

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-професійною 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-професійною 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:

- "Термодинаміка та теплообмін",
- "Теплообмінні апарати",
- "Технічні засоби теплофізичного експерименту".

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 Термодинаміка та теплообмін

(найменування)

1. Термодинамічна система та її стан. Термодинамічний процес. Термічні параметри стану. Калоричні параметри стану, рівняння і діаграми стану. Ідеальний газ, рівняння Клапейрона-Менделєєва. Суміш ідеальних газів.

2. Математична модель взаємодії системи з довкіллям. Сутність і формулювання першого закону термодинаміки. Загальний аналітичний вираз першого закону. Стаціонарна проточна система. Механічна форма запису першого закону. Повні параметри. Запис першого закону термодинаміки через повні параметри. Закон Джоуля. Рівняння Майєра.

3. Сутність і формулювання другого закону термодинаміки. Аналітичний вираз другого закону. Генерація ентропії. Вплив нерівноважності на перебіг процесу. Об'єднаний вираз першого і другого законів термодинаміки.

4. Математична модель ізопараметричного процесу. Політропний процес, його рівняння. Види механічних робіт і співвідношення між ними. Вирази для розрахунку зміни ентропії. Співвідношення для розрахунку характеристик політропного процесу. Окремі випадки політропного процесу, зображення їх на термодинамічних діаграмах.

5. Термодинамічний аналіз рівноважної течії газу в каналах. Співвідношення між змінами кінетичної енергії та ентальпії. Вибір найкращого варіанту термодинамічного процесу стиснення або розширення газу в каналах. Вплив нерівноважності на процеси стиснення і розширення в каналах. Термодинамічний аналіз процесу витікання газу з резервуару через насадок, що звужується. Криза витікання; швидкість звуку; критичні параметри. Нерівноважна течія в каналах з раптовою зміною перерізу. Адіабатне дроселювання і його використання для підвищення або зниження температури газу. Диференційний та інтегральний дросель-ефекти. Рівноважна течія газу зі звершенням технічної роботи. Робота стиснення газу в ідеальних компресорах об'ємного і динамічного типу. Дійсна робота реальних компресорів і детандерів.

6. Теплова машина; визначення її структури з використанням першого і другого законів термодинаміки. Прямий і обернений цикли, тепловий двигун і тепловий насос. Цикл Карно та його ККД. Методи порівняння рівноважних циклів. Загальне правило одержання вискоефективного циклу теплового двигуна. Цикли газотурбінних установок. Цикли двигунів: Отто, Дизеля, Тринклера; їх ККД та співставлення. Різновиди теплового насосу: пристрої для охолодження та обігріву, трансформатори теплоти.

7. Особливості опису систем з фазовими переходами. Рівняння перерозподілу фаз. Правило фаз Гіббса. Фазові діаграми. Межові криві, критична точка. Тепловий ефект фазового переходу. Параметри фаз на межовій кривій. Рівняння Клапейрона-Клаузіуса. Питомий об'єм, ентальпія та ентропія пари та рідини на межовій кривій. Двофазова зона. Ступінь сухості.

8. Вологе повітря. Калоричні властивості вологого повітря. I-d діаграма вологого повітря. Термодинамічні процеси у вологому повітрі.

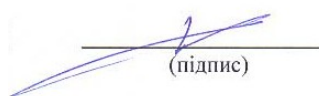
9. Цикли паротурбінних установок. Цикл Карно та його технічна реалізація. Цикл Ренкіна простий і з перегрівом пари.

### Література

1. Кудинов В.А., Карташов Э.М. Техническая термодинамика. Учебное пособие для вузов. М.: Высшая школа, 2005 - 261 с.
2. Кудинов В.А., Карташов Э.М., Стефанюк Е.В. Теплотехника. Учебное пособие. М.: Абрис, 2012. 423 с.
3. Амирханов Д.Г. Теплопередача. Учебное пособие. Казан. Гос. технолог. ун-т, Казань, 2008 – 119 с.

Питання склав

д.т.н., зав кафедрою 205  
(науковий ступень, посада)

  
(підпис)

П.Г. Гакал  
(ініціали та прізвище)

**2. Питання за темою** Теплообмінні апарати  
(найменування)

1. Класифікація теплообмінних апаратів (ТОА). Вимоги до ТОА.
2. Основи теплогідрравлічних розрахунків ТОА. Рівняння енергії і руху в одномірному наближенні. Розрахунок температур робочих тіл ТОА по довжині каналу при різних граничних умовах. Теплоносії ТОА.
3. Алгоритми конструкторського і теплогідрравлічного розрахунків рекуперативних теплообмінників при постійній теплоємності теплоносіїв. Особливості теплових розрахунків теплообмінників з фазовим переходом теплоносіїв. Використання середньологарифмічного температурного напору.
4. Критерії ефективності ТОА. Порівняння ТОА. Методи інтенсифікації теплопередачі.
5. Теплообмінники рекуперативного типу – кожухотрубчаті, труба в трубі, пластинчаті, спіральні. Особливості конструкцій та застосування.
6. Теплообмінники регенеративного типу. Градирні, змішувальні і барботажні та особливості конструкцій та застосування.
7. Матеріали, які використовуються для ТОА. Міцнісні розрахунки.
9. Теплообмінники на теплових трубках. Використання теплообмінників для осушування повітря.

### Література

1. Теплообменники энергетических установок: Учебник для вузов/Под общ. ред. Ю.М. Бродова – Екатеринбург: Изд-во «Сократ», 2003. 965с.
2. Теплообменные аппараты и система охлаждения газотурбинных и комбинированных установок: учебник для вузов второе издание/В.Л.Иванов, А.И. Леонтьев, Э.А.Манушин, Н.И. Осипов; под ред. А. И. Леонтьева. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004.- 592 с.

3. Попов И.А. Физические основы и промышленное применение интенсификации теплообмена: Интенсификация теплообмена : монография/ И. А. Попов, Х. М. Махьянов, В. М. Гуреев; под.об.ред. Ю. Ф. Гортышова. – Казань: Центр инновационных технологий, 2009. – 560 с.
4. Выбор и расчёт теплообменников (учебное пособие) Виноградов С.Н. изд. Пензенский государственный университет, пенза -2001, -100 стр.

Питання склав

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



(підпис)

Т.П. Михайленко  
(ініціали та прізвище)

### **3. Питання за темою Технічні засоби теплофізичного експерименту** (найменування)

1. Принципи розробки дослідницьких і випробувальних теплофізичних стендів.

Взаємозв'язок систем, частин і елементів дослідницьких стендів. Види випробувальних теплофізичних стендів і їх структура. Взаємозв'язок систем, частин і елементів випробувальних стендів. Види робочих частин і ув'язка робочої частини з устаткуванням і системами стенду. Методологія проектування робочої частини. Питання розміщення і забезпечення працездатності датчиків системи вимірювань в робочій частині при вимірюванні температури стінок, щільності теплових потоків, параметрів робочого тіла, структури потоку. Особливості проектування і розрахунку робочих частин, що обертаються.

2. Устаткування для нагріву робочих тіл і елементів робочих частин.

Способи нагріву. Розрахунок резисторів і індукційних нагрівачів. Газові пальники і камери згорання. Плазмотрони. Види теплової ізоляції високотемпературних систем. Нагрів газу за допомогою ударних хвиль. Використання випромінювачів. Лазерний і електронний нагрів. Розрахунок теплової ізоляції високотемпературних систем.

3. Устаткування для охолодження робочих тіл і елементів робочих частин.

Техніка низьких температур. Способи охолодження. Парокомпресійне охолодження. Дроселювання. Турбодетандери. Термоелектричне охолодження. Розрахунок основних параметрів циклу з дроселюванням. Розрахунок вихрових холодильників. Устаткування для транспортування і зберігання криогенних рідин. Розрахунок теплової ізоляції низькотемпературних систем.

4. Системи термостатування.

Устаткування для термостатування. Способи термостатування і види термостатуючих систем. Термостати. Кріостати. Теплові труби. Терморегулятори і компенсуючі пристрої. Теплові труби. Терморегулятори і компенсуючі пристрої.

#### 5. Устаткування для переміщення робочих тіл.

Способи перемішування рідинних і газових робочих тіл. Напірні ємкості. Насоси. Балонні системи. Вентилятори. Вакуумні насоси. Аеродинамічні труби безперервної і короткочасної дії. Газодинамічні установки. Екстаустери. Розрахунок основних елементів аеродинамічних труб і газодинамічних установок. Розрахунок ежекторів і ежекторних систем.

#### 6. Устаткування для створення двофазних потоків.

Режими перебігу двофазних середовищ і способи їх забезпечення. Генератори крапель і розпилувачі. Розподільні пристрої для створення рідких плівок. Устаткування для приготування газосуспензій твердих частинок. Основи розрахунки циклонів. Схеми стендів для дослідження дисперсних потоків.

#### 7. Трубопроводи і арматура теплофізичних стендів.

Вимоги до трубопроводів і арматури, загальний підхід до їх вибору для використання в стенді конкретного призначення. Конструкційні матеріали трубопроводів і арматури. Критерії оцінки і класи негерметичності. Ущільнення нерухомих з'єднань. Ущільнення з'єднань пар обертального руху. Клапанні ущільнення. Щілисті ущільнення. Матеріали ущільнень. Перевірочний міцностний розрахунок трубопроводів, арматура, кінцевих елементів. Основи розрахунку ущільнень.

#### 8. Устаткування випробувальних станцій і стендів.

Бокси кабіни управління. Випробувальні верстати. Паливна система стенду. Масляна система стенду. Система управління стенда для випробовування двигуна. Осушувачі повітря. Шумозаглушувачі.

#### 9. Види і методи випробувань.

Випробування холодильного устаткування. Безпека роботи на стендах і питання екології теплофізичних досліджень і випробувань. Випробування двигунів і енергоустановок літальних апаратів.

### Література


1. Соломахо В.Л. Нормирование точности и технические измерения: учеб. пособие - Минск: Изд-во Гревцова, 2011. - 360 с.
2. Иванов В.С. Метрологическое обеспечение производства и испытаний газотурбинных двигателей летательных аппаратов. Средства и методы измерения: Учеб. пособие - М.: Изд-во МАИ, 2002. - 92 с.
3. Никитин В.А., Бойко С. В. Методы и средства измерений, испытаний и контроля: Учебное пособие - Оренбург ГОУ ОГУ, 2004. - 474 с.
4. Рябцев Г.Г., Семенов И. В. Измерение неэлектрических величин электрическими методами: Учеб. пос. - М.: МИИТ, 2007. - 64 с.

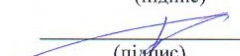
Питання склав

к.т.н., ст. викладач каф. 205

(науковий ступень, посада)

Завідувач кафедри № 205

  
(підпис)

  
(підпис)

Ю.В. Шахов

(ініціали та прізвище)

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-професійною 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  
д.т.н., проф.



В.М. Павленко