

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний авіаційний університет

Аерокосмічний факультет

Кафедра авіаційних двигунів



УЗГОДЖЕНО

Декан АКФ

«03» 04 02 Микола КУЛИК
2023 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з навчальної роботи
«06» 02 Анатолій ПОЛУХІН
2023 р.



Система менеджменту якості


ПРОГРАМА

вступного іспиту зі спеціальності до аспірантури на третьому (освітньо-науковому) рівні вищої освіти

Освітньо-наукова програма: «Енергетичне машинобудування»


Галузь знань 14 Електрична інженерія

Спеціальність: 142 Енергетичне машинобудування

	Система менеджменту якості. ПРОГРАМА вступного іспиту зі спеціальності до аспірантури за спеціальністю 142 «Енергетичне машинобудування»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 07.07.03 –02–2023
		Стор. 2 із 10	

Програму вступного іспиту зі спеціальності до аспірантури на третьому (освітньо-науковому) рівні вищої освіти за спеціальністю 142 Енергетичне машинобудування розроблено відповідно до чинного Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у закладах вищої освіти (наукових установах), затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 23.03.2016 № 261; а також Положення про підготовку здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у НАУ, схваленого Вченою радою НАУ 12.05.2022 (протокол № 3) та введеного в дію наказом ректора від 13.06.2022 № 161/од.

Програму розробили:
завідувач кафедри авіаційних двигунів,
д.т.н., проф.  **Юрій ТЕРЕЩЕНКО**

професор кафедри авіаційних двигунів,
д.т.н., доц.  **Катерина БАЛАЛАСВА**

Програму вступного іспиту зі спеціальності обговорено та схвалено на засіданні випускової кафедри освітньо-наукової програми «Енергетичне машинобудування», спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування» – авіаційних двигунів, протокол № 13 від «20» грудня 2022 р.

Гарант освітньо-наукової програми  **Катерина БАЛАЛАСВА**
Завідувач кафедри  **Юрій ТЕРЕЩЕНКО**

Програму вступного іспиту зі спеціальності обговорено та схвалено на засіданні науково-методично-редакційної ради Аерокосмічного факультету, протокол № 4 від «21» грудня 2022 р.

Голова НМРР  **Катерина БАЛАЛАСВА**

УЗГОДЖЕНО
Завідувач аспірантурою та
докторантурою


 **Анжела ЛЕЛІЧЕНКО**

«03» 02 2023 р

Рівень документа – 3б


Плановий термін між ревізіями – 1 рік

Врахований примірник

	<p>Система менеджменту якості. ПРОГРАМА вступного іспиту зі спеціальності до аспірантури за спеціальністю 142 «Енергетичне машинобудування»</p>	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 07.07.03 –02–2023
		Стор. 3 із 10	

ЗМІСТ

	сторінка
1. Вступ.....	4
1. Порядок проведення вступного іспиту зі спеціальності	4
2. Характеристика змісту програми вступного іспиту зі спеціальності	4
3. Рекомендована література.....	7
4. Оцінювання вступного іспиту зі спеціальності.....	7

	Система менеджменту якості. ПРОГРАМА вступного іспиту зі спеціальності до аспірантури за спеціальністю 142 «Енергетичне машинобудування»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 07.07.03 –02–2023
		Стор. 4 із 10	

1. ВСТУП

Метою вступного випробування є комплексна перевірка знань вступника в області «Енергетичне машинобудування» для вступу на навчання до аспірантури на третьому (освітньо-науковому) рівні вищої освіти за спеціальністю 142 Енергетичне машинобудування.

Завданням вступного випробування є виявлення у вступника до аспірантури здібностей до аналітичної і наукової роботи.

Екзаменаційний білет складається з трьох питань, в тому числі теоретичних та практичних, що беруться з різних розділів цієї Програми. При відповіді на них вступник до аспірантури повинен продемонструвати рівень фундаментальної підготовки, який дозволить йому успішно опанувати освітньо-науковий рівень вищої освіти. За підсумками іспиту виставляється диференційована оцінка, в якій враховується якість відповідей на екзаменаційні питання, що містяться в білеті.

2. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ВСТУПНОГО ІСПИТУ ЗІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ

Форма проведення вступного іспиту зі спеціальності – письмова.

Необхідні для вичерпної відповіді на питання записи виконуються на папері. На кожному листі вступник до аспірантури вказує номер білета фахового вступного випробування. Листи нумеруються, за бажанням заповнюються з обох сторін.

Питання в білетах формуються на основі даної Програми, яка знаходиться у відкритому доступі на сайті аспірантури НАУ і з якою вступники до аспірантури можуть вчасно ознайомитись: <http://asdoc.nau.edu.ua/golovne-menu/sklad/vstupn%D1%96-viprobovuvannya/programi-vstupnix-viprobuvan-do-asp%D1%96ranturi>


При відповідях на теоретичні питання кандидат повинен продемонструвати не тільки володіння навчальним матеріалом, але й розуміння зв'язку теорії з практикою.

Рекомендується підготовка конспекту самостійної роботи по програмним питанням і по рекомендованій літературі.

3. ХАРАКТЕРИСТИКА ЗМІСТУ ПРОГРАМИ ВСТУПНОГО ІСПИТУ ЗІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ

3.1.Авіаційні двигуни і енергоустановки літальних апаратів, наземні газотурбінні установки

1.1 Повітряно-реактивні двигуни (ПРД). Класифікація і принципи дії ПРД. Двигуни прямої і непрямої реакції. Основні параметри, що характеризують ПРД.

	Система менеджменту якості. ПРОГРАМА вступного іспиту зі спеціальності до аспірантури за спеціальністю 142 «Енергетичне машинобудування»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 07.07.03 –02–2023
		Стор. 5 із 10	

Термодинамічні цикли ПРД. Роботи і ККД, що залежать від основних параметрів робочого процесу та умов польоту. Ефективна і внутрішня тяга. Тягова потужність, повний і польотний ККД двигунів. Шляхи вдосконалення ПРД як рушія.

Вхідні пристрої ПРД. Основні параметри, що характеризують роботу вхідних пристроїв. Можливі типи вхідних пристроїв для надзвукових швидкостей польоту.

Вихідні пристрої ПРД (реактивні сопла ПРД). Принципові схеми дозвукових і надзвукових вихідних пристроїв. Основні параметри, що характеризують їх роботу. Сопло Лаваля і вихідні пристрої інших схем. Реверсивні пристрої.

Типи камер згоряння ПРД. Вимоги щодо камер згоряння. Основні параметри, що характеризують ефективність. Палива ПРД. Типи форсажних камер ТРДФ і ТРДДФ. Камери згоряння НППРД. Принципи організації робочого процесу в прямоточних камерах згоряння різних схем. Принципові схеми подачі палива в камери згоряння двигунів. Компресор і турбіна в системі ПРД. Основні схеми і вимоги до компресорів і турбін ГТД. Область і лінія робочих режимів на характеристиках вентилятора і компресорів при їх роботі в системі ТРД і ТРДД. Межі стійкої роботи компресора. Дво- і трикаскадні компресори в системі ТРД і ТРДД. Способи забезпечення стійкої роботи компресора.

Основні типи і параметри ступенів турбіни ГТД. Одноступінчаті і багатоступінчасті турбіни. Класифікація ГТД. Переваги та недоліки різних типів ГТД, діапазон можливого застосування по швидкості і висоті польоту. Поняття розрахункового режиму роботи двигуна. Мета і порядок термогазодинамічного розрахунку. Конструкція і проектування ГТД.


Турбореактивні (ТРД) і турбореактивні форсовані (ТРДФ) двигуни. Параметри робочого процесу ТРД і ТРДФ. Залежність питомих параметрів двигунів від параметрів робочого процесу та умов польоту. Вплив параметрів робочого процесу і типу двигуна на питому масу. Оптимальні параметри двигунів і їх залежності від умов польоту.

Висотно-швидкісні і дросельні характеристики ТРД і ТРДФ. Методи розрахунку характеристик двигуна. Коливання конструкцій ТРД.

Турбореактивні двоконтурні (ТРДД) і турбореактивні двоконтурні форсовані (ТРДДФ) двигуни.

Класифікація ТРДД і ТРДДФ за схемою проточної частини і ротора двигуна. Параметри робочого процесу ТРДД і ТРДДФ. Залежності питомої тяги і питомої витрати палива ТРДД від параметрів робочого процесу і ступеня двоконтурності. ТРДД зі змішуванням потоків. Оптимальний розподіл енергії по контурах. Оптимальна ступінь двоконтурності.

Висотно-швидкісні і дросельні характеристики нефорсованих ТРДД. Питомі параметри ТРДДФ із загальною форсажною камерою і з форсажем в зовнішньому

	Система менеджменту якості. ПРОГРАМА вступного іспиту зі спеціальності до аспірантури за спеціальністю 142 «Енергетичне машинобудування»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 07.07.03 –02–2023
		Стор. 6 із 10	

контури. Висотно-швидкісні та дросельні характеристики ТРДДФ. Методи розрахунку характеристик ТРДДФ.

Турбогвинтові, турбовальні ГТД і енергоустановки. Турбогвинтові двигуни (ТГВД).

Оптимальний розподіл вільної енергії між гвинтом і реактивним соплом. Вплив параметрів робочого процесу на питому потужність, питому витрату палива і питому масу ТГВД. Двигуни і енергоустановки з регенерацією тепла.

Висотно-швидкісні і дросельні характеристики. Швидкісні гвинтовентиляторні двигуни (ТГВД). Вертолітні ГТД. Схеми силових установок вертольотів.

Двигуни для літаків вертикального і укороченого зльоту і посадки (ЛВЗП). Загальні вимоги до силових установок ЛВЗП. Ежекторні збільшувачі тяги. Порівняння різних силових установок ЛВЗП.

Динаміка ГТД. Види перехідних режимів. Вимоги до динаміки сучасних авіаційних двигунів. Процеси прийомистості і скидання газу у ТРД, ТРДД і ТГВД. Шляхи поліпшення прийомистості ГТД. Загальна характеристика процесу запуску ГТД. Запуск в польоті. Авторотація. Принципові схеми прямоточних і основних типів комбінованих двигунів. Можливі області застосування. Види палива, що використовується цими двигунами.

Прямоточні повітряно-реактивні двигуни. Питомі параметри ППРД і їх залежність від параметрів робочого процесу та умов польоту. Особливості робочого процесу гіперзвукового прямоточного двигуна (ППРД). Тягово-економічні характеристики ППРД.

Комбіновані ПРД. Турбопрямоточні двигуни. Схеми двигунів на базі ТРД і ТРДД. Ракетно-турбінні двигуни (РТД). Схеми, робочий процес. Области застосування цих двигунів.


Газотурбінні установки. Принципові схеми газотурбінних установок. Цикл газотурбінної установки. Параметри та характеристики газотурбінних установок. Робочий процес основних елементів газотурбінної установки.

1.2. Використання авіаційних двигунів для створення комбінованих енергоустановок. Призначення комбінованих енергоустановок різних типів. Особливості схем з утилізацією тепла вихлопних двигунів і додатковим підведенням тепла по тракту комбінованої енергоустановки. Відкриті та закриті утилізаційні цикли. Типи парогенеруючих пристроїв. Класифікація комбінованих енергоустановок на базі авіаційних ГТД.

Поняття про ефективність ККД установки і коефіцієнти використання тепла. Використання «рідної» або спеціально створюваної вільної турбіни.

Редукторні і безредукторні схеми. Можливості використання авіаційних редукторів. Проміжний підігрів.

Схеми комбінованих установок з середньонапірним, низьконапірним і утилізованим парагенератором або водогрійним котлом. Схема використання газогенератора двохвального ГТД і визначення його параметрів при демонтажі

	Система менеджменту якості. ПРОГРАМА вступного іспиту зі спеціальності до аспірантури за спеціальністю 142 «Енергетичне машинобудування»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 07.07.03 –02–2023
		Стор. 7 із 10	

компресора низького тиску. Форсування газогенератора по оборотам і температурі газу.

Можливі схеми використання вихідного ТРДД повний або частковий демонтаж вентилятора, вузла проміжних ступенів, визначення параметрів турбіни при демонтажі вузла компресора низького тиску. Схема з розміщенням конденсатора в зовнішньому контурі. Використання повного двигуна - альтернатива використанню ГТУ підвищеної потужності. Шляхи та методи подальшого вдосконалення комбінованих енергоустановок на базі авіаційних двигунів.

3.2. Загальні питання ракетних двигунів.

Типи ракетних двигунів (РД). Класифікація РД. Ракетні двигуни на хімічних паливах: ЖРД, РДТТ, ГРД. Ядерні ракетні двигуни. Лазерні і сонячні двигуни.

Особливості і сфери застосування різних типів РД. Рідинні ракетні двигуни (РРД). Ракетні двигуни на твердому паливі (РДТП). Перспективи розвитку РДТП.

Комбіновані ракетні двигуни.

Рідинні повітряні ракетні двигуни (РПРД) і їх системи подачі.

4. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Терещенко Ю.М., Бойко Л.Г., Волянська Л.Г., Кулик Н.С., Митрахович М.М., Панин В.В., Терещенко Ю.Ю. Теория авиационных газотурбинных двигателей. Київ, Книжкове вид-во НАУ, 2013, 500с .

2. Терещенко Ю.М., Бойко Л.Г., Кулик М.С., и др. Теория теплових двигунів. - Київ: Вища школа, 2001, 376 с.

3. de Iaco Veris, Alessandro, and Alessandro de Iaco Veris. *Fundamental Concepts on Liquid-Propellant Rocket Engines*. Springer International Publishing, 2021.

4. Zhang, Wei, et al. *Failure characteristics analysis and fault diagnosis for liquid rocket engines*. Vol. 233. No. 12. Cham, Switzerland: Springer, 2016.

5. Sutton, George P., and Oscar Biblarz. *Rocket propulsion elements*. John Wiley & Sons, 2016.


6. Алемасов В.Е. Теория ракетных двигателей. Под ред. акад. В.П. Глушко. - 3-е изд. перераб. и доп. -М.: Машиностроение, 1980.

7. Терещенко Ю.М., Кулик М.С., Волянська Л.Г., Панин В.В., та інш. Теорія теплових двигунів. Термогазодинамічний розрахунок газотурбінних двигунів. Навч. посібник. Київ, Вид-во НАУ, 2009.

5. ОЦІНЮВАННЯ ВСТУПНОГО ІСПИТУ ЗІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ

Максимальна сума балів складає 100. Кожне з питань оцінюється з 33 бали, 1 бал є заохочувальним.

– “відмінно”, повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 30...33 (34) бали;

	Система менеджменту якості. ПРОГРАМА вступного іспиту зі спеціальності до аспірантури за спеціальністю 142 «Енергетичне машинобудування»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 07.07.03 –02–2023
		Стор. 8 із 10	

– “добре”, достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 29...25 балів;

– “задовільно”, неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 24...20 балів;

– “незадовільно”, незадовільна відповідь – менше 60 балів.

Шкала оцінювання загальних результатів вступного іспиту зі спеціальності буде наступною:

Оцінка в балах	Оцінка за національною шкалою	Оцінка за шкалою ECTS	
		Оцінка	Пояснення
90-100	Відмінно	A	Відмінно (відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок)
82-89	Добре	B	Дуже добре (вище середнього рівня з кількома помилками)
75-81		C	Добре (в загальному вірне виконання з певною кількістю суттєвих помилок)
67-74	Задовільно	D	Задовільно (непогано, але зі значною кількістю недоліків)
60-66		E	Достатньо (виконання задовольняє мінімальним критеріям)
35-59	Незадовільно	FX	Незадовільно (з можливістю повторного складання)
1-34		F	Незадовільно (з обов'язковим повторним курсом)

