

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

**ЗАТВЕРДЖЕНО**

Голова приймальної комісії  
Національного аерокосмічного  
університету ім. М. Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»

Олексій ЛИТВИНОВ

\_\_\_\_\_ 2024 р.



**ПРОГРАМА  
ВСТУПНОГО ВИПРОБУВАННЯ**

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

**142 Енергетичне машинобудування**  
(код та найменування)

(освітня програма **Газотурбінні установки і компресорні станції**)  
(найменування)

у 2024 році

Харків  
2024

## ВСТУП

Вступне випробування для здобуття освітнього ступеня магістра за освітньо-професійною програмою зі спеціальності

142 Енергетичне машинобудування

(код та найменування)

(освітня програма «Газотурбінні установки і компресорні станції» )

(найменування)

відбувається відповідно до «Правил прийому на навчання до Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» у 2024 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:

- «Теорія та розрахунок лопаткових машин»,
- «Теорія газотурбінних двигунів і установок»,
- «Конструкція та міцність газотурбінних двигунів та установок»,
- «Газотурбінні установки, компресорні станції та газотранспортні мережі»,
- «Випробування газотурбінних установок».

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 проводиться шляхом тестування і складається з 24 тестових завдань. Методом випадкового відбирання вступнику пропонуються питання з декількома варіантами відповіді. За правильну відповідь нараховуються 5 балів, за неправильну – 0 балів.

Результат фахового іспиту розраховується за формулою:

$80+5*n$ , де  $n$  – кількість правильних відповідей).

3. Якщо вступник отримав менше ніж 100 балів, то вважається що він не склав іспит і до участі в конкурсі не допускається.

## 1 Питання за темою Теорія та розрахунок лопаткових машин (найменування)

Основні рівняння теорії лопаткових машин.

Решітки та ступені вісьових компресорів: основні елементи, їх призначення, плани швидкостей, характеристики, нестійкі режими, запаси стійкості.

Багатоступеневі вісьові компресори (БВК): умови спільної роботи ступенів, характеристики БВК, регулювання компресорів, ККД ступеня та БВК, форми проточних частин.

Решітки та ступені вісьових турбін: основні елементи, їх призначення, плани швидкостей.

Багатоступеневі вісьові турбіни (БВТ): основні параметри, характеристики, ККД ступеня та БВТ, форми проточних частин.

Ступені відцентрових компресорів: призначення основних елементів, особливості проектування.

### Література

1. Теорія авіаційних газотурбінних двигунів / Л.Г. Бойко, Ю.М. Терещенко та ін. // Підручник. – К.: НАУ, 2013. 596 с.
2. Теорія авіаційних газотурбінних двигунів. Підручник / Ю.М. Терещенко, К.І. Капітанчук – К.: КІ ВПС, 1997.
3. Теорія теплових двигунів. Підручник / Ю.М. Терещенко, Л.Г. Бойко, С.О. Дмитрієв та ін.; за ред. Ю.М. Терещенка. – К.: Вища шк., 2001. – 382 с.

## 2 Питання за темою Теорія газотурбінних двигунів і установок (найменування)

1. Термодинамічний аналіз циклу газотурбінних двигунів

Вираз корисної (ефективної) роботи циклу ТРД через параметри робочого процесу. Зв'язок ефективної і вільної роботи з питомою тягою двигуна. Залежність корисної роботи циклу, питомої тяги і питомих витрат палива від ступеня підігріву повітря. Залежність корисної роботи циклу, питомої тяги і питомих витрат палива від ступеня підвищення тиску. Оптимальний та економічний ступень підвищення тиску. Залежність корисної роботи циклу, питомої тяги і питомих витрат палива від ККД процесів стиснення і розширення. Залежності питомої потужності і питомих витрат палива ТВаД і ТГД від параметрів робочого процесу. Оптимальний розподіл роботи циклу ТГД між гвинтом і реакцією. Залежності корисної роботи циклу, питомої тяги і питомих витрат палива ТРДФ від параметрів робочого процесу. Робота циклу ТРДД без змішування потоків і її оптимальний розподіл між контурами. Призначення, схеми, організація робочого процесу і характеристики камер змішування ТРДД. Оптимальний розподіл роботи циклу між контурами ТРДД і ТРДДФ зі змішуванням потоків. Вплив параметрів робочого процесу на питомі параметри ТРДД і ТРДДФ.

2. Програми управління та спільна робота елементів силової установки Система рівнянь, що описують спільну роботу елементів одновального ТРД. Задачі управління ТРД і ТРДФ, поняття про програми управління двигуна. Спільна робота компресора, камери згоряння і турбіни одновального ТРД і ТРДФ. Спільна робота турбіни і реактивного сопла одновального ТРД і ТРДФ. Коефіцієнти стійкості та запасу стійкої роботи компресору. ЛСР при програмі управління  $\pi_r^* = \text{const}$ . ЛСР при програмі управління  $T_r^* = \text{const}$  і  $n = \text{const}$ . Особливості спільної роботи газових турбін і сопла двовальних ТРД і ТРДФ. Особливості спільної роботи компресора, камери згоряння і турбіни двовальних ТРД і ТРДФ. Спільна робота надзвукового вхідного пристрою і компресора. Особливості управління і спільної роботи елементів ТРДД без змішування потоків. Особливості управління і спільної роботи елементів ТРДД зі змішуванням потоків. Особливості управління ТРДДФ. Особливості управління і спільної роботи елементів ТГД. Особливості управління і спільної роботи елементів ТВаД.

### Література

1. Теорія авіаційних газотурбінних двигунів / Л.Г. Бойко, Ю.М. Терещенко та ін. // Підручник. – К.: НАУ, 2013. 596 с.
2. Герасименко В.П. Теорія авіаційних двигунів. // Підручник – Х.: ХАІ, 2003.
3. Теорія теплових двигунів. Підручник / Ю.М. Терещенко, Л.Г. Бойко, С.О. Дмитрієв та ін.; за ред. Ю.М. Терещенка. – К.: Вища шк., 2001. – 382 с.
4. Терещенко Ю.М., Капітанчук К.І. Теорія авіаційних газотурбінних двигунів. – К.: КІ ВПС, 1997.

### 3 Питання за темою

#### Конструкція та міцність газотурбінних двигунів та установок (найменування)

1. Головні вузли та силові системи ГТД. Умови роботи і навантаження на основні вузли та деталі двигуна. Газові сили і моменти, які діють на вузли ГТД. Засоби зменшення осьових сил, які діють на ротори двигунів. Конструкції опор роторів ГТД. Сили інерції, які діють на вузли ГТД. Статичне та динамічне балансування роторів. Силові системи роторів і статорів. Трансмисії ГТД, конструкція з'єднувальних муфт. Джерела температурних напружень у вузлах та деталях ГТД.

2. Розрахунок на міцність лопаток від дії відцентрових сил. Розрахунок на міцність лопаток від дії газових сил. Сумарні напруження, коефіцієнт запасу міцності. Розвантаження пера робочої лопатки від згинаючих моментів газових сил моментами від відцентрових сил. Коефіцієнт розвантаження. Особливості розрахунку лопаток з бандажними полицями, нерівномірно нагрітих лопаток.

3. Види та форми коливань лопаток. Вільні та вимушені коливання лопаток компресорів і турбін. Побудова і аналіз частотної діаграми для робочої лопатки компресора або турбіни. Методи демпфування коливань лопаток. Автоколивання лопаток. Особливості коливань лопаток відцентрових компресорів. Динамічні напруження та запаси втомливої міцності лопаток.

4. Згинальні коливання роторів ГТД. Власні згинальні коливання однодискового ротора, що не обертається. Власні рухи однодискового ротора, що не обертається.

5. Власні прецесійні рухи однодискового ротора, що не обертається. Вимушені та резонансні коливання роторів.
6. Роторні коливання валів. Нероторні коливання валів. Вплив пружності опор на коливання роторів. Пружно-демпферні опори.

### Література

1. Strength analysis of rotor blade: Tutorial / S.Yepifanov, Y. Shoshin, R. Zelenskyi. – Kharkov: National Aerospace University, «Kharkov Aviation Institute», 2013. - 28p.
2. Blade bending oscillations analysis: Tutorial / S.Yepifanov, Y. Shoshin, R. Zelenskyi. – Kharkov: National Aerospace University, «Kharkov Aviation Institute», 2014. - 24p.
4. Шошин Ю.С. Компресори авіаційних газотурбінних двигунів. Навч. посібник. Харків: ХАІ. 2002 – 26 с.
5. Шошин Ю.С. Турбіни авіаційних газотурбінних двигунів. Навч. посібник. Харків: ХАІ. 2003 – 37 с.

#### 4 Питання за темою Газотурбінні установки, компресорні станції та газотранспортні мережі (найменування)

1. Основні параметри та термодинамічні схеми ГТУ різного призначення, класифікація, основні вимоги, схеми устрою та основні параметри існуючих та перспективних схем ГТУ. Системи ГТУ та допоміжне обладнання. Паливо ГТУ, системи подачі палива. Системи маслопостачання. Протипожежні системи, пристрої для очистки проточної частини. Компресорні станції (КС) газопроводів. Взаємодія КС та газоперекачувального агрегата, вибір типу ГПА. Технологічні схеми КС. Основні системи та об'єкти компресорного цеху. Відцентрові компресори природнього газу. Основні параметри та конструктивні схеми. Характеристики. Послідовна та паралельна робота компресорів. Параметри сучасних і перспективних компресорів різних виробників.

2. Вхідні та вихідні пристрої ГТУ. Призначення, основні схеми, вимоги. Методика визначення основних розмірів. Очищення повітря. Захист від шуму. Ежектори. Використання авіаційних ГТД в стаціонарних умовах. Вимоги, основні схеми і параметри, комплексна оцінка техніко-економічної ефективності.

### Література

1. Привідні газотурбінні двигуни: довідковий посібник / Ф.М. Муравченко, В.І. Романов, Б.В. Ісаков та ін. Харьков: Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін-т», 2006. - 40 с.
2. Експлуатаційникові газонафтового комплексу. Довідник. [Текст] / В.В. Розгонюк, Л.А. Хачикян, М.А. Григіль та ін. – Київ: Росток, 1998. – 432 с.
3. Довідник працівника газотранспортного підприємства [Текст] / В.В. Розгонюк, А.А. Руднік, В.М. Коломеєв та ін. – К.: Росток, 2001. – 1092 с.
4. Буслик Л.Н. Газотурбінні установки для енергетики і транспорту газу. Устрій та системи. Харків: ІПП «Контраст», 2013. 152 с.

## 5 Питання за темою Випробування ГТУ

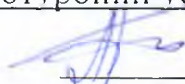
(найменування)

1. Перелік та зміст основних стандартних понять.
2. Структура випробувань готової продукції за основними ознаками. Зміст кожного виду випробувань. Науково-дослідні випробування, їх основні задачі. Дослідні випробування. Випробування на етапі доведення ГТУ, їх основні задачі. Приймальні випробування ГТУ різних рівнів (державні, міжвідомчі, галузеві), їх основні задачі. Заводські випробування серійних ГТУ, їх основні задачі. Короткочасні заводські випробування ГТУ (здавальні і контрольні), їх особливості і основні задачі. Тривалі заводські випробування серійних ГТУ, їх основні задачі та умови проведення. Підготовки до випробувань ГТУ.
3. Сертифікація типу ГТД і сертифікат типу ГТД. Документальні основи для сертифікації. Структура АП-33. Основні задачі експлуатаційних випробувань ГПА. Розподіл експлуатаційних випробувань: за видами ГПА, за видами компресорних станцій, за строком випробувань, за задачами випробувань, за методами випробувань, за способом визначення потужності. Методики експлуатаційних випробувань та методики обробки їх результатів.
4. Фактори, які визначають ресурс ГТУ: тривала міцність, спрацювання та контактна витривалість, стомлена міцність, малоциклова стомленість, термостійкість. Основні принципи побудови програми прискорених еквівалентних випробувань. Формування випробувального циклу прискорених еквівалентних випробувань.
5. Особливості вимірювань термогазодинамічних параметрів робочого тіла в проточній частині ГТУ. Вимірювання масової витрати повітря на вході в ГТУ. Визначення ступеня підвищення тиску у компресорі, температури газу перед турбіною, частоти обертання ротора. Вимірювання полей тиску і температури в характерних перерізах ГТУ та у тілі основних деталей. Термометрування та тензометрування.
6. Особливості визначення дросельної характеристики привідного ГТД.
7. Випробування ГТУ на перехідних режимах роботи.
8. Структура випробувальної станції: бокси, технологічні приміщення, майстерні, відділення контрольно-вимірювальних приладів (КВП), центральне паливне сховище, приміщення технічних та адміністративних служб.

### Література

1. ДСТУ 3021-95. Випробування і контроль якості продукції. Терміни та визначення. – К., 1995.
2. В.А. Поздняков, І.І. Редін. Випробування газотурбінних установок. Зб. лаб. роб. – ХАІ, 2012.
3. Герасименко В.П. Газотурбінні двигуни газоперекачувальних агрегатів. Визначення характеристик. Х: ХАІ. 2012. – 116 с.

Гарант освітньої програми «Газотурбінні установки і компресорні станції»



(підпис)

Людмила БОЙКО

Програму розглянуто й узгоджено на випусковій кафедрі № 201  
Протокол № 7 від «09» лютого 2024 р.

В.О. завідувача кафедри № 201  Олег КИСЛОВ  
(підпис)

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

142 «Енергетичне машинобудування»

(освітня програма «Газотурбінні установки і компресорні станції»)

узгоджено науково-методичною комісією Національного аерокосмічного  
університету ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» з  
галузей знань «Механічна інженерія», «Електрична інженерія» й «Транспорт»,  
«Воєнні науки, національна безпека, безпека державного кордону» (НМК 1)

Протокол № 6 від « 01 » березня 2024 р.

Голова НМК 1  
к.т.н., доц.



Сергій НИЖНИК