка»

1. Буляндра О.Ф. Технічна термодинаміка: підруч. для студ. енерг. спец. вищ. навч. закл. 2-е вид., випр. К.: Техніка, 2006. 320 с.
2. Буляндра, О.Ф. Збірник задач з технічної термодинаміки: навч. посіб. К.: НУХТ, 2015. 394 с.
3. Василенко І.А., Куманьов С.О., Півоваров О.А. Збірник задач та вправ для вивчення термодинамічних процесів. Навч. посіб. Д.: Акцент ПП, 2014. 249 с.

4. Вассерман О.А. Слинько О.Г. Технічна термодинаміка і теплообмін: підручник. Одеса: Фенікс, 2019. 496 с.
5. Константинов С.М. Технічна термодинаміка: навч. посібник. К.: Політехніка, 2001. 368 с.
6. Константинов С.М., Луцик Р.В. Збірник задач з технічної термодинаміки та теплообміну: навч. посіб. для студ. вищ. техн. навч. закл. К.: Освіта України, 2009. 544 с.
7. Мінаковський В.М., Соломаха А.С. 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.
8. Приходько М.А., Герасимов Г.Г. Термодинаміка та теплопередача. Навчальний посібник. Рівне: НУВГП, 2008. 250 с.
9. Чепурний М.М., Ткаченко С.Й. Основи технічної термодинаміки: підруч. для вузів. Вінниця: Поділля-2000, 2004. 351 с.
10. Чепурний М.М., Ткаченко С.Й. Технічна термодинаміка в прикладах і задачах. Вінниця, ВНТУ, 2004. 132 с.
11. Василенко С.М. Павелко В.І., Форсюк А.В., Масліков М.М., Іващенко Н.В., Барановська С.В. Теплотехніка: навч. посіб. К.: Ліра-К, 2019. 258 с.
12. Драганов Б.Х. Теплотехніка: підручник для студ. вищих техн. навч. закл. К.: ІНКОС, 2005. 504 с.
13. Малярєнко В.А. Енергетичні установки. Загальний курс. Навчальний посібник. 2-е видання Х: САГА, 2008. 320 с.
14. Швець І.Т., Кіраковський Н.Ф. Загальна теплотехніка та теплові двигуни. К.: Вища школа, 1977. 269 с.
15. Холоменюк М.В. «Термодинаміка та теплопередача» навч. посіб. – Д.: НТУ «ДП», 2019. – 280 с.

До Розділу № 2 «Тепломасообмін»

1. Драганов Б.Х., Бессараб О.С., Долінський А.А., Лазоренко В.О., Міщенко А.В., Шеліманова О.В. Теплотехніка: Підручник. 2-е вид., перероб. і доп. Київ: Фірма «ІНКОС», 2005. 400 с.
2. Дреус А.Ю. Лисенко К.Є., Сясев В.О. Збірник задач з тепломасообміну. Дніпропетровськ: ДНУ, 2016. 104 с.
3. Константинов М.М. Теплообмін. Підручник. Київ: Інрес, 2005. 304 с. 4. Лабай В.Й. Тепломасообмін. Львів: «Тріада плюс», 2004. 260 с.
4. Лабай В.Й. Приклади і задачі з курсу тепломасообміну. Львів: Вид. Львівської політехніки, 2017. 228 с.
5. Погорєлов А.І. Тепломасообмін (основи теорії і розрахунку): Навчальний посібник для вузів. 4-те видання, виправлене. Львів: «Новий Світ-2000», 2006. 144 с.
6. Соколовська І.Є. Конспект лекцій з дисципліни «Тепломасообмін» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності 144 «Теплоенергетика». Кам'янське: ДДТУ, 2021. 114 с.

7. Співак О.Ю., Резидент Н.В. Тепломасообмін. Частина І: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2021. 113 с.
8. Чепурний М.М., Резидент Н.В. Тепломасообмін в прикладах і задачах: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2011. 128 с.
9. Герасимов Г.Г. Теоретичні основи теплотехніки: Навч. посібник. Рівне: НУВГП, 2011. 382 с.

До Розділу № 3 «Методи дослідження»

1. Губін О.І. Лабораторний практикум із дисципліни «Методи дослідження процесів теплообміну» / О.І. Губін, О.О. Кочубей, О.В. Кравець, О.В. Ніценко, О.А. Рядно. – Д.:РВВ ДНУ, 2018. – 36 с.
2. Попов В.В. Методи обчислень: конспект лекцій для студентів механіко-математичного факультету. – Видавничо-поліграфічний центр “Київський університет”, 2012 – 303 с.
3. Задачин В.М. Чисельні методи: навч. посібник/ Конюшенко І. Г.– Х., Вид. ХНЕУ ім. С.Кузнеця, 2014. – 180 с.
4. Дреус А.Ю. Математичні методи дослідження теплообміну. Д.: Вид-во ДНУ, 2013. 132 с.
5. Лабораторний практикум з експериментальних методів дослідження тепломасообміну. Д.: РВВ ДНУ, 2004.
6. Драганов Б.Х., Домінський А.А., Міщенко А.В., Письменний Є.М. Теплотехніка. Київ, 2005.
7. Клешня Н.О. Чисельні методи в інженерних задачах: Методичні вказівки/ Шквар Є. О., Коробова М. В.— К.: КМУЦА, 2002. — 40 с
8. Цегелик Г.Г. Чисельні методи: підручник. — Л.: Видавничий центр Львівського національного університету імені Івана Франка, 2004. — 408 с.

До Розділу № 4 «Гідрогазодинаміка»

1. Аврахов Ф.І., Кудінов П.І., Приходько О.А., Сясев В.О. Лабораторний практикум з аерогідромеханіки та гідравліки: навч. посібник. Д.: РВВ ДДУ, 2000. 96 с.
2. Альтман Е.І., Бошкова І.Л. Гідрогазодинаміка: навчальний посібник. Одеса: Бондаренко М.О., 2019. 188 с.
3. Бойко А.В. Гідрогазодинаміка: підручник. Х.: НТУ “ХП”, 2007. 444 с.
4. Бутенко О.Г. Карамушко А.В., Смик С.Ю., Сурков С.В. Гідрогазодинаміка: Навчальний посібник. Одеса: Національний університет «Одеська політехніка», 2021. 332 с.
5. Гоман О.Г. Математичні моделі механіки рідини та газу: механіка ідеальної рідини: Навч. посібник. Д.: ДНУ, 2023. 212 с.
6. Гусак О.Г., Шарапов С.О., Ратушний О.В. Гідрогазодинаміка: навчальний посібник. Суми: Сумський державний університет, 2022. 296 с.
7. Давидсон В.Є. Вступ до гідродинаміки: навч. посібник. Д.: ДНУ, 2004. 216 с.
8. Давидсон В.Є., Личагін М.М. Вступ до газодинаміки. Д.: ДНУ, 2002. 216 с.

9. Ткаченко С.Й., Степанова Н.Д. Гідрогазодинаміка (прикладі і задачі): навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2012. 180 с.
10. Турик В.М. Гідрогазодинаміка. Курс лекцій [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальностей 142 Енергетичне машинобудування, 143 Атомна енергетика, 144 Теплоенергетика. Електронні текстові дані (1 файл: 8,37 Мбайт). Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 145 с. (<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/41225>)
11. Турик В.М. Гідрогазодинаміка. Практикум [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальностей 142 Енергетичне машинобудування, 143 Атомна енергетика, 144 Теплоенергетика. Електронні текстові дані (1 файл: 2,0 Мбайт). Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 38 с.

4. СТРУКТУРА БІЛЕТУ

Кожний білет фахового іспиту містить **50 тестових завдань**, зміст яких стає відомим вступнику лише при отриманні. Питання складено у формі обрання однієї вірної відповіді з чотирьох запропонованих.

Оцінка за відповідь на кожне питання може набувати одного з двох значень: максимального значення 2 балів у випадку вірної відповіді; мінімального значення 0 балів у випадку невірної відповіді.

Розподіл питань у білеті:

– за формою завдань:

Розділ	Питома вага	Кількість тестових завдань у варіанті	Кількість балів за тестове одне завдання	Максимальна кількість балів
Технічна термодинаміка	32 %	16	2	32
Тепломасообмін	24%	12	2	24
Методи дослідження процесів теплообміну	28%	14	2	28
Гідрогазодинаміка	26%	8	2	16
Всього питань на обрання вірної відповіді	100%	50	2	50 x 2=100

Формування бази тестових завдань за розділами:

база містить тестові завдання за розділами Програми ;
у кожному розділі 1 блок; кількість завдань у блоці формується у співвідношенні до значення питомої ваги в програмі; всього тестів з одного фахового іспиту 280.

Розділ	Кількість блоків	Питома вага	Всього завдань з розділу
Технічна термодинаміка	1	32%	90
Тепломасообмін	1	24%	78
Методи дослідження	1	28%	80
Гідрогазодинаміка	1	16%	32
Загальна кількість завдань			280

Розділ	Кількість блоків	Питома вага	Всього завдань з розділу
Розділ №1	1	32%	90
Розділ №2	1	24%	78
Розділ №3	1	28%	80
Розділ №4	1	16%	32
Загальна кількість завдань			280