

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**«КИЇВСЬКИЙ АВІАЦІЙНИЙ ІНСТИТУТ»**



**ЗАТВЕРДЖЕНО:**

в.о. президента ДУ КАІ

Ксенія СЕМЕНОВА

*«40» квітня* 2025 року

**ПРОГРАМА**

**ВСТУПНОГО ВИПРОБУВАННЯ ДО АСПІРАНТУРИ**

**зі спеціальності G12 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»**

на здобуття ступеня доктора філософії

третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти

Галузь знань G «Інженерія, виробництво та будівництво»

Освітньо-наукова програма «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»

**Київ – 2025**

Програма розроблена на основі Освітньо-наукової програми «Авіаційна та ракетно-космічна техніка» підготовки фахівців освітньо-наукового рівня «Доктор філософії» галузі знань G «Інженерія, виробництво та будівництво» спеціальності G12 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка», Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у вищих навчальних закладах (наукових установах), затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 23.03.2016 р. № 261 (зі змінами).

Програму розробили:

професор кафедри конструкції  
літальних апаратів, д.т.н., професор

 Сергій ІГНАТОВИЧ

професор кафедри конструкції  
літальних апаратів, д.т.н. професор

 Михайло КАРУСКЕВИЧ

доцент кафедри гідрогазових  
систем, ф.-м.н., доцент

 Павло ЛУК'ЯНОВ

Програма обговорена та схвалена на засіданнях випускових кафедр за спеціальністю G12 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка» – кафедри конструкції літальних апаратів, протокол № 1 від 30 січня 2025 р. та кафедри гідрогазових систем, протокол № 2 від 14 лютого 2025 р.

Гарант освітньо-наукової програми  
«Авіаційна та ракетно-космічна техніка»  
д.т.н., професор

 Сергій ІГНАТОВИЧ

## ЗМІСТ

|                                                                                        | стор. |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 1. Пояснювальна записка .....                                                          | 4     |
| 2. РОЗДІЛ I. Міцність, ресурс та контроль технічного стану літальних<br>апаратів ..... | 5     |
| 3. РОЗДІЛ II Функціональні та рідинно-газові системи літальних<br>апаратів .....       | 7     |
| 5. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА .....                                                      | 14    |

## 1. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Програма складена для кандидатів на вступ до аспірантури Державного некомерційного підприємства «Державний університет «Київський авіаційний інститут» (далі – КАІ) за спеціальністю G12 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка» і передбачає визначення рівня знань за напрямками професійної діяльності та формування контингенту здобувачів вищої освіти, найбільш здібних до успішного опанування відповідної Освітньо-наукової програми рівня «Доктор філософії».

Основу концепції підготовки аспірантів за спеціальністю G12 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка» складає системність, програмно-цільова спрямованість, націленість на формування високого професіоналізму, уміння вирішувати наукові та практичні завдання на рівні сучасних досягнень технічних наук.

Програма базується на освітніх програмах магістерської підготовки фахівців «Обладнання повітряних суден» та «Літаки і вертольоти» і складається з двох розділів, що охоплюють теоретичні питання циклічної міцності та ресурсу літальних апаратів, діагностики матеріалів і авіаційних конструкцій, контролю технічного стану авіаційної техніки та функціональних і рідинно-газових систем.

Вступний іспит проходить в усній формі з викладенням членам предметної комісії відповідей на питання екзаменаційного білету.

Вступник повинен продемонструвати фундаментальні, професійно-орієнтовні знання та уміння, здатність творчо мислити, вирішувати типові професійні завдання, передбачені програмою вступу.

Знання та вміння, продемонстровані вступниками до аспірантури на вступних випробуваннях зі спеціальності, оцінюватимуться за 100-200-бальною шкалою:

- 0-100 балів - незадовільно;
- 101-174 бали - задовільно;
- 175-189 балів - добре;
- 190-200 балів - відмінно.

Організація вступного випробування здійснюється відповідно до Правил прийому до аспірантури КАІ у 2025 році, затверджених рішенням Вченої ради КАІ від 19 березня 2025 року (протокол № 4) та введених в дію наказом в.о. президента № 201/од від 21 березня 2025 року.

## **РОЗДІЛ І. МІЦНІСТЬ, РЕСУРС ТА КОНТРОЛЬ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ (ЛА)**

### **Тема 1.1. Навантажування літальних апаратів**

Сили, що діють на літак у польоті. Поняття перевантаження. Перевантаження в криволінійному польоті. Перевантаження мас, що не лежать у центрі мас літака. Граничні перевантаження. Перевантаження літака при польоті в неспокійному повітрі. Коефіцієнт безпеки. Норми міцності літаків.

### **Тема 1.2. Механіка руйнування**

В'язкий і крихкий типи руйнування. Енергетичні критерії руйнування. Деформаційні критерії руйнування. Коефіцієнт концентрації напружень. Зона пластичної деформації перед тріщиною. Розрахунок елементів конструкцій на тріщиностійкість. Залишкова міцність авіаційних конструкцій. Визначення залишкової довговічності елементів конструкцій з тріщиною. Вплив експлуатаційних, конструктивних та технологічних факторів на характеристики опору руйнуванню. Механіка втомного руйнування. Механізми росту втомних тріщин.

### **Тема 1.3. Міцність та довговічність конструкційних матеріалів**

Теоретична і практична міцність. Міцність при складному напруженому стані. Тривала міцність. Міцність при динамічному навантажуванні. Концентрація напружень. Ударна міцність. Малоциклова втома. Фізична природа пластичного деформування. Особливості зародження тріщин при втомі. Множинне руйнування. Заходи щодо підвищення міцності при втомі. Випробування конструкційних матеріалів на міцність та довговічність.

### **Тема 1.4. Сучасні методи розрахунків на міцність**

Розрахунок на міцність деталей літальних апаратів методом скінченних елементів. Розрахунок критеріїв механіки руйнування деталей літальних апаратів методом скінченних елементів. Методи розрахунку на міцність деталей літальних апаратів в умовах, що моделюють особливості експлуатаційних навантажень. Чисельно-експериментальні дослідження пружно-деформованого стану конструктивних елементів літака з урахуванням експлуатаційних та ремонтно-технологічних факторів.

### **Тема 1.5. Міцність та ресурс конструктивних елементів ЛА**

Елементи конструкції літальних апаратів та їх навантажування. Обшивка і її несуча здатність. Міцність стрингерів, монолітних панелей, лонжеронів, нервюр. Навантажування та розрахунок крила на міцність. Навантажування та розрахунок на міцність оперення та механізації, фюзеляжу, герметичної кабіни, вузлів з'єднання, шасі та їх елементів. Методи та моделі підсумовування пошкоджень. Багатоосередкове пошкодження. Живучість конструкційних елементів літака. Принцип безпечної пошкоджуваності. Нормування міцності та довговічності авіаційних конструкцій. Стендові випробу-

вання авіаційних конструкцій на міцність та довговічність. Прогнозування ресурсу на стадії проектування. Визначення безпечного ресурсу. Конструктивні заходи продовження ресурсу авіаційних конструкцій. Принцип допустимої (безпечної) пошкоджуваності. Приклади.

#### **Тема 1.6. Корозія авіаційних конструкцій та методи антикорозійного захисту.**

Умови, необхідні для протікання корозійного процесу. Роль механічного навантажування в прискоренні процесу корозії. Види корозії. Гальванічний ряд. Фактори, що впливають на інтенсивність корозійного процесу. Функціональні електроліти. Конструкційні матеріали і їх взаємодія з електролітами. Особливості корозії несучих елементів планера літака. Основні та додаткові методи захисту від корозії. Плівкоутворюючі сполуки з інгібіторами корозії. Комплексна оцінка протикорозійних матеріалів з метою запобігання негативних побічних ефектів. Катодний захист металевих конструкцій.

#### **Тема 1.7. Процеси пошкоджуваності та діагностика міцності матеріалів**

Феноменологічне представлення деградації міцності конструкцій як розвиток процесу пошкоджуваності матеріалу. Приклади структурних схем зміни технічного стану об'єкту в процесі експлуатації. Деградація міцності матеріалів у часі. Характеристики втомної міцності, довготривалої міцності, корозії, зношування. Фізичні основи міцності металічних матеріалів. Дислокації і їх роль в формуванні пластичної деформації та дефектів структури конструкційних матеріалів. Ознаки критичного руйнування поверхневих шарів підшипників і зубців шестерень. Механізм, приклади. Діагностика металевих конструкцій за станом поверхні. Методи і засоби контролю. Мікро та нанотвердість матеріалів. Контроль фізико-механічних властивостей поверхневих шарів методами індентування та склерометрії. Засоби контролю. Дефекти механічної обробки деталей, приклади. Види зношування типових вузлів конструкцій авіаційної техніки. Приклади, діагностичні ознаки. Дефекти композиційних матеріалів і їх діагностичні ознаки. Основні види дефектів багатшарових конструкцій з полімерних композиційних матеріалів.

#### **Тема 1.8. Діагностика і контроль технічного стану авіаційних конструкцій (АК).**

Особливості діагностики та контролю технічного стану АК. Методи діагностики АК. Структура діагностики технічного стану АК. Діагностичні параметри АК та методи їх оцінки. Діагностичні ознаки несправностей АК. Правила прийняття рішень в процесі діагностування АК. Типові відмови та несправності вузлів та агрегатів АК. Датчики-сенсори для реєстрації пошкоджуваності, що вбудовані в авіаційні конструкції. Типи, принципи роботи. Бортові та наземні автоматизовані системи моніторингу технічного стану АК в експлуатації. Діагностика АК за параметрами вібрації та шуму.

### **Тема 1.9. Структурно-чутливі сенсори втоми.**

Феноменологічні основи сучасних сенсорів втомного пошкодження. Монокристалічні сенсори втоми. Закономірності процесу накопичення втомного пошкодження алюмінієвих монокристалів. Кристалографія процесу формування поверхневого рельєфу в металевих моно- та полікристалах. Можливості керування чутливістю сенсорів втоми. Визначення критичних елементів конструкцій і вимоги до методу кріплення сенсорів на конструктивних елементах. Безпосередній контроль втомного пошкодження по показникам деформаційного рельєфу поверхні несучих елементів конструкції.

## **РОЗДІЛ II ФУНКЦІОНАЛЬНІ ТА РІДИННО-ГАЗОВІ СИСТЕМИ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ**

### **Тема 3.1. Джерела гідравлічної і пневматичної енергії на літальних апаратах (ЛА)**

Типова структура гідросистеми літака, основні елементи гідросистеми, їх призначення та параметри, засоби резервування гідросистеми для забезпечення вимог з відмовобезпеки.

Генератори енергії рідини та газу на літальному апараті. Основні типи авіаційних гідронасосів. Вимоги до авіаційних об'ємних насосів.

Загальна теорія роторних об'ємних насосів постійної подачі. Типи витрат енергії та ККД насосів. Основні параметри та характеристики насосів. Вплив конструктивних та експлуатаційних факторів на характеристики насосів. Засоби боротьби з кавітацією.

Насоси змінної подачі. Конструктивні схеми регуляторів подачі. Розрахунок параметрів насосу з регулятором подачі.

Контроль технічного стану насосу. Типові дефекти та несправності насосів. Випробування насосів. Типи випробувань. Випробувальне обладнання та стенди.

Газогідравлічні акумулятори. Призначення. Вимоги. Конструктивне виконання. Робочий процес. Розрахунки параметрів. Корисний об'єм. Енергоємність. Випробування, техніка безпеки. Контроль технічного стану. Типові дефекти та відмови у роботі. Порядок розрахунку та проектування газогідравлічних акумуляторів.

Газові балони високого тиску. Призначення. Балони для стислого повітря, азоту, кисню та вогнезахистних речовин. Робочі процеси у балонах при заряджанні та спорожненні балонів. Розрахування процесу спорожнення газового балону. Вимоги до посудин високого тиску.

Піротехнічні джерела газової енергії на ЛА. Призначення, Особливості використання. Основні параметри. Вимоги до піротехнічних пристроїв на борту ЛА.

Пневматичні об'ємні машини. Поршневі компресори. Призначення. Індикаторна діаграма. Подача. Мертвий простір. Потужність та ККД. Багатоступінчаті стиснення. Вимоги до компресорів. Особливості розрахунку та проектування.

### **Тема 3.2. Споживачі енергії рідинно-газових систем ЛА**

Класифікація споживачів РГС на ЛА, оберненість об'ємних гідравлічних та пневматичних машин. Реверсивні та неревверсивні гідро- та пневмодвигуни зворотно-поступового та обертового руху.

Гідро- та пневмодвигуни обертового руху. Вимоги до авіаційних гідро- та пневмодвигунів. Особливості конструкції поршневих та шестеренних гідродвигунів. Вплив на характеристики гідродвигунів конструктивних та експлуатаційних факторів. Способи регулювання швидкості гідродвигунів.

Випробування гідродвигунів. Контроль технічного стану. Типові дефекти та несправності. Послідовність розрахунків та проектування гідродвигунів поступового та обертового руху.

### **Тема 3.3. Апаратура регулювання рідинно-газових систем ЛА**

Регулятори тиску рідини та газу, запобіжні та перепускні клапани прямої дії та з серводією. Робочий процес. Розрахункові схеми та математичні моделі клапанів. Перепадно-витратні характеристики регуляторів тиску. Статична помилка регулятора. Аналіз впливу конструктивних та експлуатаційних параметрів на перепадно-витратну характеристику регулятора тиску. Послідовність розрахунку та проектування регуляторів тиску.

Редукційні клапани. Особливості робочого процесу. Розрахункова схема та математична модель клапана. Перепадно-витратна характеристика редукційного клапана. Вплив конструктивних параметрів клапана на характеристику. Динаміка редукційного клапана. Дросель типу діафрагми. Витратно-перепадна характеристика діафрагми. Коефіцієнти витрат, швидкості та стиснення струменя в отворі у тонкій стінці, їх залежність від числа Рейнольдса при роботі на рідині. Особливості роботи діафрагми на повітрі. Дросельні пакети. Основні розрахунки. Витратно-перепадна характеристика дросельного пакету. Регулюючі дроселі з циліндричною, конічною, шаровою та іншими формами дросельного отвору. Схеми, конструкції та характеристики регулюючих засобів.

Регулятори витрат. Стабілізатори, обмежувачі та дозатори витрат. Призначення. Принципи дії. Конструктивні схеми. Робочі процеси. Характеристики. Розрахунки основних параметрів.

Класифікація гідро- пневморозподільвачів. Вимоги до розподільної апаратури. Розподільвачі з циліндричним та плоским золотником. Принципові та конструктивні схеми. Гідростатичні та гідродинамічні сили. Позитивне та негативне перекриття. Сили тертя у золотниковій парі та вплив її геометрії на силу тертя. Герметичність. Облітерація та витрати рідини у золотниковій парі. Щільні ущільнювачі. Переваги та недоліки розподільвачів з циліндричним золотником. Гідророзподільвачі з плоским золотником. Конструктивні особливості. Герметичність. Вимоги до точності деталей розподільвачів. Переваги та недоліки розподільвачів з плоским золотником. Розподільвачі пробкового та клапанного типу. Особливості конструкції. Переваги та недоліки. Розподільвачі з серводією типу «сопло-заслонка» та «струменева трубка». Розподільвачі з зворотними зв'язками по положенню, тиску, ви-



тратам, швидкості та силі. Конструктивні схеми. Динамічні явища. Кавітація та ерозія проточної частини. Характеристики, визначаючі параметри. Типові дефекти. Послідовність розрахунку та проектування гідро- та пневморозподільовачів.

#### **Тема 3.4. Кондиціонери робочого тіла рідинно-газових систем ЛА**

Вимоги до чистоти робочих рідин та газів. Класи чистоти по ГОСТ 17261-71. Методи забезпечення чистоти. Типи та джерела забруднення РГС ЛА. Авіаційні фільтри. Тонкість фільтрації. Типи фільтроелементів, Характеристики фільтрів. Очищення рідин у силових полях. Відцентрові та електрофізичні фільтри, їх переваги та недоліки. Повітроочисники та вологовідокремлювачі. Принцип дії та конструкція. Проблеми охолодження та підігріву робочого тіла РГС ЛА, Охолоджувачі теплообмінні апарати, регулятори температури. Конструкції. Робочі процеси. Ефективність. Теплові розрахунки. Особливості проектування.

#### **Тема 3.5. Ущільнюючі пристрої агрегатів та апаратури рідинно-газових систем ЛА**

Внутрішня та зовнішня герметичність. Ущільнення рухомих та нерухомих з'єднань, штоків та валів. Матеріали ущільнень. Ущільнення гумовими кільцями та принцип їх роботи. Вплив натягу на герметичність та ресурс ущільнень. Геометрія та форма канавок під гумові кільця. Спеціальні конструктивні рішення, скеровані на забезпечення герметичності та ресурсу ущільнень. Манжетні ущільнення. Принцип дії V та У-подібних манжет. Розпирні та опорні кільця. Матеріали, герметичність та ресурс манжет. Шевронні манжети та манжети іншого профілю, їх переваги та недоліки. Високотемпературні ущільнення, конструкції, матеріали. Ущільнення обертаючих валів. Манжетні ущільнення, конструкції, герметичність, ресурс, вимоги відносно точності виготовлення деталей, матеріали.

#### **Тема 3.6. Загальні поняття про функціональні і рідинно-газові системи літальних апаратів.**

Класифікація РГС. Вимоги норм льотної придатності до РГС літаків і вертольотів. Типи РГС. Умовні позначення

#### **Тема 3.7 Паливні системи**

Паливні системи ЛА. Призначення. Складові системи. Магістралі подачі палива до двигунів. Перекачка палива.

Сучасні тенденції та перспективи розвитку паливних систем ЛА Аналіз паливних систем ЛА. Узагальнена структура паливних систем та основні параметри, які визначають модель проекту. Вимоги АП-25 та нормативно-технічної документації. Умови надійності, масові та об'ємні вимоги. Експлуатаційна надійність та технологічність Компоновка паливних систем на ЛА. Поняття функціональної підсистеми. Склад функціональних підсистем. Принципіальні схеми в умовних позначеннях по ЕСКД.

Схеми паливних систем з урахуванням реалізації висунутих технічних вимог та вимог нормативних документів.

Паливні баки. Розміщення на ЛА відсіків для паливних баків в залежності від його призначення, розміщення, призначення та конструктивної схеми бака, льотно-технічних характеристик ЛА та загальної компоновки ЛА. Проектування систем подачі палива до двигунів.

Методи зменшення невикористаного залишку палива, запобігання накопичування води та забруднень в паливних баках.

Магістралі перекачки палива. Основна, допоміжна та балансувальна перекачка палива. Основна система перекачки, вимоги. Перекачка при допомозі електроприводних та струменевих насосів та підбір.

Структурні схеми перекачки. Системи керування перекачкою, регулювання рівня палива в витратному баці.

Способи заправки баків паливом та порівнювальна характеристика. Вимоги АП-25 до системи ЦЗП. Розробка принципової схеми ЦЗП з урахуванням пред'явлених вимог. Засоби аварійного припинення заправки.

Гідравлічний розрахунок та вибір параметрів системи. Підбір стандартних, уніфікованих агрегатів та конструювання спеціальних агрегатів та вузлів.

Системи дренажу та наддування паливних баків. Системи зливу палива. Типи систем дренажу. Системи дренажу закритого типу.

Магістралі зливу палива. Злив палива на землі. Розробка елементів зливу, їх розміщення на ЛА. Централізований злив відстою палива. Конструктивні рішення, направлені на підвищення ефективності та експлуатаційної технологічності зливу відстою.

### **3.8. Проектування гідравлічних та пневматичних систем літальних апаратів.**

ГПС сучасних літаків. Типи систем та схеми. Математичні моделі в проектуванні ГПС. Цільові функції - критерії оптимізації. Основні вимоги до ГПС: потужність; структурна та експлуатаційна надійність, обмеження об'єму та маси, умови стандартизації та уніфікації; економічна ефективність, теплові режими роботи. Вимоги АП-25 та норм ІКАО.

Методи визначення областей існування проектів. Методи лінійного програмування (задача, розподілу маси поміж складовими частинами блока живлення системи). Динамічне програмування (синтез структур гідравлічних систем). Аналіз оптимальних структур ГС та компоновка на ЛА.

Розробка технічних вимог до ГПС. Розробка структурної схеми. (блок-схеми) з урахуванням сформульованих вимог і вимог технічно-нормативних документів. Обґрунтування ТЗ на розробку окремих частин ГПС та пристроїв. Видання нормативно-технічної документації. Напівнатурне моделювання на імітаційних стендах. Корегування та видання конструкторської документації. Сертифікація ГПС літака та її комплектуючих виробів.

Джерела живлення ГС ЛА. Розрахунки одно контурних і багатоконтурних систем. Засоби забезпечення пріоритетного живлення РП та РА систем керування літака. Захист систем живлення РП та РА у разі розгерметизації

ГС. Резервне живлення РП та РА Забезпечення потрібних температурних режимів ГС.

### **3.9. Силові гідравлічні системи керування літальними апаратами.**

Гідравлічні передачі. Класифікація та області застосування в авіації. Гідростатичні (об'ємні) передачі. Схеми. Оборотно-об'ємні гідромашини. Робочий об'єм, крутильний момент та частота обертання. Механічні характеристики. Об'ємний та дросельний засіб регулювання частоти обертання. Оптимізація навантаження. Гідростатичні передачі сталої частоти обертання. Гідромеханічні передачі сталої частоти обертання (ПСЧО) та застосування на літаках. Гідродинамічні передачі. Схеми, параметри та характеристики гідромуфта та гідротрансформаторів. Застосування в авіації.

### **3.10. Гідравлічні системи керування убиранням та випуском шасі.**

Основні вимоги. Принципові схеми та агрегати. Синхронізація убирання та випуску опор літака. Вибір параметрів корегувальних дросельних пакетів. Демпфірування силових циліндрів у кінці робочого ходу, узгоджувальні клапани забезпечення послідовності операцій. Запобігання аварійних ситуацій (убирання шасі на землі, посадка з загальмованими колесами). Системи керування рухом літака на землі.

Система керування поворотом коліс шасі. Діючі сили. Схеми гідросистем повороту коліс та пристрої. Динаміка руху літака з гальмуванням та поворотом коліс. Дистанційні системи керування поворотом коліс шасі.

### **3.11. Пневматичні системи (ПС) ЛА.**

Застосування пневматичних систем з метою механізації та автоматизації процесів керування ЛА Функції ПС, особливості та недоліки. Вимоги. Газодинамічні розрахунки ПС. Витрати енергії. Рух газу в циліндричному газопроводі. Розрахунки витрати газу.

Джерела, та споживачі енергії стиснутого газу пневматичних систем. Авіаційні компресори високого тиску. Індикаторна діаграма.

### **3.12. Системи життєзабезпечення комфорту та захисту ЛА**

Призначення системи підготовки повітря та кондиціювання повітря ЛА. Герметичні кабіни ЛА. Призначення, вимоги, класифікація. Герметизація, допустимі втрати повітря, газодинамічний розрахунок протікання повітря з гермокабіни (ГК). Тепловий та звуковий захист ГК. Проектування системи забезпечення температурних режимів ГК. Засоби вентиляції ГК. Тепловий розрахунок ГК. Методи аналізу схем вентиляції, вибір схеми вентиляції гермокабіни.

Системи кондиціювання повітря (СКП). Призначення, вимоги, класифікація. Принципові схеми СКП повітряного і випарювального циклів. Агрегати СКП: повітрозбірники, теплообмінники, турбоохолодильники, вихрові труби, обігрівачі, зволожувачі, глушники та ін. Проектування СКП. Вимоги до СКП та визначення розрахункових умов. Контрольно-вимірювальні засоби. Оцінка енергетичної ефективності. Забезпечення надійності СКП.

Системи підготовки повітря (СПП). Призначення, вимоги. Джерела стиснутого повітря ЛА та параметри повітря. Принципові схеми СПП. Агрегати СПП та запірно-регулююча апаратура. Тепловий та газодинамічний розрахунок.

Системи розподілу повітря в ГК. Вимоги, засоби розподілу повітря в ГК, агрегати. Гідравлічний розрахунок системи, оптимізація параметрів.

Система управління та регулювання параметрів повітря в СКП. Призначення, вимоги, засоби регулювання тиску, витрати і температурного режиму. Органи керування та засоби індикації роботи СКП. Вибір типу системи управління та регулювання параметрів повітря в СКП.

Система автоматичного регулювання тиску (САРТ). Призначення, вимоги, класифікація. Закони регулювання тиску повітря в ГК. Агрегати САРТ. Технічна документація.

Системи кисневого та димозахисного обладнання. Призначення та вимоги, класифікація. Типові схеми кисневого обладнання: замкнуті, розімкнуті, постійною та перериваною подачею кисню. Джерела кисню. Редуктори, кисневі маски, скафандри. Розрахунки кисневої системи.

Системи охолодження. Призначення, вимоги. Джерела охолоджуючого повітря на ЛА. Термодинамічні основи та методи охолодження. Системи повітряного та рідинного охолодження. Випарювальне, радіаційне охолодження. Агрегати системи охолодження повітря. Вибір принципової схеми системи охолодження та проектування. Тепловий та гідравлічний розрахунок. Вибір параметрів контролю та контрольно-вимірювальна апаратура.

Протикригові системи (ПКС) ЛА. Фізичні умови обмерзання літальних апаратів, та вплив обмерзання на льотні характеристики ЛА та на двигуни. Призначення та вимоги. Класифікація ПКС, конструкція та типи ПКС. Агрегати і сигналізатори роботи ПКС. Проектування ПКС. Гідравлічний розрахунок повітряно-теплової системи.

Протипожежні системи (ППС) ЛА. Джерела та специфіка пожежі та вибухів на ЛА. Методи підвищення пожежної та вибухової безпеки, конструктивні заходи, які запобігають виникненню пожежі на ЛА. Системи пожежної сигналізації. Призначення, основні технічні дані, конструкція. Вимоги норм льотної придатності. Визначення потрібної кількості вогнегасячої речовини, та набір вогнегасників. Автоматичне ручне гасіння пожежі, робота системи при вимушеній посадці. Засоби індикації і контролю. Захист від пожежі вантажних відсіків, пасажирських салонів, туалетів, двигунів. Системи нейтрального газу паливних баків та пожежонебезпечних відсіків. Генератори нейтрального газу. Основні елементи системи нейтрального газу. Технічна експлуатація протипожежного обладнання.

### **3.13. Системи керування літальних апаратів.**

Вимоги до характеристик стійкості і керованості ЛА. Класифікація систем штурвального керування (СШК). Основні вимоги до СШК. Системи з безпосереднім керуванням рульовими поверхнями ЛА. Органи та важелі керування, Механічна проводка керування. Основні параметри і характери-

ки механічних проводок керування. Динамічні параметри механічних проводок керування. Тримування зусиль в системі керування. Методи і засоби забезпечення характеристик керованості при виникненні відмов в системах керування рульовими поверхнями. Гідромеханічні системи бустерного керування. Типові структурні схемипобудови гідромеханічних систем бустерного керування по усім каналам. Компенсатори сил тертя. Вибір параметрів та характеристик рульових приводів систем бустерного керування. Забезпечення необхідного рівня характеристик стійкості і керованості ЛА. Штучне завантаження важелів, тримування зусиль, автомати зусиль, система автоматичного завантаження. Характеристики. Засоби зміни коефіцієнта  $k_{ш}$ . Системи часткової автоматизації керування літаком. Автомати балансування, демпфери тангажа, рискання, крену, автомати повздовжнього і бокового керування. Системи поліпшення стійкості і керованості. Сервоприводи, підключення сервоприводів. Системи обмеження граничних режимів польоту. Електродистанційні системи керування ЛА. Принципові схеми, класифікація. Електрогідравлічні приводи. Характеристики. Типові закони керування.

Системи керування механізацією. Призначення та особливості побудови системи керування механізацією крила (СУМК). Способи регулювання аеродинамічних характеристик крила на усіх режимах польоту. Вимоги до СУМК сучасного літака. Особливості схемних рішень. Автоматизація СУМК. Системи керування закрилками і передкрилками. Типові схеми системи керування закрилками і передкрилками.. Вимоги до цих систем. Вибір основних параметрів. Система керування спойлерами і інтерцепторами. Вимоги, вибір параметрів. Приводи систем керування механізацією крила.

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

### ОСНОВНІ ЛІТЕРАТУРНІ ДЖЕРЕЛА ДО РОЗДІЛУ I

1. Андрейків О., Скальський В., Сулим Г. Теоретичні основи методу акустичної емісії в механіці руйнування - Львів: СПОЛОМ, 2007.- 480 с.
2. Долгов О. М. Механіка руйнування: підручник / О. М. Долгов; МОН України, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» . – Дніпро : НТУ « Дніпровська політехніка » , 2019. – 166 с.
3. ДСТУ 2865-94 Державний стандарт України. Контроль неруйнівний. Терміни та визначення. К.: Держстандарт України, 1994. - 71 с.
4. ДСТУ 2444-94 Державний стандарт України. Розрахунки та випробування на міцність. Опір втомі. Терміни та визначення. - К.: Держстандарт України, 1994. - 71 с.
5. Білокур І.П., В.А. Коваленко. Дефектоскопія матеріалів і виробів. – К.: Техніка, 1989. . – 192 с.
6. Бондаренко С.Г. Основи технології машинобудування: Навчальний посібник. – Львів: «Магнолія 2006», 2007. – 500 с.
7. Егоров А.Е., Азаров Г.Н., Коваль А.В. Исследования устройств и систем автоматики методом планирования эксперимента. – Харків: «Вища школа», 1986. – 238 с.
8. Енциклопедія безпеки авіації / В.П. Бабак, В.П. Харченко, М.С. Кулик, А.Г. Кучер, С.Р. Ігнатович та інш.; Під ред. В.П. Бабака. – К.: Техніка, 2008. – 1000 с.
9. Ігнатович С.Р., Карускевич М.В. Моніторинг відпрацювання втомного ресурсу літальних апаратів. К.: НАУ. – 2014. – 260 с.
10. Остап О.П. Механіка руйнування та міцність матеріалів. Довідковий посібник. Т.15. Структура матеріалів і втомна довговічність елементів конструкцій. Під ред. В.В. Панасюка. – Львів: СПОЛОМ, 2015. – 312 с
11. Ресурс та довговічність авіаційної техніки: навч. посіб. / С.Р. Ігнатович, М.В. Карускевич, Т.П. Маслак, С.С. Юцкевич. – К.: НАУ, 2015. – 164 с. (Електронна версія).
12. Сопрунюк П.М., Юзевич В.М. Діагностика матеріалів і середовищ. Енергетичні характеристики поверхневих шарів. – Львів: ФМІ ім. Г.В. Карпенка НАН України, вид-во «СПОЛОМ». – 2005. – 292 с.
13. Трощенко В.Т., Хамаза Л.А. Механика рассеянного усталостного повреждения металлов и сплавов. – К.: ИПП НАН Украины, 2016. – 412 с.
14. Ясній П.В. Пиндус Ю.І., Ясній О.П. Міцність і довговічність елементів конструкцій за змінної амплітуди навантаження: монографія. – Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2013. – 173 с.
15. Karuskevich M.V. Service life and Durability. Lectures course. – К.: NAU, 2013. - 128 p.
16. Edward Ghali. Corrosion resistance of aliminium and magnesium alloys: Understanding, Performance, and Testing. A John Wiley, Unc. Publication, 2010.- 782 P.

17. Richard H.A., Sander M. Fatigue Crack Growth, Solid Mechanics and Its Applications. Springer International Publishing Switzerland, 2016 – 292 p.

### ОСНОВНІ ЛІТЕРАТУРНІ ДЖЕРЕЛА ДО РОЗДІЛУ II

1. Буренніков, Ю.А. Гідравліка, гідро-та пневмо-приводи: навчальний посібник/ Ю.А. Буренніков, І.А. Немировський, Л.Г. Козлов. – Вінниця: ВНТУ, 2013. – 273 с.
2. Гідравліка та гідропневмоприводи. Підручник. / В.О. Федорець, М.Н. Педченко, В.Б. Струтинський, М.В. Новік, О.В. Єлісєєв. – Київ: Вища школа, 1995. – 463с.
3. Лук'янов П.В. Інерційна стійкість як результат переносного та відносного обертань нестисливої рідини /П.В. Лук'янов //Наукові вісті НТТУ «КП». – 2014, -- № 4(96). С. 133-138.
4. Лук'янов П.В. Оптимальное течение жидкости в плоском канале при наличии легко проникающей шероховатости / П.В. Лукьянов // Промислова гідравліка і пневматика. – 2019, -- №1(63). С. 25 —34 .
5. Лук'янов П.В. Стационарное турбулентное течение с винтовой симметрией несжимаемой жидкости в круглой прямолинейной трубе. / П.В. Лукьянов // Промислова гідравліка і пневматика. – 2021, -- №1(65). С. 17 —26
6. Моклянчук М.П. Варіаційне числення. Екстремальні задачі. Підручник. – К: Видавничо-поліграфічний центр „Київський університет”, 2009 – 380 с.
7. Розповідова Ю.Б. Математична модель гідравлічного приводу обертального руху з об'ємним регулюванням/Ю.Б. Рассказова // Вісник Східноукраїнського Національного університету імені Володимира Даля. - 2016, - № 2 (226). С. 70-75.
8. Bretheim J.U. Standard logarithmic mean velocity distribution in a band-limited restricted model of turbulent flow in a half-channel / J.U. Bretheim, C. Meneveau, D.F. Gayme // Phys. Fluids, 2015, 27, 011702.
9. Cochoy O. Concepts for position and load control for hybrid actuation in primary flight control// O. Cochoy, S. Hanke, and Carl UB – Aerosp. Technol. 2007; 11: 194—201.
10. Hirsch Charles. Numerical Computation of Internal and Internal Flows. V. 1. Fundamentals of Computational Fluid Dynamics / C. Hirsch. – Oxford: Elsevier, 2007. – 696 p.
11. Kolpak, E.P. Mathematical and Computer Modeling Vibrstion Protection System with Damper / E.P. Kolpak, S.I. Ivanov // Applied Mathematical Science – 2015. -- Vol. 9, no. 78. – p. 3875—3885.
12. Lukianov P.V. Optimal character and different nature of flows in laminar boundary layers of incompressible fluid flow/ P.V. Lukianov, L. Song // *Problems of friction and wear*. 2022 №4(97), p.61-69.

13. Maupertuis P.L.M. Accord de differentes loix de la nature qui avoient jusqu'ici paru inompatibles / P.L.M. Maupertuis // Memoires de l'Academie Royale des Sciences de Paris, 1744, 15 April, p. 417-426.
14. Mofakham A. A. Particles dispersion and deposition in inhomogeneous turbulent flows using continuous random walk models / A. A. Mofakham , G. Ahmadi // Phys. Fluids, 2019, **31**, 083301
15. Qiao G. A review of electromechanical actuators for More//All Electrical aircraft systems/ Guan Qiao, Geng Liu, Zhenghong Shi, Yawen Wang, Shangjan Ma and Teik C Lim -- J. Mechanical Engineering Science, 2018, Vol. 232(22) 4128—4151.
16. Stokes G.G. On the theories of the internal friction of fluids in motion, and the equilibrium and motion of elastic solids/ G.G. Stokes // Trans. Cambridge Philos. soc. 1845, Vol. 8, p.287-305.
17. Zeman P. Mathematical Modeling and Analysis of Hydrostatic Drive Train / P. Zeman, W. Kemmetmueler, A. Kugi // IFAC – Paper OnLine. - 2015, - 48 -1. P. 508-513.
18. Zeman P. Energy-efficient Constrained Control of Hydrostatic Power Split Drive /P . Zeman, W. KemmetmuelerA. Kugi // IFAC - Paper OnLine. - 2017, - 50-1. P. 4775-4780.