

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ АВІАЦІЙНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ

Найменування центрального органу управління освітою, власника

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заст. директора


Алла АДАМЕНКО

« 02 » 09 20 22р.

АЕРОДИНАМІКА

Назва навчальної дисципліни

ПРОГРАМА
навчальної дисципліни

підготовки фахового молодшого бакалавра

Назва освітньо-професійного ступеня

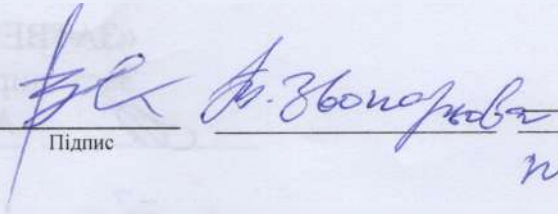
спеціальності 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка

Шифр і назва спеціальності

РОЗРОБЛЕНО ТА ВНЕСЕНО: Київським авіаційним фаховим коледжем

Повне найменування вищого навчального закладу

Розробник:

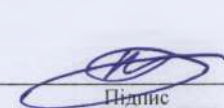

Підпис С. Звонарєва Виконав
першої категорії

Схвалено на засіданні циклової комісії
професійної та практичної підготовки

Назва циклової комісії

Протокол № 1, від «02» 09 2022р.

Голова циклової комісії


Підпис С. Толстої
Прізвище та ініціали

ВСТУП

Програма вивчення навчальної дисципліни «Аеродинаміка» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки фахового молодшого бакалавра спеціальності «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»

Предметом вивчення навчальної дисципліни є: сучасна аеродинаміка, основні напрямки та перспективи розвитку.

Міждисциплінарні зв'язки: вивчення дисципліни «Аеродинаміка» передує вивчення дисципліни «Фізика» та пов'язується з подальшим вивченням дисциплін: «Конструкція авіаційних ЛА», «Технологія складання та випробування авіаційних ЛА».

Програма навчальної дисципліни складається з таких змістових модулів:

1. Земна атмосфера.
2. Основні рівняння руху рідини та газу.
3. Ізоентропічна (безстрибкова) течія газу.
4. Аеродинамічні характеристики крила при малих швидкостях.
5. Аеродинамічні характеристики літальних апаратів.
6. Аеродинамічна характеристика крила та фюзеляжу при великих швидкостях.
7. Динаміка польоту та оцінка льотно-технічних характеристик ЛА.

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни «Аеродинаміка» є засвоєння загальних відомостей про закони руху рідини та газу, зрозуміти їх природу.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни «Аеродинаміка» є застосування законів аеродинаміки в вирішенні прикладних завдань аеродинаміки авіаційних ЛА.

1.3. Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні: **знати:**

- закони руху рідини та газів;
- течію дозвукових потоків газу;
- течію надзвукових потоків газу;
- характеристики крил різної форми в плані;
- підйомну силу крила та сили лобового опору;
- динаміку польоту літака;
- знати перспективу розвитку авіації.

вміти:

- давати оцінку впливу стисливості газу на аеродинамічні характеристики ЛА;
- враховувати вплив геометричних параметрів на льотно-технічні характеристики властивості ЛА.

На вивчення навчальної дисципліни відводиться 162 години за навчальним планом.

2. Інформаційний обсяг навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1: ЗЕМНА АТМОСФЕРА

Тема 1. Предмет «Аеродинаміка». Класифікація ЛА. Принципи польоту ЛА важчих повітря. Вчені в розвитку та становленні аеродинаміки як самостійного розділу механіки.

Тема 2. Основи аерогідродинаміки

Земна атмосфера, будова, властивості. Параметри повітря. Їх визначення, фізична сутність одиниці вимір, фізичні властивості. Будова атмосфери. Вплив висоти на параметри повітря.

Загальні поняття про стандартну атмосферу.

Змістовий модуль 2: ОСНОВНІ РІВНЯННЯ РУХУ РІДИНИ ТА ГАЗУ

Тема 3. Основні рівняння руху рідини та газу

Гіпотези та допущення в аеродинаміці, галузі застосування. Поняття про аеродинаміку розріджених газів.

Класифікація руху рідини. Вихрова та безвихрова течія.

Швидкості викликані вихором. Методи зображення.

Рівняння витрат рідини. Рівняння нерозривності та приклади практичного застосування.

Динаміка рідини та газу. Сили, діючі на частинку рідини. Поняття про шляхи рішення різних завдань обтікання тіл.

Рівняння Бернуллі для рідини та газу. Приклади практичного застосування (швидкісний напір та повний тиск, визначення швидкості потоку, температура та тиск гальмування) картина обтікання тіл нестисливою рідиною та сили, діючі на них, вплив форми тіла та положення в потоці на аеродинамічні спектри. Сили тиску, діючі на обтічні тіла.

Змістовий модуль 3: ІЗОЕНТРОПІЧНА (БЕЗСТРИБКОВА) ТЕЧІЯ ГАЗУ

Тема 4. Ізоентропічна (безстрибкова) течія газу. Звук і природа звуку

Швидкість звуку в газі. Розповсюдження звукових хвиль (малих збурень) в потоці газу. Способи визначення числа M (Маха).

Аналіз рівняння Бернуллі для газу та залежність параметрів газу від швидкості газового потоку. Поняття про критичну швидкість течії. Надзвукове сопло (сопло Лаваля).

Обтікання зовнішнього тупого кута та випуклої криволінійної поверхні надзвуковим потоком.

Тема 5. Течія газу з утворенням стрибків ущільнення

Фізична сутність утворення стрибків ущільнення (ударних хвиль).

Зміна параметрів газу в стрибках ущільнення. Прямі та косі стрибки ущільнення та особливості їх виникнення. Фактори, які впливають на форму стрибків ущільнення. Приклади обтікання тіл надзвуковим потоком.

Тема 6. Прикордонний шар

Загальні відомості про течію в'язкого газу в прикордонному шарі. Типи прикордонних шарів. Положення краплі (області) переходу в залежності від різних факторів. Вплив шорсткості поверхні та стисливості газу на течію в прикордонному шарі.

Коефіцієнт опору тертя плоскої пластинки.

Поняття про профільний опір та способи його зменшення (ламінарні профілі, керування ламінарним обтіканням, та інші)

Відрив прикордонного шару та в'язкий кризис при зривному обтіканні. Поняття про методи керування прикордонним шаром.

Взаємодія прикордонного шару та стрибків ущільнення, хвильовий зрив.

Тема 7. Аеродинамічний нагрів

Змінна температури в перерізі прикордонного шару. Температура теплоізолюваної стінки.

Рівняння теплового балансу. Фактори впливу на аеродинамічний (АД) нагрів ЛА. Тепловий бар'єр та основні способи зниження АД нагріву (траєкторія польоту, тепловий захист, охолодження).

Роль та завдання експериментальної аеродинаміки.

Повна АД сила та повний АД момент. Система вісей координат: швидкісна та зв'язана. Складові АД сили та моменту в швидкісній та зв'язаній системі координат.

Типи АД труб, їх будова, обладнання та робота.

Тема 8. Аеродинамічна подібність та методи експериментального визначення аеродинамічних характеристик

Поняття про подібність фізичних явищ. Геометрична, кінематична та динамічна подібність. Поняття про основні критерії часткової подібності по в'язкості, стисливості та періодичності явищ: число Рейнольдса – Re , число Маха – M , число Струхала – Sh , число Фруда – Fr .

Види експериментальних дослідів. Методика експериментального визначення аеродинамічних параметрів: замір тиску, швидкість потоку, аеродинамічних сил та моментів, їх коефіцієнтів. Лютний експеримент.

Змістовий модуль 4: АЕРОДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КРИЛА ПРИ МАЛИХ ШВИДКОСТЯХ

Тема 9. Геометричні характеристики крила. Форми та параметри, які характеризують профіль крил. Форми крил в плані. Вид спереду. Поняття, які характеризують форму крил.

Кут установки крила. Кут поперечного « V ».

Поняття про геометричну та аеродинамічну крутку крила. Орієнтування крила в потоці: кут атаки, кут ковзання, кут крену.

Тема 10. Аеродинамічні характеристики крила.

Розподіл тиску по профілю крила на різних кутах атаки. Коефіцієнт тиску.

Побудова епюр тиску в залежності від кута атаки. Поняття про аеродинамічний фокус крила. Аеродинамічні сили, моменти та їх коефіцієнти.

Аналіз спектрів обтікання профілю крила: причини утворення та напрямок дії повної аеродинамічної сили крила. Розклад повної аеродинамічної сили крила на її складові по вісях швидкісної та зв'язаної с-м координат.

Підйомна сила крила. Фактори, які впливають на величину аеродинамічної сили крила. Графік $C_y = f(\alpha)$, його аналіз.

Сила лобового опору крила, її складові. Профільний та індуктивний опір крила, їх визначення, причини утворення, формули.

Фактори, які впливають на опір. Способи зменшення профільного та індуктивного опору крила. Графік $C_x = f(\alpha)$, його аналіз.

Тема 11. Аеродинамічна якість крила. Поляра. Механізація. Аеродинамічна якість, її залежність від різних факторів. Графік $K = f(\alpha)$, його аналіз. Способи збільшення $[K]$. Поляра крила $C_y = f(C_x)$, її побудова, визначення характерних кутів атаки

Призначення та основні види механізації крила, принцип їх дії. Нові види механізації крила.

Поняття про струменну механізацію. Принцип дії та ефективність системи керування прикордонним шаром.

Змістовий модуль 5: АЕРОДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Тема 12. Підйомна сила та сила лобового опору

Аеродинамічна інтерференція між фюзеляжем, крилом та оперенням в різних діапазонах швидкостей. Вплив інтерференції на аеродинамічні характеристики ЛА. Заходи по зменшенню негативного впливу інтерференції.

Підйомна сила ЛА. Вплив оперень різного типу на підйомну силу. Сила лобового опору ЛА. Зведення лобових опорів. Вплив інтерференції на лобовий опір ЛА.

Поляра та аеродинамічна якість ЛА. Побудова поляри та її аналіз. Поляри ЛА для різних чисел M , їх характерні особливості. Шляхи підвищення K_{max} в різних діапазонах чисел M .

Тема 13. Аеродинамічне компонування ЛА

Аеродинамічне компонування ЛА, основні вимоги та засоби, які застосовуються. Правило площ, «диференціальне» правило площ. Основні типи

аеродинамічних компонувань ЛА: ЛА з крилом прямої (КПС) та зворотної стріловидності (КЗС), з трикутним та прямим крилом. ЛА, які використовуються по схемі «качка», «безхвістка» та адаптованим крилом. ЛА з змінною в польоті геометрією крила.

Переваги та недоліки різних аеродинамічних компонувань.

Проблеми аеродинаміки пов'язані з забезпеченням економічності, надійності та безпечності польоту при надзвукових швидкостях.

Змістовий модуль 6: АЕРОДИНАМІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА КРИЛА ТА ФЮЗЕЛЯЖУ ПРИ ВЕЛИКИХ ШВИДКОСТЯХ

Тема 14. Аеродинамічні характеристики крила при великих швидкостях

Вплив стислості повітря на коефіцієнт тиску. Вплив стисливості на коефіцієнт підйомної сили, лобового опору та моменту тангажу.

Тема 15. Аеродинамічні характеристики крила на навколо звукових швидкостях

Критичне число M та його залежність від різних факторів.

Способи збільшення $M_{кр}$ (застосування стріловидності крил, суперкритичність профілів).

Хвильовий опір його фізична сутність. Залежність коефіцієнтів C_y , C_x , m_z , та C_{xi} від числа M . Поняття про критерії транзвукової та надзвукової подібності.

Тема 16. Аеродинамічні характеристики крила при надзвукових швидкостях

Картина обтікання плоскої пластинки під кутом атаки та профілю надзвуковим потоком.

Особливості обтікання крила кінцевого розмаху надзвуковим потоком в залежності від форми крила в плані (стріловидність, напливи, крутка) Сім'я поляр крила в широкому діапазоні чисел M .

Тема 17. Аеродинамічні характеристики корпусів ЛА

Лобовий опір фюзеляжу при дозвукових швидкостях. Опір тертя, хвильовий опір, доний опір. Підйомна сила та момент тангажу фюзеляжу.

Змістовий модуль 7: ДИНАМІКА ПОЛЬОТУ ТА ОЦІНКА ЛЬОТНО-ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛА

Тема 18. Горизонтальний політ ЛА. Діапазон швидкостей

Основні режими польоту ЛА. Класифікація швидкостей польоту і повітряна швидкість, приладна, індикаторна та істинна швидкості польоту.

Горизонтальний політ ЛА: визначення, схема сил та умови виконання

Тяга та потужність, потрібні для горизонтального польоту. Графіки потрібної тяги та потужності від швидкості, горизонтального польоту, їх

побудова і аналіз. Залежність тяги та потужності від швидкості та висоти польоту. Поняття про розташовані тяги та потужності.

Тема 19. Набір висоти. Стелі

Схема сил та умов виконання набору висоти. Швидкість, тяга та потужність, потрібні для встановлення набору висоти. Надлишок тяги та потужності. Вертикальна швидкість набору висоти, визначення, формула та її аналіз.

Теоретична та практична стелі ЛА, їх визначення. Поняття про динамічну стелі ЛА. Залежність динамічних стель від числа M .

Тема 20. Зниження ЛА

Планування та зниження ЛА з працюючими двигунами. Визначення режиму польоту (перевантаження, швидкість зниження), схема сил та рівняння руху, далькість зниження (планування), визначення, формула, залежність від різних факторів. Поняття про пікірування ЛА.

Тема 21. Дальність та тривалість польоту

Дальність та тривалість польоту. Годинна та кілометрова витрати палива, їх залежність та висота польоту. Режим найбільшої дальності та тривалості польоту, приблизні формули для їх визначення.

Тема 22. Віраж ЛА

Правильний (сталій) віраж: визначення, схема сил та умови виконання, перевантаження при віражі, їх визначення та залежність від різних факторів. Радіус віражу.

Тема 23. Несталі режими польоту ЛА у горизонтальній та вертикальних площинах

Несталий віраж, бойовий розворот, гірка, пікірування, петля Нестерова. Шляхи підвищення маневрових засобів.

Тема 24. Зліт та посадка ЛА

Етапи злету ЛА, їх коротка характеристика.

Довжина та швидкість розбігу. Злітна дистанція, форми, шляхи підвищення безпеки польоту на етапі злету. Засоби зменшення довжини розбігу та злітної дистанції

Поняття перерваного та продовженого злету.

Етапи передпосадочного зниження та посадки, їх коротка характеристика.

Посадочна швидкість та довжина пробігу. Посадочна дистанція та способи її зменшення, близькі формули. Поняття про ЛА скороченого та вертикального злету та посадки.

3. Рекомендована література:

1. Котельніков Г.Н., Мамлюк О.В. , Сілков Ю.М. , Терещенко Ю.М. Аеродинаміка літальних апаратів // За ред. Ю.М. Терещенка. – К.: Вища освіта, 2002. – 256 с.
2. Байдаков В. Б., Клумов А. С. «Аэродинамика и динамика полета ЛА».
3. Кокушно Л. Х. «Основы аэродинамики»
4. Мартынов А. К. «Прикладная аэродинамика»
5. Прицкер Д. М., Сахаров Т. И. «Аэродинамика»
6. Методичний посібник до виконання лабораторної роботи з аеродинаміки»
7. Стандарти: ГОСТ23281-78; ГОСТ23199-78; ГОСТ20058-80; ГОСТ22833-77; ГОСТ21664-76; ГОСТ21890-76; ГОСТ21891-76; ГОСТ4401-81.
8. Аудіовізуальні засоби навчальної інформації
9. «Аеродинаміка авіації ЛА» Методичні вказівки, програмні питання, контрольні, самостійні, лабораторні, практичні заняття.

4. Форма підсумкового контролю успішності навчання: екзамен.

5. Засоби діагностики успішності навчання: дипломне проектування.