

**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»

*Олександр* Олександрович ПИТВИНОВ

«27» березня 2024 р.



**ПРОГРАМА  
ВСТУПНОГО ВИПРОБУВАННЯ**

для здобуття освітнього ступеня магістра

за освітньо-професійною програмою зі спеціальності

*134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»*

(шифр та найменування)

(освітня програма «Авіаційні двигуни та енергетичні установки»)

у 2024 році

Харків  
2024

## ВСТУП

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

*134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»*

(шифр і найменування)

(освітня програма *Авіаційні двигуни та енергетичні установки*)

(найменування)

На базі рівнів НРК6, НРК7 відбувається відповідно до «Правил прийому на навчання до Національного аерокосмічного університету імені М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» в 2024 році» у формі індивідуального письмового фахового іспиту або комп'ютерного тесту, який приймає фахова екзаменаційна комісія з певної спеціальності (освітньої програми), склад якої затверджується наказом ректора Університету.

До фахового іспиту входять питання за темами:

- «Авіаційне матеріалознавство»,
- «Деталі машин та основи конструювання»,
- «Робочий процес і конструкція АД та ЕУ»,
- «Динаміка та міцність АД та ЕУ»,
- «Технологія виробництва АД та ЕУ».

Перелік питань за темами наведений у програмі.

### Критерії оцінювання знань

1. Результат фахового іспиту визначається за шкалою від 100 до 200 балів.
2. Вступне випробування виконується у вигляді тестування. Результат фахового іспиту розраховується за формулою:

$$80+k*n,$$

де **k** – кількість балів за правильну відповідь на питання (дорівнює **5**),  
**n** – кількість правильних відповідей (дорівнює **24**).

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 «Авіаційне матеріалознавство»

(найменування)

1. Визначення та класифікація металів. Загальні властивості металів і сплавів, методи їх визначення.
2. Методи визначення твердості металів і сплавів.
3. Холодна і гаряча пластична деформація металів, їх визначення та можливості.
4. Характеристика процесів повернення і рекристалізації металів. Критична ступінь пластичної деформації.
5. Класифікація та маркування вуглецевих сталей. Вплив легуючих елементів на

механічні властивості сталей. Класифікація та маркування легованих сталей, інструментальних сталей та сплавів.

6. Склад, властивості, маркування корозійностійких, жаростійких та жароміцних сталей, залізо-нікелевих сплавів та сплавів на нікелевій основі.

7. Основні види термічної обробки вуглецевих та легованих сталей, їх характеристика.

8. Гартування сталей. Способи гартування, їх характеристика, технологія виконання.

9. Відпуск сталей, його види. Структура, властивості та застосування сталей після різних видів відпуску.

10. Хіміко-термічна обробка сталей і сплавів. Призначення, характеристика режимів здійснення різних видів хіміко-термічної обробки.

11. Класифікація алюмінієвих сплавів. Деформівні алюмінієві сплави, що не зміцнюються термічною обробкою, їх склад, властивості, маркування і застосування.

12. Термічна обробка алюмінієвих сплавів. Деформівні алюмінієві сплави, що зміцнюються термічною обробкою. Їх склад, маркування, властивості та застосування.

13. Класифікація титанових сплавів за структурою в рівноважному стані. Властивості та застосування сплавів з різною структурою. Маркування титанових сплавів.

14. Титанові сплави, що зміцнюються термообробкою. Види термічної обробки, структура, властивості та застосування термічно-зміцнених титанових сплавів.

15. Характеристика міді, класифікація сплавів на основі міді. Латуні і бронзи, їх склад, маркування та використання.

16. Характеристика магнію. Сплави на основі магнію, їх склад, термічна обробка, маркування та використання.

### *Література*

1. Інженерне матеріалознавство. Metали, полімери, кераміка, композити: підручник / Я.С. Карпов, В.В. Остапчук, О.Г. Попова, І.М. Тараненко. – Харків: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2020. – 384 с.

2. Афтанділянц Є.Г. Матеріалознавство: Підручник / Є.Г. Афтанділянц, О.В. Зазимко, К.Г. Лопатько. – Херсон: Олді-плюс, 2013. – 612 с.

3. Конструкційне матеріалознавство: підруч. для учнів проф.-техн. навч. закл.: гриф МОН України / В.М. Гарнець, В.М. Коваленко. – Київ: Либідь, 2007. – 384 с.

## **2. Питання за темою «Деталі машин та основи конструювання»**

(найменування)

1. Основні положення, які використовуються при розрахунках і конструюванні. Основні поняття, класифікація деталей та вузлів. Критерії працездатності деталей.

2. Матеріали для деталей загального та спеціального призначення. Навантаження в машинах. Міцність при постійних напруженнях. Міцність при змінних напруженнях.

3. Роз'ємні з'єднання. Загальні відомості. Призначення різьбових з'єднань. Типи різьб. Розподіл зусиль між витками пари "гвинт-гайка". Види руйнування елементів різьбових з'єднань. Розрахунок витків різьби.

4. Статична міцність різьбових з'єднань. Розрахунок болтів, навантажених осьовими та поперечними силами при умові допустимості та недопустимості розкриття стику. Динамічна міцність різьбових з'єднань. Основні розрахункові випадки. Засоби підвищення міцності різьбових з'єднань авіаційно-космічних виробів.

5. Розрахунок груп болтових з'єднань при різних варіантах навантажень. Особливості розрахунку групових різьбових з'єднань авіаційно-космічної техніки.

6. Шпонкові і шліцьові з'єднання. Типи та основи розрахунків. Види центрування і посадки.

7. Нероз'ємні з'єднання. Заклепкові з'єднання. Типи і класифікація. Розподіл зусиль між заклепками. Розрахунок поодиноких заклепок та групових заклепкових з'єднань. Порівняльна оцінка зварних та заклепкових з'єднань по міцності і масі. Використання нероз'ємних з'єднань в авіаційно-космічній техніці.

8. Види зварних швів. Концентрація напружень в зварних швах та методи підвищення їх міцності. Розрахунок з'єднань, навантажених силою та моментом.

9. Передаточні механізми, їх призначення, класифікація та структура приводу в машинобудуванні та авіаційно-космічній техніці. Призначення та розрахунок передач «гвинт – гайка» з тертям ковзання та кочення. Передачі «гвинт – гайка» в механізмах управління літаком та технологічному устаткуванні.

10. Класифікація, призначення, галузі використання зубчастих передач. Характер роботи зубців та види пошкодження. Точність передач. Сили, які діють у зачепленні різних типів зубчастих передач. Розрахункові навантаження на зубці. Матеріали зубчастих коліс, термічне та хіміко-термічне зміцнення зубців.

11. Вали та осі. Призначення та характер роботи. Проектувальний та перевірочний розрахунки міцності валів та осей. Розрахунки валів на жорсткість і коливання. Матеріали і конструкція валів і осей. Конструктивні та технологічні заходи щодо підвищення витривалості валів та осей. Особливості конструкції валів авіаційно-космічної техніки. Гнучкі вали.

12. Підшипники кочення та ковзання. Галузі використання. Класифікація та конструкція підшипників. Точність, кінематика, втрати на тертя. Види пошкоджень. Матеріали. Вибір підшипників по статичній і динамічній вантажопідйомності. Швидкохідність підшипників кочення. Конструкції підшипникових вузлів авіаційно-космічної техніки.

13. Основні типи механічних муфт. Призначення та класифікація муфт. Глухі, пружні та компенсуючі муфти. Керовані та самокеровані муфти. Запобіжні муфти. Характеристики муфт та основи їх розрахунків. Робота муфт у складі трансмісій літальних апаратів

### *Література*

1. Деталі машин: підруч. для студентів машинобуд. спец.: гриф МОН України / К.І. Заблонський. – Одеса. – АстроПринт, 1999. – 404 с.

2. Деталі машин і основи конструювання: навч. посіб. / В.М. Доценко, Ю.В. Ковеза. – Харків: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2018. – 212 с.

3. Деталі машин: підруч. для студентів вузів: гриф МОН України / Д.М. Коновалюк, Р.М. Ковальчук. – К.: Кондор, 2004. – 584 с.

### **3. Питання за темою «Робочий процес і конструкція АД та ЕУ»** (найменування)

1. Типи та області використання авіаційних двигунів.
2. Робочий процес поршневих двигунів. Чотиритактні та двотактні двигуни. Способи сумішоутворення. Способи запалювання. Способи охолодження.
3. 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.

4. Залежність корисної роботи циклу, питомої тяги та питомої витрати палива від ступеня підвищення тиску. Оптимальний та економічний ступень підвищення тиску.

5. Залежності питомої потужності та питомої витрати палива ТВаД і ТГД від параметрів робочого процесу.

6. Оптимальний розподіл роботи циклу ТГД між гвинтом і реакцією.

7. Робота циклу ТРДД без змішування потоків і її оптимальний розподіл між контурами. Призначення, схеми, організація робочого процесу і характеристики камер змішування ТРДД. Вплив параметрів робочого процесу на питомі параметри ТРДД.

8. Робочий процес у ступені осьового компресора. Трикутники швидкості. Форма міжлопатевих каналів. Основні обмеження, що впливають на роботу ступеня компресора. Призначення вхідних напрямних апаратів.

9. Характеристика багатоступеневого компресора.

10. Робочий процес у ступені осьової газової турбіни. Трикутники швидкості. Форма міжлопатевих каналів. Характеристика турбіни.

11. Робочий процес у камері згоряння. Вибір палива для авіаційних ГТД. Коефіцієнт надлишку повітря. Температура згоряння. Межі стійкого горіння та стійкого запалювання. Організація стійкої роботи камери згоряння ГТД.

12. Характеристика газотурбінних двигунів: дросельна, висотна, швидкісна та кліматична.

13. Вибір максимальної та крейсерської тяги двигуна літака.

14. Призначення, умови роботи та вимоги до компресорів АД та ЕУ. Класифікація компресорів ГТД, параметри, порівняльна оцінка. Осьові та відцентрові компресори. Конструктивні схеми осьових компресорів. Вимоги до конструкції компресора та шляхи їх реалізації. Типи роторів осьових компресорів, їх порівняльна оцінка. Конструкція робочих лопаток компресора та вузлів їх кріплення.

15. Навантаження, що діють на ротор компресора. Статори компресорів. Зазори між ротором і статором. Ущільнення проточної частини компресорів. Засоби забезпечення безпомпажної роботи компресора на всіх режимах роботи двигуна.

16. Відцентрові компресори, їх недоліки та переваги. Класифікація відцентрових компресорів. Конструкція елементів відцентрових компресорів.

17. Призначення, умови роботи та вимоги до турбін АД і ЕУ. Класифікація газових турбін. Параметри, які характеризують досконалість конструкції вузла турбіни. Робочі лопатки турбін, засоби їх сполучення з диском. Диски турбін, їх сполучення між собою та з валом.

18. Статори газових турбін. Соплові апарати, умови роботи, силові схеми та засоби кріплення до корпусів. Корпуси газових турбін. Охолодження деталей турбін. Визначення температури лопаток та дисків турбіни. Зазори проміж ротором і статором. Контактні та витратні ущільнення. Розрахунок витрати повітря скрізь лабіринтне ущільнення.

19. Розвантаження пера робочої лопатки від згинаючих моментів газових сил моментами від відцентрових сил. Коефіцієнт розвантаження.

20. Класифікація, умови роботи, вимоги до конструкції, визначення головних геометричних розмірів основної камери згоряння. Конструктивні схеми камер згоряння ГТД.

21. Конструкція елементів камери згоряння. Охолодження деталей, боротьба з небезпечними температурними напруженнями.

22. Призначення та конструкція форсажних камер згоряння.

23. Вихідні пристрої ГТД, призначення, умови роботи, вимоги до вихідних пристроїв. Вихідні патрубки. Типи реактивних сопел. Регульовані та нерегульовані сопла. Сили, які діють на елементи реактивного сопла. Теплоізоляція та охолодження сопел.

24. Реверсивні та девіаторні пристрої. Силова установка як джерело шуму та вібрації. Конструктивні методи зменшення рівня шуму. Проблема інфрачервоного випромінювання двигунів та засоби для її вирішення.

### *Література*

1. Терещенко, Ю. М. Газотурбінні двигуни літальних апаратів [Текст] / Ю. М. Терещенко, Л. Г. Бойко, О. В. Мамлюк. – К.: Вища школа, 2000. – 319 с.

2. Єпіфанов, С. В. Конструкція авіаційних двигунів: підручник [Текст] / С. В. Єпіфанов. – Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2022. – 336 с.

3. Гаркуша, О. І. Загальний устрій авіаційних двигунів [Текст] / О. І. Гаркуша. – Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2022. – 66 с.

4. Д'яченко, В. Г. Теорія двигунів внутрішнього згоряння: підручник [Текст] / В. Г. Д'яченко. – Х. : ХНАДУ, 2009. – 500с.

#### **4. Питання за темою**

#### **«Динаміка та міцність АД і ЕУ»**

(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 АД і ЕУ.

2. Розрахунок на міцність ротора барабанного типу та зтягувального болта. Розрахунок вузла з'єднання ротора відцентрового компресора з валом.

3. Розрахунок осьової сили, яка діє на ротор турбіни.

4. Розрахунок на міцність лопаток від дії відцентрових сил. Розрахунок на міцність лопаток від дії газових сил. Сумарні напруження, коефіцієнт запасу міцності.

5. Особливості розрахунку лопаток з бандажними полицями, нерівномірно нагрітих лопаток.

6. Конструкція та розрахунок на міцність вузлів кріплення робочих лопаток компресорів та турбін.

7. Розрахунок на міцність дисків компресорів і турбін, виведення головних розрахункових рівнянь напруженого стану. Розв'язання головних розрахункових рівнянь диску на міцність методом кінцевих різниць.

8. Особливості розрахунку дисків зі стрибкоподібною зміною товщини та дисків відцентрових компресорів. Визначення запасу міцності диска за еквівалентними напруженнями та руйнуючої частоти обертання.

9. Кінематичні схеми редукторів. Прості передачі. Редуктори для приведення одного або двох гвинтів. Диференціальні і планетарні редуктори. Замкнені зубчасті планетарні передачі. Обрання схеми співвісного редуктора. Умови зборки, співвісності і сусідства.

10. Коливання лопаток компресорів та турбін. Форми власних коливань робочих лопаток. Розрахунок частот власних коливань робочих лопаток. Боротьба з небезпечними коливаннями лопаток компресорів та турбін в двигунах.

11. Коливання дисків компресорів та турбін. Форми власних коливань дисків. Розрахунок частот власних коливань дисків. Боротьба з небезпечними коливаннями дисків компресорів та турбін в двигунах.

12. Коливання оболонок авіаційних двигунів. Форми власних коливань оболонок. Розрахунок частот власних коливань оболонок. Боротьба з небезпечними коливаннями оболонок авіаційних двигунів.

13. Критична частота обертання невагомого валу з одним диском. Поняття "жорсткого" та "гнучкого" валу. Фактори що впливають на критичні оберти роторів. Вплив сил що розтягують або спирають вал. Вплив обертового моменту. Гіроскопічний момент та його вплив на критичні оберти. Визначення критичних обертів роторів з урахуванням гіроскопічного моменту.

14. Визначення власних частот поперечних коливань валів, що несуть низку дисків (багатодискового ротору). Вимушені коливання обертових роторів, їх причини. Визначення критичних частот обертання ротора за допомогою частотної діаграми.

15. Конструктивні засоби боротьби з критичними частотами обертання валів. Конструкція демпферів опор роторів. Особливості роботи. Розрахунок елементів демпферних опор. Особливості роботи та конструкція опор роторів ГТД. Конструкція підшипників. Газові та мастильні ущільнення.

#### *Література*

1. Єпіфанов, С. В. Конструкція авіаційних двигунів: підручник [Текст] / С. В. Єпіфанов. – Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2022. – 336 с.

2. Чигрин, В. С. Коливання [Текст] : навч. посібник по лаб. практикуму / В. С. Чигрин, А. И. Скрипка. – Х. : ХАІ. – 1999. – 35 с.

3. Шошин, Ю. С. Компресори авіаційних газотурбінних двигунів [Текст] навч. посібник / Ю. С. Шошин. – Х. : ХАІ. – 2002. – 26 с.

4. Шошин, Ю. С. Турбіни авіаційних газотурбінних двигунів [Текст] : навч. посібник / Ю. С. Шошин. – Х. : ХАІ. – 2003. – 37 с.

5. Шошин, Ю. С. Розрахунок на міцність робочих лопаток компресорів і турбін [Текст] : навч. посібник / Ю. С. Шошин, С. В. Єпіфанов, Р. Л. Зеленський. – Х. : ХАІ. – 2006. – 28 с.

6. Шошин, Ю. С. Розрахунок на міцність дисків компресорів і турбін [Текст] : навч. посібник / Ю. С. Шошин, С. В. Єпіфанов, Ф. М. Муравченко. – Х. : ХАІ. – 1998. – 28 с.

7. Полетучий, О. І. Основи конструювання авіаційних редукторів [Текст] : Ч. 1 і 2 / О. І. Полетучий, В. М. Ридченко. – Х. : ХАІ. – 1994.

#### **5. Питання за темою «Технологія виробництва АД та ЕУ»**

(найменування)

1. Похибки від пружних деформацій системи.
2. Жорсткість технологічної системи і виробничі методи її оцінки.
3. Похибки від розмірного зносу інструменту, теплових деформацій системи вібрацій та інших чинників.

4. Вплив геометричної точності верстата на точність обробки. Розрахунок сумарної погрішності обробки.
5. Методи налаштування верстатів. Діаграми точності обробки. Точкові і точнісні діаграми. Суть, порядок побудови і умови застосування. Основні статистичні характеристики. Практична крива та гістограма. Порядок побудови теоретичної кривої. Властивості нормального закону розподілу.
6. Завдання і необхідність розмірного аналізу.
7. Розрахунково-аналітичний і нормативний методи розрахунку припусків і операційних розмірів. Порядок побудови розмірної схеми ТП.
8. Виявлення ТРЛ за допомогою графів. Розрахунки технологічних розмірних ланцюгів.
9. Конструктивні елементи і геометричні параметри різця.
10. Кінематика процесу різання.
11. Класифікація матеріалів різальних інструментів. Міжнародна класифікація груп вживаності матеріалів різальних інструментів.
12. Класифікація, технологічні можливості і вживаність лезових і абразивних різальних інструментів.
13. Послідовність проектування одиничного ТП механічної обробки. Відпрацювання конструкції на технологічність.
14. Порядок визначення типу виробництва. Продуктивність і економічність технологічних процесів.
15. Вибір методів отримання початкових заготовок. Вибір технологічних баз для установки заготовок.
16. Складання планів обробки окремих поверхонь. Побудова загального маршруту обробки. Вибір місця хіміко-термічної обробки технологічному процесі.
17. Технічний контроль.


### *Література*

1. Якімов, О.В. і ін. Технологія машино- та двигунобудування [Текст]: Підручник / Якімов О.В. і інш. – Одеса, ОНПУ, 2005. – 720 с.
2. Кукляк, М.Л. Металорізальні інструменти. Проектування [Текст]: навч. посібник / М.Л. Кукляк, І.С. Афтаназів, І.І. Юрчишин. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2003. – 556 с.
3. Технологічне оснащення [Електронний ресурс] : навч. посіб. до практ. робіт / А. В. Онопченко, М. О. Курін. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2023. – 72 с.
4. Металорізальні верстати [Текст]: навчальний посібник / В.М. Бочков, Р.І. Сілін, О.В. Гаврильченко / За ред. Р.І. Сіліна. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2009. – 268 с.
5. Сорокін В.Ф., Третяк В.В., Данько К.А. Проектування операцій на верстаті с ЧПК. Токарна обробка. 2018. Харків: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харків. авіац. ін-т": 50 с. УДК: 004.896:621.9.06-529:621.941(076.5)
6. Сорокін В.Ф., Третяк В.В., Онопченко А.В., Данько К.А. Проектування операцій для верстатів з ЧПК. Фрезерне оброблення Методичний посібник 2019, Харків: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харків. авіац. ін-т" 48 с. УДК: 004.896:621.9.06-529+621.914 ISBN: 978-966-662-667-0



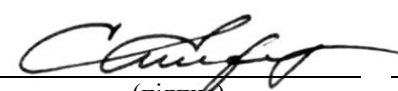
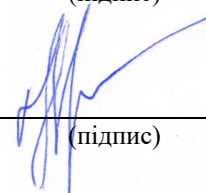
7. Технология производства авиационных двигателей [Текст] / В. А. Богуслаев, А. Я. Качан, А. И. Долматов, В. Ф. Мозговой, Е. Я. Корневский. – Запорожье : ОАО «Мотор-Сич». – Изд. 2-е дополненное. – 2007. – 556 с.

Гарант освітньої програми *Авіаційні двигуни та енергетичні установки*

  
 \_\_\_\_\_  
 (підпис) Олександр БІЛОГУБ  
 (ініціали та прізвище)

Програму розглянуто й узгоджено на спільному засіданні випускаючих кафедр конструкції авіаційних двигунів і технологій виробництва авіаційних двигунів

Протокол №  2  від «  29  »  лютого  2024 р.

Завідувач кафедри 203, д.т.н., професор _____ (науковий ступень, посада)	 _____ (підпис)	Сергій ЄПІФАНОВ _____ (ініціали та прізвище)
В.о. зав. кафедри 204, к.т.н., доцент _____ (науковий ступень, посада)	 _____ (підпис)	Сергій НИЖНИК _____ (ініціали та прізвище)

Програму вступного випробування для здобуття освітнього ступеня магістра за освітньо-професійною програмою зі спеціальності 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка» (освітня програма Авіаційні двигуни та енергетичні установки) 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».

Протокол №  6  від «  1  »  березня  2024 р.

Голова НМК 1 к.т.н., доцент _____	 _____ (підпис)	Сергій НИЖНИК
---	---	---------------