

ЗАТВЕРДЖЕНО

Голова Приймальної комісії

НУ «Запорізька політехніка»

проф. Віктор ГРЕШТА

«24» червня 2024р.



## **ПРОГРАМА**

**вступного іспиту зі спеціальності**

**134 – АВІАЦІЙНА ТА РАКЕТНО-КОСМІЧНА ТЕХНІКА**

**для вступників освітньо-наукового ступеня доктор філософії (PhD)**

Програму вступного випробування до аспірантури зі спеціальності 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка» розроблено в обсязі програми рівня вищої освіти магістра з даної спеціальності та призначено особам, які здобули вищу освіту за ступенем магістра (освітньо-кваліфікаційного рівня спеціаліста), і які мають достатній рівень теоретичних знань, умінь, навичок та інших компетентностей, для продукування нових ідей, оволодіння освітньо-науковою програмою підготовки здобувача вищої освіти ступеня доктора філософії, а також проведення власного наукового дослідження, результати якого мають наукову новизну, теоретичне та/або практичне значення.

Вступник до аспірантури повинен продемонструвати повноту знань з теорії ГТД та енергетичних установок, конструкції ГТД та енергетичних установок, технології виробництва авіаційної та ракетно-космічної техніки, тощо. Вступник до аспірантури повинен також продемонструвати здатність аналізувати проблему з різних точок зору, показати діапазон володіння вміннями й навичками операційного рівня, методичну грамотність, зокрема сформованість конструктивно-планувальних, проектувальних, комунікативно-навчальних і дослідницьких умінь. Рівень знань, умінь і навичок вступників до аспірантури оцінюється балами відповідно до критеріїв оцінювання.

## ПРОВЕДЕННЯ ІСПИТУ

Вступний іспит зі спеціальності 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка» для вступників освітньо-наукового ступеня доктор філософії (PhD) проводиться у вигляді тесту. Вступний іспит проводиться очно, в приміщеннях університету. У виняткових випадках, іспит може проводитися у дистанційному форматі, з використанням інформаційного сервісу Системи дистанційного навчання НУ «Запорізька політехніка» (для вступників, які зареєстровані та знаходяться на тимчасово-окупованій території – за зверненням вступника). При використанні дистанційного формату проведення іспиту, обов'язковою є процедура ідентифікації вступника та відеофіксації іспиту.

Використання вступником будь-яких додаткових матеріалів, довідників, електронних пристроїв та ресурсів, допомоги сторонніх осіб під час складання іспиту не допускається.

## КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАТЬ

Оцінювання знань вступників відбувається за 100-бальною шкалою, або ухвалюється рішення про негативну оцінку вступника «незадовільно».

Іспит складається з 40 питань, вірна відповідь на кожне з яких оцінюється в 2,5 бали.

Тест може проводитись як з використанням паперових носіїв, так і з використанням комп'ютера в Системі дистанційного навчання НУ «Запорізька політехніка». Якщо робота виконується на паперовому носії, питання, в яких зазначено більше однієї відповіді, оцінюються в 0 балів (окрім випадків, коли одна з відмічених відповідей на запитання акуратно закреслена вступником, а інша зазначена акуратно та чітко).

Усі попередні кроки та міркування, що приводять до відповіді на питання, можуть виконуватися вступником на чернетці, та не беруться до уваги при оцінюванні роботи.

## ЗМІСТ ПРОГРАМИ ІСПИТУ

При підготовці завдань вступного іспиту зі спеціальності комісія виділила такі основні розділи з переліком тем:

## 1. Теорія ГТД та енергетичних установок

1.1. Теорія теплових двигунів та енергоустановок непрямого перетворення енергії

### 1.1.1. Теорія повітряно-реактивних двигунів (ПРД)

1.1.1.1 Силкові установки з ПРД та їх параметри Силова установка з ПРД та ГТУ, їх основні абсолютні параметри. Класифікація ГТД і області їх використання. Ефективна і внутрішня тяга силової установки. Зовнішній опір СУ. Еквівалентна потужність ГТД. Основні питомі параметри силових установок з ПРД. Схеми ГТД. Газогенераторна частина. Ступінь двоконтурності. Температура змішування потоків в ТРДД зі змішуванням потоків. Теплові діаграми ГТД. Ефективна та вільна роботи. Поняття приєднаної маси повітря гвинтом чи вентилятором. Ефект приєднаної маси ККД та енергетичний баланс силових установок з ПРД.

1.1.1.2 Характеристики елементів ПРД Призначення, класифікація, основні параметри вхідних пристроїв і вимоги до них. Дозвукові вхідні пристрої. Надзвукові вхідні пристрої внутрішнього стиснення. Надзвукові вхідні пристрої зовнішнього стиснення. Характеристики вхідних пристроїв. Помпаж і «зуд» надзвукових вхідних пристроїв зовнішнього стиснення. Регулювання надзвукових вхідних пристроїв. Характеристики компресора : загальний вигляд, розузгодження режимів роботи ступенів на нерозрахункових режимах роботи компресора, регулювання компресора. Пилозахисні пристрої. Призначення, класифікація і вимоги до камер згорання. Основні параметри камер згорання. Основні закономірності процесу горіння. Організація робочого процесу в основних камерах згорання ПРД. Особливості організації робочого процесу в форсажних камерах. Експлуатаційні характеристики основних і форсажних камер згорання . Вібраційне горіння палива і способи його попередження. Характеристики турбін: характеристики ступеня газової турбіни, особливості характеристик багатоступеневих турбін; регулювання турбін. Призначення, класифікація, основні параметри і вимоги до вихідних пристроїв. Сопла для докритичних і надкритичних перепадів тиску. Характеристики та регулювання вихідних пристроїв

1.1.1.3 Термодинамічний аналіз циклу ПРД 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. Ціль та способи форсування ГТД. Теплова діаграма ТРДФ. Залежності питомої тяги і питомих витрат палива ТРДФ від параметрів робочого процесу. Вибір параметрів циклу у проектуванні ТРД і ТРДФ. Параметри робочого процесу та питомі параметри ТРДД. 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

1.1.1.4 Програми управління та спільна робота елементів силової та газотурбінної установок Система рівнянь, що описують спільну роботу елементів одновального ТРД. Задачі управління (регулювання) ТРД і ТРДФ і поняття про програми (закони) управління (регулювання) двигуна. Спільна робота компресора, камери згоряння і турбіни одновального ТРД і ТРДФ. 4 Спільна робота турбіни і реактивного сопла одновального ТРД і ТРДФ. Коефіцієнти стійкості та запасу стійкої роботи компресору. ЛСР при умові  $p_t^* = \text{const}$  (однопараметричні програми управління). ЛСР при програмі управління  $T_g^* = \text{const}$  і  $n = \text{const}$  (двопараметрична програма управління). 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 (регулювання) ТРДДФ. Особливості управління (регулювання) і спільної роботи елементів ТГД. Особливості управління (регулювання) і спільної роботи елементів ТВаД.

1.1.1.5 Характеристики силових установок з ПРД Номенклатура основних режимів роботи ПРД, характеристики силових установок з ПРД та методи їх одержання . Швидкісні характеристики силових установок з ТРД, ТРДФ. Особливості швидкісних характеристик силових установок з ТРДД і ТРДДФ. Швидкісні характеристики силових установок з ПРД . Модель стандартної атмосфери. Висотні характеристики силових установок з ГТД. Вплив числа Рейнольдса на висотні характеристики. Обмеження на висотношвидкісних характеристиках ТРД. Діапазон висот та швидкостей ЛА і області обмежень режимів роботи силової установки. Дросельні характеристики силових установок з ТРД і ТРДФ. Вплив програм управління (регулювання) на дросельні характеристики ТРД і ТРДФ. Особливості дросельних характеристик силових установок з ТРДД і ТРДДФ . Дросельні характеристики силових установок з ТГД і ТВаД. Подібність режимів роботи ГТД. Приведення результатів випробувань ПРД до стандартних атмосферних умов. Вплив атмосферних умов на основні данні ПРД. Кліматичні характеристики ГТД

1.1.1.6 Несталі режими роботи ПРД Умови спільної роботи елементів ПРД в несталих процесах. Прийомистість і скид газу ТРД. Включення і виключення форсованого режима. Запуск ТРД. Особливості перехідних процесів двохвальних ТРД і ТРДД. Особливості перехідних процесів ТВаД і ТГД.

1.1.1.7 Екологічні аспекти ПРД Вплив двигунів на навколишнє середовище. Шум авіаційних двигунів. Головні фізичні поняття і норми на припустимий рівень шуму. Зовнішні і внутрішні джерела шуму у двигунах. Засоби зниження шуму двигунів. Токсичність продуктів згоряння.

1.1.1.8 Інтеграція літака з силовою установкою Літакові силові установки з ПРД, ефективні характеристики і маса. Проблеми комплексного вибору параметрів літака та його силової установки. Вибір головних параметрів для проектування двигуна.

Формування газоповітряного тракту ГТД. Методи узгодження компресорів і турбін ГТД.

## 2. Конструкція ГТД та енергетичних установок

### 2.1. Повітряно-реактивні двигуни

2.1.1. Головні вузли, навантаження і силові системи ПРД 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. Компресори ГТД. 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. 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. Конструкційні матеріали осьових компресорів. Відцентрові компресори, їх недоліки та переваги. Класифікація відцентрових компресорів. Конструкція елементів відцентрових компресорів. Конструкційні матеріали для відцентрових компресорів. Турбіни ГТД. 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. Розрахунок осьової сили, яка діє на ротор турбіни. 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. Конструктивні матеріали для виготовлення деталей турбін. Конструкція і проектування основних і форсажних камер згоряння ПРД. Призначення та особливості конструкції дифузорів, жарових труб та фронтних пристроїв. Стабілізація зони горіння. Охолодження елементів камер згоряння. Організація змішування продуктів згоряння із вторинним повітрям. Запуск камер згоряння, запальні пристрої. Головні навантаження на елементи камер згоряння. Конструкційні матеріали для елементів камер згоряння. Вихідні та реверсивні пристрої. 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. 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. Особливості роботи та конструкції підшипників роторів ГТД. Конструкції опор підшипників. Газові та мастильні ущільнення. Підбір підшипників кочення, їх посадка у корпусі та на валі. Пружні та демпферні опори роторів. Розрахунок контактного та лабіринтового ущільнення. Мащення та охолодження підшипників. Розрахунки теплового стану підшипників.

2.1.2. Міцність головних деталей Розрахунок на міцність ротора барабанного типу. Розрахунок вузла з'єднання ротора відцентрового компресора з валом. Розрахунок на міцність вала турбіни та фланцевого сполучення. Розрахунок на міцність лопаток від дії відцентрових та газових сил. Розвантаження пера робочої лопатки від згинаючих моментів газових сил моментами від відцентрових сил. Особливості розрахунку лопаток з бандажними полицями, нерівномірно нагрітих лопаток. Конструкція та розрахунок на міцність вузлів кріплення робочих лопаток компресорів та турбін. Розрахунок на міцність дисків компресорів і турбін, виведення головних розрахункових рівнянь напруженого стану. Особливості розрахунку дисків зі стрибкоподібною зміною товщини та дисків відцентрових компресорів. Визначення запасу міцності диска за еквівалентними напруженнями та руйнуючої частоті обертання. Аналіз термонапруженого стану диска на прикладі

диска постійної товщини. Міцність оболонок. Виведення рівняння Лапласа для розрахунку на міцність тонкостінних оболонок. Розрахунки на міцність та жорсткість корпусів камер згоряння. Можливі несправності камер згоряння та конструктивні міри щодо забезпечення їх надійної роботи.

2.1.3. Коливання елементів Коливання лопаток. Види та форми коливань. Вільні та вимушені коливання лопаток компресорів і турбін. Визначення частоти першої форми власних коливань моделі лопатки (плоскої пластини) за методом Релея. Вплив форми лопатки та умов її роботи на частоту вільних коливань. Визначення частот кількох форм коливань реальної лопатки за методом скінчених елементів. Вплив конструкційних та експлуатаційних факторів на частоту власних коливань лопаток. Джерела змінних сил, що примушують лопатку коливатися. Визначення резонансних режимів. Побудова та 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. Коливання дисків. Загальні поняття про коливання круглих пластин та дисків. Види і форми коливань дисків. Побудова та аналіз частотної діаграми для диска. Вплив конструкційних та експлуатаційних факторів на частоту власних коливань дисків. Критичні частоти обертання дисків. Міри боротьби з небезпечними коливаннями дисків компресорів та турбін. Коливання тонкостінних оболонок камер згоряння. Види і форми коливань оболонок. Розрахунок власних частот коливань. Фактори, які впливають на частоти коливань тонкостінних оболонок. Критична частота обертання невагомго вала з одним диском. Поняття "жорсткого" та "гнучкого" вала. Визначення частот власних поперечних коливань не обертового валу з одним диском. Поняття про види прецесії валів. 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. 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.

2.1.4. Редуктори та повітряні гвинти Призначення та основні характеристики редукторів. Класифікація і кінематичні схеми редукторів. Конструкція редукторів. Розрахунки зубчастих передач та валів на міцність. Вимірювачі кружних моментів. Мащення деталей редуктора. Профілювання та характеристики повітряних гвинтів. Режими роботи гвинта. Сили та моменти, які діють на лопаті гвинтів. Призначення та основні характеристики гвинтів змінного кроку.

### 3. Технологія виробництва авіаційної та ракетно-космічної техніки (АРКТ)

1. Основні поняття технології виробництва АРКТ. Виробничий процес і його складові. Технологічні методи забезпечення якості. Технологічні методи створення високонадійних і довговічних конструкцій АРКТ. Особливості організації виробничих процесів в дослідному, одиночному, мілкосерійному та серійному виробництві. Види та форми поточного виробництва.

2. Стан поверхневого шару деталі, залишкові напруги в ньому і їх вплив на ресурс цієї деталі. Загальні принципи забезпечення точності виготовлення деталей АРКТ. Поняття про точність та виробничі погрішності. Методи контролю точності й стійкості технологічних процесів. Основні відомості про бази. Правила базування при виготовленні деталей при складанні.

3. Поняття технологічності конструкції виробу. Загальні технологічні вимоги конструкції ЛА. Контролепридатність, як складна частина технологічності виробів. Метод і оцінки технологічності конструкцій. Показники технологічності конструкцій. Основні напрями підвищення технологічності конструкцій.

4. Конструктивно-експлуатаційне та технологічне членування виробів. Конструктивно-технологічна класифікація деталей та збірних одиниць. Матеріали, що використовуються при виробництві, та способи з'єднань деталей. Точність та взаємозамінність деталей та збірних одиниць. Класифікація деталей, заготовок та напівфабрикатів.

5. Методи та засоби проектування технологічних процесів виготовлення АРКТ. Технологічні процеси та засоби оснащення виробництва літальних апаратів.

Основні етапи та послідовність проектування технологічних процесів виготовлення деталей. Методи забезпечення взаємозамінності у виробництві АРКТ. Поняття про взаємозамінність та ув'язку розмірів деталей. Методи ув'язки розмірів елементів виробу за допомогою ЕОМ.

6. Фізичні основи процесів зварювання. Теплові процеси при зварюванні. Кристалізація металу в процесі зварювання. Формування шва. Властивості зварних з'єднань. Види зварних з'єднань. Технологічність зварних конструкцій. Техніка та технологія зварювання різних металів. Основи автоматизації процесів зварювання. Методи контролю зварних з'єднань. Види процесів паяння. Типи паяних з'єднань. Вимоги до припоїв. Обладнання для паяння. Методи контролю паяних з'єднань.

7. Види технологічних процесів термічної, хіміко-термічної та термомеханічної обробки деталей та їх характеристика. Технологічне обладнання. Класифікація деталей. Контроль якості виробів.

8. Технологічні процеси виготовлення заготовок в ізотермічних умовах. Поняття над пластичності металів. Види технологічних процесів поверхнево-деформаційного зміцнення деталей. Характеристика процесів. Класифікація деталей. Технологічне обладнання. Контроль якості деталей.

9. Обсяг, зміст і умови складальних робіт при виробництві АРКТ. Основні системи базування, що застосовуються при складанні об'єктів АРКТ. Методи та засоби вузлового, агрегатного та загального складання виробів. Способи базування деталей та складальних одиниць.

10. Класифікація процесів виконання з'єднань. Залишкові напруження, що виникають при складанні. Причини виникнення й значення залишкових напружень.

11. Основні завдання технологічної підготовки серійного виробництва ЛА. Відпрацювання конструкції ЛА на технологічність. Проектування, монтаж та ув'язка складальної оснастки. Проектування складальних пристосувань. Монтаж складальних пристосувань. Розмірна ув'язка складальних пристосувань. Структура складального вузла. Вибір баз для складання. Аналіз точності складання. Характеристика з'єднань, можливості механізації процесів та їх виконання.

12. Методи та засоби виконання болтових, клепаних та комбінованих з'єднань.

Галузі виконання, переваги та недоліки. Контроль якості з'єднань. Методи та засоби підвищення надійності та ресурсу болтових та клепаних складальних одиниць.

13. Методи, засоби та галузі використання не руйнуючого контролю. Фізико-технічні засади, відчутність до дефектів та продуктивність контролю. Показники та методи оцінки рівня якості виробів. Системи управління якістю продукції: технічні, організаційні й економічні фактори підвищення якості.

14. Процеси випробувань вузлів, агрегатів та АРКТ в цілому. Види й основні завдання випробувань: приймально-здавальні, конструкторсько-доводочні, контрольно-вибіркові, періодичні. Класифікація і загальна характеристика випробувань по чинникам, що впливають. Основні поняття та класифікація випробувань промислової продукції. Мета та задачі випробувань. Структура процесу випробувань. Організація кваліфікаційних випробувань. Випробування серійних виробів. Основні категорії випробувань в технологічному циклі дослідного та серійного виробництва. Мета та порядок проведення випробувань. Випробування та контроль деталей літальних апаратів.

15. Показники економічної ефективності, технологічні методи підвищення продуктивності праці. Технологічна собівартість, структура та шляхи її зниження технологічними методами. Методи розрахунку економічної ефективності варіантів технологічних процесів, створення та впровадження нового технологічного обладнання й організаційно-технічних заходів.

16. Технологічна підготовка виробництва. Загальні положення. Складові частини, властивості і характеристики технологічної підготовки виробництва. Забезпечення технологічності конструкції авіадвигуна.

17. Види технологічних процесів і особливості лиття заготовок зі спеціальних сталей, жароміцних, титанових, алюмінієвих і магнієвих сплавів. Ливарне обладнання. Контроль якості лиття.

18. Технологічність листових штампованих деталей. Види технологічних процесів виготовлення деталей з листа, профілів і труб і їх особливості. Технологічне обладнання. Контроль якості деталей.

19. Види технологічних процесів виготовлення деталей гарячим і холодним

об'ємним деформуванням. Типи деталей, що виготовляються об'ємним гарячим деформуванням. Технологічність виготовлення деталей. Раціональні заготовки під наступне штампування. Коефіцієнт використання матеріалу.

20. Особливості деформування алюмінієвих, магнієвих, титанових і жароміцних сплавів. Особливості технології виготовлення лопаток. Технологічне обладнання. Контроль якості виробів.

21. Види зварних з'єднань. Технологічність зварних конструкцій. Техніка та технологія зварювання різних металів. Основи автоматизації процесів зварювання. Методи контролю зварних з'єднань. Види процесів паяння. Типи паяних з'єднань. Вимоги до припоїв. Обладнання для паяння. Методи контролю паяних з'єднань.

22. Види технологічних процесів термічної, хіміко-термічної та термомеханічної обробки деталей та їхня характеристика. Технологічне обладнання. Контроль якості виробів.

23. Проектування технологічних процесів механічної обробки. Проектування технологічного процесу обробки деталей на верстатах з ЧПК. Системи автоматизованого проектування технологічних процесів механічної обробки деталей АРКТ.

24. Бази і базування деталей при обробці на верстатах. Поверхні, що розрізняються при механічній обробці. Точність механічної обробки. Якість поверхні деталей машин.

25. Якість і оброблюваність матеріалів різанням. Методи та параметри формоутворення поверхонь деталей АРКТ. Ріжучий інструмент для різноманітних методів обробки. Проектування операцій механічної обробки деталей АРКТ на універсальному обладнанні та обладнанні з ЧПК.

26. Сучасний стан питання підвищення життєвого циклу деталей і вузлів авіаційних двигунів. Технологічні методи, що підвищують життєвий цикл деталей авіаційних двигунів. Класифікація застосовуваних покриттів за функціональним призначенням.

27. Головні поняття та визначення технологічного процесу складання, специфічність ТП складання, типи поєднань. Базові поверхні та базові деталі. Проектування технологічних процесів складання

28. Надійність складальних одиниць. Поняття надійності. Закономірність зносу. Організаційно-технічні засоби підвищення надійності.

29. Точність складання, складальні розмірні ланцюги, фактори, які впливають на точність. Методи розрахунку точності замикаючої ланки. Методи, які забезпечують задану точність.

30. Види технічного контролю, контроль основних геометричних параметрів, зазорів, биття, співвісності. Дисбаланс роторів. Неврівноваженість її види та причини. Балансування роторів його види та обладнання.

## ЛІТЕРАТУРА

До розділів 1, 2:

1. Handbook by Meherwan P. Boyce, 4th edition, Butterworth-Heinemann, 2017.
2. Aircraft Gas Turbine Engine Technology by Irwin E. Treager, McGraw Hill Education, 2003.
3. Gas Turbine Engines for Model Aircraft by Kurt Schreckling, Traplet Publications, 2006.
4. Aircraft Gas Turbine Powerplants by Charles E. Otis and Jeffrey A. Seckel, McGraw-Hill Education, 2014.
5. The Jet Engine by Rolls-Royce, 6th edition, Rolls-Royce plc, 2016.
6. Gas Turbine Design, Components and System Design Integration by Bahram Farahmand, Wiley, 2015.
7. Design and Analysis of Modern Aircraft Gas Turbine Engines by M. J. Thresher, American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2005.
8. Gas Turbine Heat Transfer and Cooling Technology by Je-Chin Han and Simon Bradshaw, CRC Press, 2015.
9. Principles of Turbomachinery in Air-Breathing Engines by Erian A. Baskharone, Wiley, 2019.
10. Gas Turbine Performance by Philip P. Walsh and Paul Fletcher, Wiley, 2012.
11. Gas Turbine Theory by Hiroyuki Hirshikeshi and Paul Straznicky, Prentice-Hall, 2001.

12. Gas Turbine Performance by Philip P. Walsh and Paul Fletcher, Wiley, 2012.
13. The Jet Engine by Rolls-Royce, 6th edition, Rolls-Royce plc, 2016.
14. Turbofan and Turbojet Engines: Database Handbook by Saeed Farokhi, Elsevier, 2008.
15. Gas Turbine Combustion: Alternative Fuels and Emissions, 4th edition by Arthur H. Lefebvre and Dilip R. Ballal, CRC Press, 2010.
16. Gas Turbine Design, Components and System Design Integration by Bahram Farahmand, Wiley, 2015.
17. Design and Analysis of Modern Aircraft Gas Turbine Engines by M. J. Thresher, American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2005.
18. Gas Turbine Emissions by Tim C. Lieuwen and Vigor Yang, Cambridge University Press, 2013.
19. Gas Turbine Engineering Applications, 2nd edition by David W. Lawlor, CRC Press, 2013.
20. Principles of Turbomachinery in Air-Breathing Engines by Erian A. Baskharone, Wiley, 2019.

До розділу 3:

1. Богуслаев В.О., Качан О.Я., Долматов А.И., Кореневський Є.Я., Мозговой В.Ф. Технология производства авиационных двигателей Часть IV Підручник Сборка авиационных двигателей ВАТ "Мотор Сич", 2009р, 340 с.
2. Богуслаев В.А., Качан А.Я., Мозговой В.Ф., Кореневский Е.Я. Технология производства авиационных двигателей. Основы технологии авиадвигателестроения. 2-е изд., перераб. и доп., под ред. проф. В.А. Богуслаева. - Запорожье, "Мотор Сич", 2010. 417 с.
3. Богуслаев В.А., Качан А.Я., Мозговой В.Ф., Кореневский Е.Я. Технология производства авиационных двигателей: Основы проектирования технологических процессов обработки деталей и методы исследования в технологии авиадвигателестроения. 2-е изд., перераб. и доп., под ред. проф. В.А. Богуслаева, - Запорожье, "Мотор Сич", 2010. 557 с.

4. Богуслаев В.А., Качан А.Я., Калинина Н.Е., Калинин В.Т. Мозговой В.Ф. Авиационно-космические материалы и технологии Издат. комплекс ОАО "Мотор Сич", 2009 г.- 351с.
5. Богуслаев В.А., Качан А.Я., Мозговой В.Ф., Конструкция и техническое обслуживание авиационных двигателей Учебное пособие изд. ОАО Мотор Сич» г.Запорожье, 2008г. С.559
6. Богуслаев В.А., Качан А.Я., Мозговой В.Ф., Кореневский Е.Я. Технология производства авиационных двигателей. Учебник. Часть1 Запорожье, изд. ВАТ "Мотор Січ", 2007, 517 с.
7. Богуслаев В.А., Качан А.Я., Мозговой В.Ф., Кореневский Е.Я, Долматов А.И. Технология производства авиационных двигателей. Учебник. Часть2 Запорожье, изд. ВАТ "Мотор Січ", 2007, 556 с.
8. Богуслаев В.А., Качан А.Я., Мозговой В.Ф., Кореневский Е.Я, Долматов А.И. Технология производства авиационных двигателей. Учебник. Часть 3 Запорожье, изд. ВАТ "Мотор Січ", 2007, 637 с.
9. Богуслаев В.О., Качан О.Я., Мозговой В.Ф., Кореневский Е.Я, Долматов А.И. Технологія виробництва авіаційних двигунів. Підручник. Частина 1. Запоріжжя, вид. ВАТ „Мотор Січ”, 2007 р 517 с.
10. Богуслаев В.О., Качан О.Я., Мозговой В.Ф., Кореневский Е.Я, Долматов А.И. Технологія виробництва авіаційних двигунів. Підручник. Частина 2. Запоріжжя, вид. ВАТ „Мотор Січ”, 2007 р 556 с.
11. Богуслаев В.О., Качан О.Я., Мозговой В.Ф., Кореневский Е.Я, Долматов А.И. Технологія виробництва авіаційних двигунів. Підручник. Частина 3. Запоріжжя, вид. ВАТ „Мотор Січ”, 2007 р 637 с.
12. Богуслаев В.А. Качан А.Я., Яценко В.К., Кореневский Е.Я, Титов В.А. Технология производства авиационных двигателей, Ч.III. Методы обработки деталей авиационных двигателей Запорожье, изд. ОАО "Мотор Сич", 2006 - с. 638.
13. Богуслаев А.В., Олейник Ал. А., Олейник Ан. А., Павленко Д.В., Субботин С.А. Прогрессивные технологии моделирования, оптимизации и интеллектуальной

автоматизации этапов жизненного цикла авиационных двигателей: Монография /: Под ред. Д.В. Павленко, С.А. Субботина. – Запорожье: ОАО "Мотор Сич", 2009. – 468 с.

14. Богуслаев В.О. Равская Н.С. Качан О.Я. Балущок К.Б. Мозговой В.Ф., Охрименко О.А. Формоутворення черв'ячних фрез. Монографія. Запоріжжя, вид. ВАТ „Мотор Січ”, 2007 – 176 с.
15. Богуслав В.А. Муравченко Ф.М. Жеманюк П.Д. Яценко В.К., Качан А.Я. Технологическое обеспечение эксплуатационных характеристик деталей ГТД. Лопатки турбины. Монография, Часть 2, издание 2 переработанное и дополненной, Запорожье, узд. ВАТ „Мотор Січ”, 2007. 420с.
16. Богуслаев В.А., Качан А.Я., Мозговой В.Ф., Ивченко Л.И, Контактное взаимодействие сопряженных деталей ГТД Издат. комплекс ОАО "Мотор Сич", 2009 г. 280 с.
17. Богуслаев В.А., Муравченко Ф.М., Жсманюк П.Д.. и др. Технологическое обеспечение эксплуатационных характеристик деталей ГТД. Лопатки компрессора и вентилятора. Часть I. Монография, г. Запорожье, изд. ОАО «Мотор Сич», 2003. – 396 с.
18. "Aircraft Design: A Conceptual Approach" by Daniel P. Raymer
19. "Fundamentals of Aerodynamics" by John D. Anderson Jr.
20. "Introduction to Flight" by John D. Anderson Jr.
21. "Aircraft Structures for Engineering Students" by T.H.G. Megson
22. "Aircraft Propulsion" by Saeed Farokhi
23. "Rocket Propulsion Elements" by George P. Sutton and Oscar Biblarz
24. "Spacecraft Systems Engineering" by Peter Fortescue, John Stark, and Graham Swinerd
25. "Introduction to Space Dynamics" by William T. Thomson
26. "Introduction to Robotics: Mechanics and Control" by John J. Craig
27. "Principles of Electronic Materials and Devices" by Safa O. Kasap
28. "Fundamentals of Digital Logic with VHDL Design" by Stephen Brown and Zvonko Vranesic



29. "Computer Organization and Design: The Hardware/Software Interface" by David A. Patterson and John L. Hennessy
30. "Electric Machinery Fundamentals" by Stephen J. Chapman
31. "Control Systems Engineering" by Norman S. Nise
32. "Materials Science and Engineering: An Introduction" by William D. Callister Jr. and David G. Rethwisc

Затверджено на засіданні фахової атестаційної комісії з проведення вступного іспиту зі спеціальності 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка», для вступників ОНС доктор філософії

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2024р.

Голова комісії



Дмитро ПАВЛЕНКО