



Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»



Кафедра
Космічної інженерії

Аеродинаміка літальних апаратів

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти *Перший (бакалаврський)*

Галузь знань	13Механічна інженерія
Спеціальність	134Авіаційна та ракетно-космічна техніка
Освітня програма	Літаки і вертольоти
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	очна(денна)/ дистанційна
Рік підготовки, семестр	III курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	135 год. (4.5 кредитів)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua/
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: доцент ІАТ, к.т.н. Зінченко Д.М. +320632973370 Практичні / Семінарські: доцент ІАТ, к.т.н. Зінченко Д.М. Лабораторні:
Розміщення курсу	https://do.ipk.kpi.ua/course/index.php?categoryid=30

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Для інженера авіаційної та ракетно-космічної техніки, на відміну від інших інженерних спеціальностей, знання аеродинаміки літальних апаратів (ЛА) є критично необхідним, оскільки саме аеродинаміка має бути першоджерелом всіх конструктивних рішень на всіх етапах проектування ЛА, починаючи від ескізного проектування, завершуючи проведенням льотних випробувань. Всі без виключення проектні рішення з міцності, загального компоновання, проектування конструкції агрегатів ЛА та інш. базуються на результатах аеродинамічного розрахунку.

Дананавчальна дисципліна призначена для надання студентам базових знань в галузі аеродинаміки ЛА – щодо аеродинамічних характеристик складових ЛА, сучасних методик аеродинамічного розрахунку; програмного забезпечення, що застосовується на практиці, аналізу результатів аеродинамічного експерименту дослідних моделей в аеродинамічних трубах; зв'язку етапів аеродинамічного проектування ЛА із вимогами норм льотної придатності.

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів здатностей:

- виконувати розрахунок основних аеродинамічних характеристик літальних апаратів;
- виконувати аеродинамічне проектування як агрегатів конструкції ЛА так і комплексного компоновання ЛА ;
- визначати за результатами аеродинамічного розрахунку зовнішні аеродинамічні навантаження, що діють на агрегати ЛА;
- розробляти плани трубних аеродинамічних експериментів та керувати їх виконанням.

Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни студенти після засвоєння матеріалу мають продемонструвати такі результати навчання:

знання:

фізичних властивостей повітряного середовища та основні закони обтікання тіл повітряним потоком; аеродинамічних характеристик агрегатів ЛА та аеродинамічного компоновання ЛА ; основних засад сучасних методик аеродинамічного розрахунку; застосування результатів аеродинамічного розрахунку для визначення польотних обмежень, основних льотно-технічних характеристик, основних принципів формування керівництва з льотної експлуатації ЛА;

уміння:

виконувати аналіз аеродинамічних характеристик ; проводити статистичний аналіз аеродинамічних характеристик існуючих ЛА; визначати основні параметри аеродинамічні характеристики ЛА, стійкість та керованість ЛА, визначати вплив близькості поверхні землі та струменю працюючого рушія на аеродинамічні характеристики ЛА;

досвід:

створення аеродинамічного компоновання ЛА, розрахунку його аеродинамічних характеристик, аналізу результатів експерименту в аеродинамічній трубі, а також щодо складання та оформлення звітів за результатами розрахунку.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Вивчення цієї дисципліни вимагає наявності у студентів базових знань з курсів вищої математики, фізики, теоретичної механіки та аерогідромеханіки. Результати навчання з даної дисципліни можуть бути використані під час дипломного проектування.

3. Зміст навчальної дисципліни

Надається перелік розділів і тем всієї дисципліни.

Назви розділів і тем	Кількість годин				
	Всього	у тому числі			
		Лекції	Практичні (семінарські)	Лабораторні (Комп'ютерний практикум)	СРС
Тема .1. Аеродинаміка елементів ЛА		16	6	4	
Тема 2 Аеродинаміка загального компонування ЛА		10	8	14	
Тема 3. Експлуатаційні режими польоту ЛА.		10	4	-	
Контрольна робота	5.25				
Консультації до заліку	6.8				
Проведення заліку	2				
Всього годин:	135	36	18	18	48.95

Лекційні заняття.

№з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
Тема 1. Аеродинаміка елементів ЛА.	
1.	<p>Лекція 1. Аеродинаміка профілів (2 години)</p> <p>Характер обтікання профілю та розподіл тиску за його контуром. Опір профілю. Підймальна сила та момент тангажу профілю. Основні аеродинамічні характеристики профілів. Обтікання розрізного механізованого профілю. Вплив параметрів механізації на аеродинамічні характеристики профілю. Література: [1.1] с.13–50, 102 - 128 ; [1.2] с.215 - 232 ; [1.3] с.25 - 59 ; [2.1] с.7 - 20 ; [2.2] с.539 - 540 ;</p>
2.	<p>Лекція 2. Аеродинаміка крила скінченого розмаху. (2 години)</p> <p>Геометричні характеристики крила. Аеродинамічна модель крила скінченого розмаху. Індуктивний опір. Сили, що діють вздовж розмаху крила скінченого розмаху. Циркуляція вздовж розмаху крила. Розподіл коефіцієнтів підйальної сили та індуктивного опору із врахуванням розподілу циркуляції вздовж розмаху крила. Найвигідніша форма крила. Стрілоподібні крила. Крила малого видовження. Література: [1.1] с.51 - 100 ; [1.2] с.271 - 303 ; [1.3] с.60 - 112 ; [2.2] с. 541 ;</p>

3.	<p>Лекція 3. Максимальні несучі властивості крила. Аеродинаміка механізованого крила. (4 години)</p> <p>Аеродинаміка крила скінченого розмаху із задіяною механізацією. Ефективність різних типів механізації крила. Вплив параметрів механізації передньої та задньої крайки крила на її аеродинамічну ефективність. Вплив ефективності механізації крила на польотні обмеження та характерні швидкості літака на режимах злету та посадки. Вплив близькості поверхні землі на аеродинамічні характеристики крила із задіяною механізацією. Вплив струменю працюючого рушія на аеродинамічні характеристики крила скінченого розмаху.</p> <p><u>Література:</u>[1 . 1] с.129 - 154 ; [1 . 2] с.305 - 324 ; [1.3] с.149 - 184 ; [2.2] с. 568 - 592 ;</p>
4.	<p>Лекція 4. Аеродинаміка обтічних тіл. (2 години)</p> <p>Геометричні характеристики тіл обертання . Розподіл тиску по поверхні тіла обертання. Вплив параметрів компонування носової, центральної та хвостової частин фюзеляжу на аеродинамічний опір, підймальну силу та момент тангажу фюзеляжу. Вплив числа Рейнольдса на а.х. фюзеляжу</p> <p><u>Література:</u>[1 . 1] с.155 - 203 ; [1 . 2] с.359 - 365 ; [1.3] с.113 - 121 ; [2.2] с. 542 - 548 ;</p>

<u>Тема 1. Аеродинаміка елементів ЛА.</u>	
5.	<p>Лекція 5. Аеродинаміка органів керування та стабілізації. (2 години)</p> <p>Характер обтікання та аеродинамічні характеристики профілю із рульовими поверхнями. Аеродинаміка засобів повздовжнього та поперекового керування. Аеродинаміка вертикального оперення. Аеродинаміка інтерцепторів та спойлерів. Струменеві органи керування.</p> <p><u>Література:</u> [1.1] с.204 – 245; [1.2] с.366 - 372 ; [1.3] с.236 - 265 ; [2.2] с.549;</p>
6.	<p>Лекція 6. Інтерференція частин літального апарату. (2 години)</p> <p>Інтерференція крила та фюзеляжу. Інтерференція гондол рушіїв та крила. Інтерференція гондол рушіїв та фюзеляжу. Інтерференція крила та оперення. Скіс та гальмування течії.</p> <p><u>Література:</u> [1.1] с.246 – 265; [2.2] с.550 - 553;</p>
7.	<p>Лекція 7. Аеродинаміка повітряного гвинта та реактивного рушія. (2 години)</p> <p>Геометричні характеристики повітряних гвинтів. Дискова, струменева, вихорова та лопатева теорії повітряного гвинта. Аеродинамічні характеристики повітряних гвинтів. Розрахунок повітряних гвинтів. Аеродинаміка гондолої реактивного рушія. Аеродинаміка реактивного сопла.</p> <p><u>Література:</u> : [1.2] с.390 – 416; [1.4] с.4 – 70; [2.2] с.547 - 549;</p>
<u>Тема 2. Аеродинаміка загального компонування ЛА.</u>	
8.	<p>Лекція 8. Аеродинамічні характеристики літака в конфігурації крейсерського польоту. (3 години)</p> <p>Лобовий опір, підймальна сила та повздовжній момент літака із прибраною механізацією крила без оперення та за наявності оперення. Вплив критеріїв Маха та Рейнольдса на аеродинамічні характеристики літака. Поляра літака на малих швидкостях.</p> <p><u>Література:</u> [1.2] с.373 – 389; [2.2] с.414 - 416;</p>

9.	<p>Лекція 9. Аеродинамічні характеристики літака в конфігураціях взлету, посадки та уходу літака на друге коло. (3 години)</p> <p>Лобовий опір, підймальна сила та повздовжній момент літака із задіяною механізацією без оперення та за наявності оперення. Вплив критеріїв Маха та Рейнольдса на аеродинамічні характеристики літака в конфігураціях злету та посадки. Поляра літака на малих швидкостях. Вплив струменю рушія на а.х. літака.</p> <p>Література: [1.2] с.373 – 389; [2.2] с.414 - 416;</p>
10.	<p>Лекція 10. Балансування, стійкість та керованість літака. (2 години)</p> <p>Вимоги норм льотної придатності що до ефективності органів керування та балансування літака. Повздовжня та бічна стійкість та керованість. Необхідний запас ефективності оперення в разі відмови рушія. Мінімальні еволютивні швидкості.</p> <p>Література: [1.3] с.266 – 372; [2.3]</p>

<u>Тема 2. Аеродинаміка загального компонування ЛА.</u>	
11.	<p>Лекція 11. Експлуатаційна поляра літака. Гарантовані льотно-технічні характеристики. (2 години)</p> <p>Експлуатаційний стан ЛА. Вплив деформацій конструкції, наявність дефектів поверхні, розбалансування двигунів на опір та несучі властивості літака. Додаткове балансування літака в реальному стані. Поняття гарантованих аеродинамічних та льотно-технічних характеристик ЛА.</p> <p>Література: [1.5] с.1 – 40; [2.2] с.553 - 567;</p>
<u>Тема 3. Експлуатаційні режими польоту ЛА.</u>	
12.	<p>Лекція 12. Очікувані умови експлуатації ЛА. (2 години)</p> <p>Транспортна ефективність літака. Діаграма «вантаж-дальність». Вплив параметрів зовнішнього середовища на ефективність комерційного ЛА. Польотні обмеження літака.</p> <p>[2.2] с.418 - 434;</p>
13.	<p>Лекція 13. Режим крейсерського польоту ЛА. (2 години)</p> <p>Експлуатаційний діапазон швидкостей крейсерського польоту. Потрібна тяга та потужність для горизонтального польоту. Характерні швидкості горизонтального польоту. Максимальна висота польоту. Дальність та тривалість крейсерського польоту.</p> <p>[1.3] с.682–728 ; [1.6] с.138–160, 224 - 247; [2.2] с.418 - 434;</p>
14.	<p>Лекція 14. Режим злету ЛА. (2 години)</p> <p>Характерні швидкості зльоту літака. Режим злету літака та їх основні характеристики. Зліт за наявності відмови двигуна. Вимоги норм льотної придатності. Нормовані параметри злету. Вплив зовнішніх чинників на характеристики злету.</p> <p>[1.3] с.682–728 ; [1.6] с.249–274, 344 - 352; [2.2] с.418 - 434;</p>
15.	<p>Лекція 15. Режим посадки ЛА. (2 години)</p>

	Характерні швидкості посадки літака.Зниження, захід на посадку та приземлення літака. Основні параметри етапів приземлення. Параметри аварійної посадки. Вимоги норм льотної придатності. Нормовані параметри посадки. [1.3] с.682–728 ; [1.6] с.249–274, 344 - 352; [2.2] с.418 - 434;
16.	Лекція 16. Режим польоту ЛА за наявності відмов систем і агрегатів. (2 години) Політ за наявності льоду на поверхні літака. Політ за відмови двигуна. Режим перерваної посадки (уход на друге коло) [1.3] с.360–368; [2.2] с.418 - 434;

Практичні семінари.

№з/п	Назва комп'ютерного практикуму	Кількість ауд.годин
1	Аналіз аеродинамічних характеристик профілів крила за результатами випробувань моделей в аеродинамічних трубах. (Тема 1)	2
2	Аналіз аеродинамічних характеристик крил різної форми в плані за результатами випробувань моделей в аеродинамічних трубах. (Тема 1)	2
3	Аналіз аеродинамічних характеристик обтічних тіл різної форми за результатами випробувань моделей в аеродинамічних трубах. (Тема 1)	2
4	Визначення аеродинамічних характеристик літака в конфігурації крейсерського польоту. (Тема 2)	2
5	Визначення аеродинамічних характеристик літака в конфігураціяхзлету та посадки. (Тема 2)	2
6	Балансування літака в штатних конфігураціях, стійкість та керованість (Тема 2)	4
7	Польотні обмеження літака. Характеристики горизонтального крейсерського польоту. (Тема 3)	2
8	Характеристики злету та посадки літака. (Тема 3)	2

Комп'ютерний практикум.

№ з/п	Назва комп'ютерного практикуму	Кількість ауд.годин
1	Моделювання аеродинамічних характеристик профілів крила в т.ч. із задіяною механізацією. (Тема 1)	4
2	Моделювання аеродинамічних характеристик компонування «крило+фюзеляж» в крейсерській конфігурації (Тема 2)	4
3	Моделювання аеродинамічних характеристик компонування «крило+фюзеляж» із відхиленою механізацією крила (Тема 2)	4
4	Балансування літака. Вибір параметрів оперення. Аналіз стійкості та керованості літака в штатних конфігураціях. (Тема 2)	4
5	Аналіз впливу струменя працюючого рушія на аеродинамічні характеристики літака, стійкість та керованість (Тема 2)	2

4. Навчальні матеріали та ресурси

Для підготовки до екзамену в повному обсязі достатньо опанувати електронний конспект лекцій з дисципліни, який знаходиться за посиланням на першій сторінці даного документу. Для поглибленого вивчення курсу нижче наведена рекомендована література.

1. Базова література

1. Sighard F.Hoerner. Flyid-dynamic drag. Published by the Author. 1965. Library of Congress Catalog Cart Number 64-19666.
2. Sighard F.Hoerner. Flyid-dynamic drag. Second edition. Published by Mrs. Liselotte A. Hoerner. 1985. Library of Congress Catalog Cart Number 75-17441..
3. Egbert Torenbeek. Synthesis of subsonic airplane design. Delft University press. 1976
4. Ed Obert. Aerodynamic design of transport airplane. Delft University of Technology. IOS Press 2009.
5. E.L. Houghton, P.W. Carpenter. Aerodynamics for Engineering Students. Fifth edition published by Butterworth-Heinemann 2003. ISBN 0 7506 5111 3.
6. A. R. S. Bramwell, George Done, David Balmford. Bramwell's Helicopter Dynamics. Second edition published by Butterworth-Heinemann 2001. ISBN 0 7506 5075 3

2. Допоміжна література.

2.1. Зінченко Д.М. Панельно-вихоровий метод симетричних особливостей . Створення розрахункових моделей. Загальні положення. Методичні вказівки до виконання комп'ютерних практикумів для спеціальностей 8.05110101 та 7.05110101 "Літаки і вертольоти" Київ. НТУУ КПІ. 2016 р. ;

2.2. Зінченко Д.М. Розрахунок аеродинамічних характеристик панельно-вихоровим методом. Аналіз результатів розрахунку. Визначення точності та меж придатності розрахункової моделі. Методичні вказівки до виконання комп'ютерних практикумів для спеціальностей 8.05110101 та 7.05110101 "Літаки і вертольоти" Київ. НТУУ КПІ. 2016 р. ;

Інформаційне забезпечення

1. Сайт НТУУ "КПІ ім. Ігоря Сікорського" <http://kpi.ua>.
2. Сайт інституту <https://kpi.ua/ru/iat>
1. Сайт кафедри космічної інженерії <https://ki.kpi.ua/en/>

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

В лекційній частині курсу викладаються основи аеродинаміки літака, алгоритми та методика аеродинамічного розрахунку, застосування програмних пакетів з обчислюваної аеродинаміки, здійснюється аналіз результатів експериментів дослідних моделей в аеродинамічних трубах. Студенти вивчають основні методики аеродинамічного розрахунку. Лекції відбуваються в аудиторії з проектором та екраном, на якому відображається електронний конспект лекцій з дисципліни «Аеродинаміка ЛА».

6. Самостійна робота студента

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1.	Аналіз відкритих літературних джерел із аеродинамічними характеристиками профілів крил. (Тема 1)	8
2.	Аналіз відкритих літературних джерел із аеродинамічними характеристиками тіл обтікання. (Тема 1)	8
3.	Аналіз характеристик повітряних гвинтів (Тема 1)	8
4.	Аналіз відкритих літературних джерел із аеродинамічними характеристиками літаків.	8

	(Тема 2)	
5.	Аналіз льотно-технічних характеристик літаків за даними відкритих літературних джерел. (Тема 2)	8
6.	Аналіз вимог норм льотної придатності що до стійкості та керованості літака за наявності відмов агрегатів. (Тема 3)	8,95

Виконання лабораторних робіт має допомогти студентам більш глибоко засвоїти теоретичний матеріал. Під час лабораторних робіт безпосередньо у аеродинамічній трубі студенти вчатья практично проводити випробування, обробляти та аналізувати результати досліджень. Для обробки результатів випробувань та оформлення звіту студенти отримують електронне видання Методичних вказівок до виконання лабораторних занять кредитного модуля «Прикладна та експериментальна аеродинаміка».

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

- *Лекційні, практичні та лабораторні заняття проводяться в аудиторіях Інституту аерокосмічних технологій КПІ ім. Ігоря Сікорського, що вимагає дотримання правил і техніки безпеки, прийнятих в університеті; на першому занятті студенти проходять інструктаж з техніки безпеки та засвідчують це підписами в журналі; основні вимоги техніки безпеки: дотримання правил дорожнього руху при переміщенні між корпусами, а при відвідуванні лабораторних аудиторій ;*

Система вимог, які викладач ставить перед студентом/аспірантом:

- 8. Студент має відвідувати заняття із зазначеної дисципліни відповідно до встановленого розкладу занять ;*
- 9. Під час проведення занять студенту слід проявляти активність, широко використовувати засоби зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача чи в інтернеті тощо;*
- 10. захист індивідуальних завдань під час занять із дисципліни відбувається у вигляді доповідей за сформованими розділами магістерської дисертації;*
- 11. правила призначення заохочувальних та штрафних балів викладені в рейтинговій системі оцінювання;*
- 12. за результатами проходження дисципліни допускається не менше одного перескладання;*
- 13. приймається апріорі, що студент під час проходження дисципліни буде дотримуватись академічної доброчесності;*
- 14. інші вимоги, що висувуються до студентів під час проходження дисципліни не повинні суперечити законодавству України та нормативним документам Університету.*

15. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: МКР; лабораторні роботи.

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

В процесі вивчення дисципліни студенти виконують контрольну роботу тривалістю 2 навчальні години. Метою виконання контрольної роботи є контроль ступеню засвоєння студентами теоретичних знань, отриманих під час викладання лекційного матеріалу..

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримує за наступне:

- 1) комп'ютерні практикуми;
- 2) модульну контрольну роботу;
- 3) відповіді на заліку.

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

1. Комп'ютерні практикуми

Ваговий бал – 6.

Максимальна кількість балів дорівнює 6 балів x 5 = 30 балів.

Критерії оцінювання:

- повне виконання завдання – 6;
- виконання, але теоретичні знання недостатні – 3... 5;
- не підготовлений – 0.

2. Модульна контрольна робота

Ваговий бал – 10.

Максимальна кількість балів дорівнює 10 балів x 1 = 10 балів.

Критерії оцінювання:

- повне виконання завдання – 10;
- неповне виконання завдання – 4...8;
- незадовільне виконання – 0.

Штрафні та заохочувальні бали:

- творчий підхід до роботи, активна участь в обговоренні тем, самостійний пошук тем: +1...4 балів;
- відсутність пропусків лекцій без поважних причин: +2...4 бали;
- відсутність на занятті без поважної причини: –1...–4 бал.

Максимальна кількість заохочувальних та штрафних балів дорівнює 4.

Розрахунок шкали (R) рейтингу:

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$R_c = 30 + 10 = 40 \text{ балів.}$$

Необхідною умовою допуску до екзамену є виконання усіх комп'ютерних практикумів та МКР.

Залікова складова шкали дорівнює 60 % від **R**, а саме **60 балів**, і складається з двох частин: теоретичної та практичної (вирішення задачі).

5. Теоретична частина.

- вільне володіння матеріалом, відповідь на усі додаткові питання – 30 балів;
- досить впевнене володіння матеріалом, неповні відповіді на додаткові питання – 23 бали;
- невпевнена відповідь на основне питання, не має відповіді на додаткові питання – 18 балів;
- не має відповіді на основне питання – 0 балів.

6. Практична частина.

- впевнене та швидке вирішення задачі, вільне володіння програмним забезпеченням , впевнені відповіді на додаткові питання – 30 балів;
- повне вирішення задачі, але неоптимальний програмний код – 23 бали;
- неповне вирішення задачі, труднощі у володінні мовою програмування – 18 балів;
- задача не вирішена – 0 балів.

Таким чином, рейтингова шкала з дисципліни складає $R = R_c + R_e = 40 + 60 = 100$ балів.

Семестровий контроль: *залік*

Умови допуску до семестрового контролю: *зарахування усіх комп'ютерних практикумів*

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

16. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- *перелік питань, які виносяться на семестровий контроль наведено в додатку 1;*
- *зарахування сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою можливе за погодженням з викладачем у тому разі, якщо більшість лекційних та лабораторних питань, наведених вище, були розглянуті на відповідному курсі.*

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом кафедри КІ, к.т.н. Зінченко Д.М.

Ухвалено кафедрою космічної інженерії (протокол № 15 від 07.06.2023 р.)

Погоджено Методичною комісією НН ІАТ (протокол № 6 від 22.06.2023 р.)

ДОДАТОК 1

Перелік питань, які виносяться на екзамен з дисципліни

«Прикладна і експериментальна аеродинаміка»

1. Визначення розподілу підйімальної сили за розмахом крила;
2. Визначення аеродинамічних характеристик профілю крила;
3. Визначення аеродинамічного фокусу та моменту крила;
4. Визначення сумарної підйімальної сили літака в збалансованому стані;
5. Визначення впливу кінцівок крила на опір літака;
6. Визначення впливу складових індуктивного опору;
7. Визначення впливу складових опору інтерференції;
8. Визначення впливу сопору зовнішніх елементів;
9. Визначення опору балансування;
10. Визначення впливу закрилку на підйімальну силу крила;
11. Визначення розподілу підйімальної сили за розмахом крила із відхиленим закрилком;
12. Визначення зміни опору балансування із відхиленим закрилком;
13. Визначення впливу на аеродинамічні характеристики крила відхиленого передкрилка;
14. Визначення впливу на аеродинамічні характеристики крила наявності поверхні землі;
15. Визначення впливу на аеродинамічні характеристики крила та літака в цілому працюючих рушіїв;
16. Визначення зміни аеродинамічних характеристики крила та літака у відмовних ситуаціях;