


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний аерокосмічний університет ім. М. С. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»

**ЗАТВЕРДЖЕНО**

вченою радою  
Національного аерокосмічного  
університету ім. М.С. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»  
Заступник голови вченої ради  
 О.В. Гайдачук  
«21» лютого 2018 р., протокол № 7



**ПРОГРАМА  
ВСТУПНОГО ВИПРОБУВАННЯ**

для здобуття освітнього ступеня магістра  
за освітньо-науковою програмою  
зі спеціальності

**144 Теплоенергетика**  
(код та найменування)

(освітні програми: **«Енергетичний менеджмент», «Теплофізика»**)  
(найменування)

**у 2018 році**

Харків  
2018

## ВСТУП

Вступне випробування для здобуття освітнього ступеня магістра за освітньо-науковою програмою зі спеціальності \_\_\_\_\_

144 Теплоенергетика

(код та найменування)

(освітні програми: «Енергетичний менеджмент», «Теплофізика» )

(найменування)

відбувається відповідно до «Правил прийому до Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» у 2018 році у формі індивідуального письмового фахового іспиту, який приймає екзаменаційна комісія з певної спеціальності (освітньої програми), склад якої затверджується наказом ректора Університету.

До фахового іспиту входять питання за темами:

- "Тепломасообмін",
- "Прикладна гідрогазодинаміка",

Перелік питань за темами наведений у програмі.

### **Критерії оцінювання знань:**

1. Результат фахового іспиту визначається за шкалою від 100 до 200 балів.
2. Фаховий іспит відбувається шляхом тестування. Методом випадкового відбирання вступнику пропонується 25 питань з декількома варіантами відповіді. За одну правильну відповідь на питання вступнику зараховується 4 бали.
3. Мінімальна кількість балів за вступне випробування, визначених за шкалою, зазначеною в п.1, з якими вступник допускається до участі у конкурсі, складає 120 балів.

## 1. Питання за темою Тепломасообмін

(найменування)

### 1. Основні положення теорії теплопровідності.

Механізм теплопровідності в різних середовищах. Закон Фур'є. Коефіцієнт теплопровідності. Математична постановка завдань теплопровідності. Диференціальний рівняння теплопровідності – окремі випадки. Гіперболічне рівняння теплопровідності. Умови однозначності. Класифікація завдань теплопровідності. Коректність постановки крайових завдань. Про методи вирішення завдань теплопровідності. Безрозмірні змінні.

### 2. Теплопровідність при стаціонарному режимі.

Прості завдання стаціонарної теплопровідності – теплопровідність і теплопередача через плоску, циліндрову і сферичну стінки. Розрахунок теплової ізоляції, критичний діаметр ізоляції. Контактний теплообмін. Способи зменшення контактного термічного опору. Інтенсифікація теплопередачі за допомогою ребрення. Теплопровідність уздовж стрижня постійного і поперечного перетину. Ефективність ребрення. Теплопередача через ребрену стінку. Теплопровідність тіл з внутрішнім тепловиділенням.

### 3. Нестаціонарна теплопровідність.

Особливості протікання нестаціонарних процесів. Наближені рішення задачі охолодження (нагріву) простих тіл за допомогою номограм. Застосування методів регулярного режиму при вирішенні прикладних завдань.

### 4. Теплообмін випромінюванням.

Основні поняття і визначення. Закони теплового випромінювання. Класифікація видів півсферичного випромінювання. Інтегральні, спектральні, кутові характеристики випромінювання. Теплообмін випромінюванням між тілами, розділеними прозорим середовищем. Особливості випромінювання газів і пари.

### 5. Основні положення теорії конвективного теплообміну.

Основні поняття і визначення. Диференціальні рівняння конвективного теплообміну. Умови однозначності. Гідродинамічний і тепловий прикордонні шари. Запис рівнянь в безрозмірному вигляді. Основи теорії подібності. Умови теплової подібності. Рівняння подібності. Визначальні параметри. Критерії подібності, їх фізичний сенс.

### 6. Конвективний теплообмін в однофазному середовищі.

Тепловіддача при вимушеному русі рідини уздовж плоскої поверхні. Тепловіддача при ламінарному і турбулентному прикордонних шарах. Особливості теплообміну при великих швидкостях. Тепловіддача при вимушеному перебігу рідини в каналах ламінарний і турбулентні режими. Тепловіддача в шорстких трубах. Інтенсифікація тепловіддачі в каналах за допомогою дискретної турбулізації потоку. Тепловіддача в зігнутих трубах. Особливості тепловіддачі при перебігу рідких металів. Тепловіддача при вимушеному обмиванні одиночної кругової труби і пучків труб. Тепловіддача при вільному русі рідин в необмеженому об'ємі і в прошарках.

## 7. Теплообмін при фазових і хімічних перетвореннях.

Теплообмін при кипінні однокомпонентної рідини. Механізм процесу кипіння. Вплив режимних чинників. Крива кипіння. Кризи кипіння. Тепловіддача при кипінні в трубах. Тепловіддача при конденсації. Плівкова і краплинна конденсація. Тепловіддача при конденсації на вертикальній поверхні. Основи масообміну. Дифузія, конвективний масопереніс і масовіддача. Диференціальні рівняння масопереносу. Аналогія процесів тепло- і масопереносу.

## Література

1. Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А. Тепломассообмен. Учебное пособие для вузов. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: МЭИ, 2005. - 550 с.
2. Ляшков В.И. Теоретические основы теплотехники. М.: Машиностроение, 2005. – 260 с.
3. Овсянников М.К., Орлова Е.Г., Костылев И.И. Теплотехника: Техническая термодинамика и теплопередача: учебник. - СПб.: Нестор-История, 2013. - 296 с.
4. Константинов С.М. [Теплообмін : підручник для студентів вузів / С.М. Константинов ; Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут". Київ : Політехніка, 2005. - 304 с.](#)

Питання склав

к.т.н., доцент кафедри 205  
(науковий ступень, посада)

  
(підпис)

К.С. Єпіфанов  
(ініціали та прізвище)

## 2. Питання за темою Прикладна гідрогазодинаміка (найменування)

### 1. Змістова і математична моделі континууму.

Поняття суцільного середовища (континууму). Принцип введення характеристик. Межі дії гіпотези суцільності. Види характеристик континууму. Основні моделі суцільного середовища.

Вектори швидкості та прискорення. Геометричний образ течії у методі Ейлера. Тензор швидкостей деформацій. Теорема Коші-Гельмгольца. Дивергенція, ротор і циркуляція швидкості.

Вектори напруги об'ємних і поверхневих сил. Тензор напружень поверхневих сил. Зв'язок компонент тензора напружень поверхневих сил і тензора швидкостей деформацій. Рівняння деформації ізотропного лінійного в'язкого середовища (закон Нав'є-Стокса).

### 2. Фундаментальні закони та рівняння гідрогазодинаміки.

Сутність універсального закону збереження субстанції у макросвіті. Формулювання його для континууму відносно маси, імпульсу й енергії. Математичний вираз законів збереження цих субстанцій (інтегральні рівняння нерозривності, руху та енергії). Перехід від інтегральних рівнянь до

диференціальних. Диференціальне рівняння нерозривності. Диференціальне рівняння руху в напруженостях. Диференціальне рівняння руху для ньютонівського середовища. Випадок незмінного значення коефіцієнту в'язкості. Диференціальне рівняння енергії. Рівняння «живих сил» і рівняння «притоку теплоти». Функція дисипації. Рівняння ентропії.

Система диференціальних рівнянь гідрогазодинаміки. Гіпотези замикання. Умови одновизначеності. Методи розв'язання крайової задачі гідрогазодинаміки. Інтегралі рівняння руху нев'язкого середовища.

### 3. Елементи теорії подібності.

Поняття фізичної подібності. Фактори, що визначають хід процесу. Узагальнені змінні. Критерії подібності та засоби їх одержання. Критерії динамічної подібності; їх математична і фізична сутність. Додаткові критерії подібності, що походять з рівняння енергії. Критеріальні рівняння та їх структура.

### 4. Турбулентна течія.

Ламінарний і турбулентний режими руху в'язкого середовища. Виникнення турбулентності. Осереднення параметрів турбулентного потоку. Рівняння Рейнольдса. Турбулентні напруження. Турбулентна в'язкість. Додаткові гіпотези замикання. Турбулентна теплопровідність. Система рівнянь гідрогазодинаміки для турбулентних течій.

### 5. Силова взаємодія рідини та твердого тіла.

Реактивна дія рідини на вигнутий канал, дифузор, сопло, відрізок циліндричної труби. Формула для обчислення головного вектора і моменту поверхневих сил по стану течії на контрольній поверхні. Тяга повітряно-реактивного і ракетного двигунів. Типи гідродинамічних решіток. Гідродинамічні сили при обтікання решіток профілей. Теорема Жуковського для решіток профілей. Обчислення головного моменту поверхневих сил, що діють на колесо турбомашини, по стану течії на контрольній поверхні.

### 6. Рівняння руху у формі Громеки. Інтегралі руху ідеальної рідини.

### 7. Швидкість звуку.

Швидкість поширення малих збурень в газі. Швидкість звуку.

### 8. Газодинамічні функції.

Газодинамічні функції температури, тиску, густини. Газодинамічні функції витрати та імпульсу. Рівняння Христиановича. Запис системи одновимірних рівнянь через газодинамічні функції та повні параметри.

### 9. Основи теорії прямих стрибків.

Схема формування ударної хвилі. Умови динамічної сумісності та робочі формули для прямого стрибка. Ударна адіабата.

### 10. Одновимірна теорія течій рідини і газу.

Одновимірні рівняння для течій рідини. Гідравлічний підхід. Узагальнення рівнянь нерозривності та руху нев'язкої рідини на реальні течії у трубопроводах. Формули опору. Гідравлічний розрахунок систем трубопроводів. Поняття гідравлічного опору. Сумарний опір простих і розгалужених трактів. Схема розрахунку гідравлічних мереж.

Одновимірні рівняння газодинаміки. Модифікація їх для урахування впливів. Критерії подібності одновимірних течій газу. Повні параметри. Характерні швидкості та зони течії газу. Коефіцієнт швидкості.

11. Закон звернення впливу.

Рівняння і формулювання закону оберненості впливу. Наслідки закону. Криза течії. Вплив її на витрату газу.

12. Зміна параметрів у потоці газу.

Вплив зміни площі перерізу на параметри енергоізолюваного потоку газу. Основне рівняння течії в геометричному соплі. Схема розрахунку розподілу параметрів газу вздовж простого сопла і сопла Лавалю (одновимірна модель). Режими роботи простого сопла і сопла Лавалю. Вплив в'язкості газу на адіабатну течію його в каналі незмінного перерізу. Основне рівняння течії в «трубі з тертям». Схема розрахунку розподілу параметрів газу вздовж «труби з тертям» (одновимірна модель). Поведінка потоку в разі закритичної довжини труби. Вплив теплообміну на течію нев'язкого газу в каналі незмінного перерізу. Основне рівняння течії в «трубі з теплообміном». Схема розрахунку розподілу параметрів газу вздовж «труби з теплообміном» (одновимірна модель). Поведінка потоку в разі передачі закритичної кількості теплоти.

13. Двовимірні моделі потенціальних потоків.

Особливості опису плоских потенціальних течій рідини. Система рівнянь. Межові умови. Функція току. Комплексний потенціал. Методи розв'язання задач плоского потенціального руху рідини. Метод суперпозиції. Характерні течії. Метод конформних відображень.

14. Теорема Жуковського.

Потенціальне обтікання кругового контура рідиною без циркуляції та з нею. Теорема Жуковського.

15. Особливості опису потенціальних течій газу.

Система рівнянь і межові умови. Потенціал швидкості і функція току для газу. Лінеаризація рівняння потенціалу. Система рівнянь для лінеаризованої течії газу.

16. Лінеаризована течія.

Лінеаризована дозвукова течія. Особливості передачі впливу. Критичні числа Маха. Правило Прандтля-Глауєрта. Лінеаризована надзвукова течія. Зовнішнє і внутрішнє обтікання тупого кута. Відбиття і перетинання лінеаризованих хвиль. Локальна лінеаризація.

17. Косі стрибки.

Надзвукові потоки з сильними збуреннями. Метод характеристик. Течія Прандтля-Майєра. Косі стрибки. Умови динамічної сумісності та робочі формули для косих стрибків. Взаємодія стрибків з твердою поверхнею, з межею струменя, між собою та з хвилями розширення.

18. Двовимірні моделі межового шару.

Особливості течії у межовому шарі. Рівняння Прандтля. Інтегральні співвідношення і умовні товщини. Аналогія між зовнішньою і внутрішньою задачами.

19. Течія у трубах.

Рівняння ламінарної течії рідини в трубі кругового перерізу. Парабола Пуазейля. Закон Гагена – Пуазейля. Особливості турбулентної течії рідини в трубі. Логарифмічний розподіл швидкості. Степеневий розподіл. Закони опору Прандтля і Блазіуса. Трьохшарова модель течії.

20. Межовий шар на пласкій стінці.

Ламінарний, турбулентний і змішаний межовий шар на пласкій стінці. Вплив стисливості та поздовжнього градієнту тиску. Взаємодія межового шару зі стрибками.

## Література

1. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа: Учеб. для вузов. – 7-е изд. испр. – М.: Дрофа, 2003. – 840 с., 311 ил., 22 табл.
2. Некрасов Б.Б., Константинов Н.М., Андреевская А.В. Сборник задач по гидравлике и гидростатике с решениями. Учебное пособие для студентов технических специальностей. – Машиностроение, 2005. – 113 с.
3. Амброжевич А.В. Численное моделирование теплофизических процессов в двигателестроении, – учеб. Пособие. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2005. – 233 с.
4. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика – М.: Наука, 1991 (всего 5 изданий с 1951г., кроме того издан в КНР, Болгарии, ГДР)
5. Атанов Г.А. Газовая динамика : Учеб. пособие для ун-тов по спец."Прикл. математика" / Геннадий Алексеевич Атанов . - Київ : Вища школа, 1991. — 359 с.: ил. - Библиогр.: с.356 . – На рус. яз.

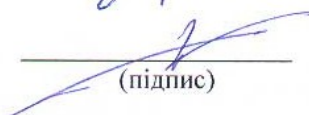
Питання склав

к.т.н., доцент кафедри 205  
(науковий ступень, посада)

  
(підпис)

М.В. Амброжевич  
(ініціали та прізвище)

Завідувач кафедри № 205

  
(підпис)

П.Г. Гакал  
(ініціали та прізвище)

Програму розглянуто й узгоджено на випусковій кафедрі № 205  
Протокол № 6 від «12» січня 2018 р.

Програму вступного випробування для здобуття освітнього ступеня магістра за освітньо-науковою програмою зі спеціальності

144 «Теплоенергетика»

(освітні програми: «Енергетичний менеджмент», «Теплофізика»)

узгоджено науково-методичною комісією Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» з галузей знань: «Механічна інженерія» «Електрична інженерія», «Транспорт».

Протокол № 1 від 07 лютого 2018 р.

Голова НМК 1

  
7

д.т.н., проф.

В.М. Павленко