



Методи та засоби трубного аеродинамічного експерименту Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка</i>
Освітня програма	<i>Інженерія авіаційних та ракетно-космічних систем</i>
Статус дисципліни	<i>вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>3 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>120 годин/ 4 кредити ECTS</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>залік</i>
Розклад занять	<i>http://rozklad.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
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	<i>Посилання на дистанційний ресурс (Moodle, Googleclassroom, тощо)</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Метою дисципліни є формування у студентів здатностей:

- базових знань в галузі сучасного проектування авіаційної техніки та вмінь ефективно використовувати сучасне програмне забезпечення;
- застосування основних засад сучасних методик розрахунку аеродинамічних характеристик літальних апаратів на основі методів математичного моделювання фізичних процесів, їх використання в професійній діяльності.

Предметом дисципліни є дослідження методик оптимізації аеродинамічних характеристик літальних апаратів (ЛА) із застосуванням методів обчислюваної та експериментальної аеродинаміки, що на сьогодні є широкоживаними в процесі проектування авіаційної техніки

Програмними результатами навчання є

- знання: базових засад вживаних в проектуванні ЛА методів обчислювальної аеродинаміки; алгоритмів застосування результатів експериментального та обчислюваного моделювання для визначення аеродинамічних характеристик ЛА; особливостей побудови розрахункових моделей ЛА; алгоритмів покращення льотно-технічних характеристик (ЛТХ) ЛА;

- уміння:застосування методів експериментальної та обчислюваної аеродинаміки для визначення аеродинамічних характеристик (АХ) ЛА; аналіз результатів експериментального та обчислюваного моделювання; верифікації програмних продуктів; оптимізації зовнішньої геометрії ЛА, покращення ЛТХ вже існуючих ЛА шляхом доопрацювання місцевої аеродинаміки; виконувати основні етапи аеродинамічного проектування дозвукового літака.
- досвід:розробка розрахункових моделей літальних апаратів, аналіз результатів моделювання, аналіз результатів досліджень в аеродинамічних трубах та результатів льотних випробувань, визначення основних аеродинамічних та льотно-технічних характеристик літального апарату.

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

Вивчення дисципліни вимагає наявності у студентів навичок користування персональними комп'ютерами на рівні досвідченого користувача, володіння основними методами програмування, а також наявності знань і вмінь, які вони отримують під час вивчення дисциплін першого бакалаврського рівня підготовки за спеціальністю « 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка» а також дисциплін «Програмування та використання БД « (3/ св) , «Основи наукових досліджень» (1/III) та « Механіка КМ » (2/св).

Результати вивчення студентами дисципліни «Методи оптимізації аеродинамічних характеристик ЛА є базовими» для виконання магістерської дисертації та подальших наукових досліджень.

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. Розрахункова оцінка характеристик літака.		2		4	
Тема 2 Розрахункова оцінка параметрів конструювання		8		24	
Тема 3. Розрахункова оцінка аеродинамічних та експлуатаційних характеристик літака.		8		8	
РГР	5				
Контрольна робота	2.5				
Консультації до заліку	2.88				

Проведення заліку	2				
Всього годин:	120	18		36	53.62

4. Навчальні матеріали та ресурси

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 дшае.Second edition. Published by Mrs. Liselotte A. Hoerner. 1985. Library of Congress Catalog Cart Number 75-17441..
3. Egbert Torenbeek. Synthesis of subsonic airplane designn. 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

Допоміжна література

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. Зінченко Д.М. Розрахунок аеродинамічних характеристикпанельно-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. ;
3. DanielReckzeh. Aerodynamicsdesignofthe high-liftwingfor a Megalineraircraft. *AerospaceScienceandTechnology*. № 7. 2003. p.107-119.
4. Wigton, L.B., Holt, M. Viscous-Inviscid InteractioninTransonicFlow. AIAA Paper. No.81-1003, 1981.
5. Д.М. Зінченко, В.В. Гоцак, О.М. Компанієць. Вплив форми профілю на аеродинамічні характеристики модифікованого крила у присутності гвинта./ збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил ім. І.Кожедуба. Вип. 2 (14). Харків 2007 с. 27-30.
6. Яригін В.М., Зінченко Д.М., СаліміХаджимахмудФарід Аеродинаміка спеціалізованого сільськогосподарського літака // Збірник наук. праць Харківського університету повітряних сил ім. І. Кожедуба, 2010, №2(24).
7. T.J.Chung. ComputationalFluidDynamic. CambridgeUniversityPress. 2002

Інформаційне забезпечення

1. <http://kpi.ua>.
2. <https://kpi.ua/ru/iat>
3. <https://ki.kpi.ua/en/>

5. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

Кредитний модуль розраховано на один семестр. Він складається з лекцій та комп'ютерних практикумів.

В лекційній частині курсу описуються принципи розрахунку обтікання поверхні агрегатів ЛА, студенти вивчають сучасну технологію комп'ютерних розрахунків аеродинамічних характеристик літальних апаратів. Виконання комп'ютерних практикумів повинно допомогти студентам більш глибоко засвоїти теоретичний матеріал. Під час комп'ютерних практикумів студенти закріплюють навички створення аналізу вірогідності вихідних даних та вибору розрахункових схем ЛА.

Лекційні заняття.

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
<u>Тема 1. Розрахункова оцінка характеристик літака.</u>	
1.	<p>Лекція 1. Аналіз вимог технічного завдання: швидкості, дальності, висоти, польотних обмежень</p> <p>Аналіз технічних вимог проекту: характеристик польоту на великих швидкостях, дальності та висоти польоту, мінімальних швидкостей, характеристик зльоту та посадки.</p> <p><u>Література:</u>[1 . 1] с.165 - 185 ;</p>
<u>Тема 2. Розрахункова оцінка параметрів компоновки</u>	
2.	<p>Лекція 2. Розрахункове визначення параметрів гвинтового та турбореактивного рушія.</p> <p>Розрахункове визначення параметрів рушія. Фактори, що впливають на розташування рушія. Відмова рушія. Зміна кількості та ваги рушіїв. Розрахункове визначення характеристик повітряних гвинтів. Діаграми гвинтових характеристик. Розрахункове визначення геометрії повітряних гвинтів. Розрахункове визначення розташування гвинтового рушія. Розрахункове визначення характеристик турбореактивного рушія. Розрахункове визначення розташування турбореактивного рушія.</p> <p><u>Література:</u>[1 . 1] с. 197-226; с. 226-333 ;</p>
3	<p>Лекція 3. Розрахункове визначення параметрів крила</p> <p>Розрахункове визначення впливу параметрів крила. Підбір профілю крила. Розрахункове визначення максимальних несучих властивостей крила. Реалізація вимог що до режиму звалювання на малих швидкостях польоту. Реалізація прийнятних характеристик крила на режимі звалювання. Властивості аеродинамічних профілів на режимах звалювання. Динаміка процесу звалювання.</p> <p><u>Література:</u>[1 . 1] с. 261-280; с. 256-261;</p>
<u>Тема 2. Розрахункова оцінка параметрів компоновки</u>	
4.	<p>Лекція 4. Розрахункове визначення параметрів механізації крила</p> <p>Розрахункове визначення параметрів механізації дозвукового крила. Розрахунковий аналіз параметрів різних типів механізації передньої та задньої крайки крила. Складові впливу механізації.</p> <p><u>Література:</u>[1 . 1] с. 281-290</p>
5.	<p>Лекція 5. Розрахункове визначення параметрів компоновки оперення</p>

	<p>Розрахункове визначення параметрів компоновки ГО та ВО. Форма та конфігурації ГО та ВО. Методика проектування ГО та ВО. Бічна стійкість. Посадка із бічним вітром. Ефективність ВО в на критичних режимах польоту, штопор. Методика проектування ВО.</p> <p><u>Література:</u>[1 . 1] с. 364 - 366 ; с. 373 - 382 ;</p>
Тема 3. Розрахункова оцінка аеродинамічних та експлуатаційних характеристик літака	
6.	<p>Лекція 6. Розрахункове визначення вихідних аеродинамічних характеристик літака</p> <p>Розрахункове визначення вихідних аеродинамічних характеристик літака . Вплив в'язкості. Вплив стискає моті. Експлуатаційна поляра. Перехід з моделі на натуру.</p> <p><u>Література:</u>[1 . 1] с. 414 - 416 ;</p>
7.	<p>Лекція 7. Розрахунковий аналіз профілю польоту та транспортної ефективності літака</p> <p>Розрахунковий аналіз профілю польоту та транспортної ефективності літака. Експлуатаційна швидкість набору висоти. Характеристики крейсерського польоту. Діаграма «вантаж - дальність».</p> <p><u>Література:</u>[1 . 1] с. 414 - 416 ;</p>
8.	<p>Лекція 8. Розрахунковий аналіз характеристик набору висоти</p> <p>Розрахунковий аналіз характеристик набору висоти. Максимальна вертикальна швидкість, час набору висоти та потолка . Обмеження градієнту набору висоти.</p> <p><u>Література:</u>[1 . 1] с. 423 - 424 ;</p>
9.	<p>Лекція 9. Розрахунковий аналіз характеристик злету та посадки</p> <p>Розрахунковий аналіз характеристик злету та посадки. Дистанція злету та посадки. Перерваний зліт. Ухід на друге коло.</p> <p><u>Література:</u>[1 . 1] с. 426 - 430 ;</p>

Комп'ютерний практикум.

№ з/п	Назва комп'ютерного практикуму	Кількість ауд.годин
1	Зв'язок вимог діючих нормльотної придатності та вимог технічного завдання. Загальні положення процесу сертифікації ЛА. (Тема 1)	4
2	Розрахунок аеродинамічних характеристик вживаними методами обчислюваної аеродинаміки. Аналіз результатів розрахунку. Визначення точності та меж придатності розрахункових моделей. (Тема 2)	4
3	Аеродинамічні характеристики літака в крейсерській конфігурації. Особливості побудови розрахункових та експериментальних моделей. Аналіз результатів розрахунку та експерименту.(Тема 2)	4
4	Оптимізаіціяа.х. та визначення зовнішніх навантажень літака на режимі крейсерського польоту. (Тема 2)	6
5	Аеродинамічні характеристики літака із задіяною механізацією. Особливості побудови розрахункових та експериментальних моделей. Аналіз результатів розрахунку та експерименту.Оптимізаіціяа.х. літака на режимі крейсерського польоту (Тема 2)	4
6	Оптимізаіціяа.х. та визначення зовнішніх навантажень літака на режимахзлету та посадки. (Тема 2)	6
7	Створеннярозрахункової моделі транспортного літака для визначення впливу працюючого рушія на характеристики літального апарату. (Тема 3)	4
8	Створеннярозрахункової моделі транспортного літака для визначення впливу близькості поверхні землі на характеристики літального апарату. (Тема 3)	4

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Зазначаються види самостійної роботи (підготовка до аудиторних занять, проведення розрахунків за первинними даними, отриманими на лабораторних заняттях, розв'язок задач, написання реферату, виконання розрахункової роботи, виконання домашньої контрольної роботи тощо) та терміни часу, які на це відводяться.

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1.	Оцінка реальності характеристик зльоту і посадки. (Тема 1)	5
2.	Критерії визначення впливу шуму на місцевості (Тема 1)	5
3.	Розрахункове визначення впливу струї працюючого гвинта. Розрахункове визначення впливу струї працюючого сопла. (Тема 2)	5
4.	Оптимальне співвідношення параметрів компонування крила для дозвукового та надзвукового літальних апаратів. . (Тема 2)	5

5.	Розрахунковий аналіз ефективності різних типів механізації крила. . (Тема 2)	8.62
6.	Ефективність різних типів ГО та ВО. (Тема 2)	5
7.	Основні особливості в визначенні характеристик літака при випробуванні моделі в аеродинамічній трубі.(Тема 2)	5
8.	Фізичні засади формування діаграму «вантаж-дальність». (Тема 3)	5
9.	Фізичні засади обмеження градієнту набору висоти. (Тема 3)	5
10.	Фізичні засади визначення характеристик перерваного злету. (Тема 3)	5

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом/аспірантом:

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

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

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 – 4.

Максимальна кількість балів дорівнює 4 балів 8×30 балів.

Критерії оцінювання:

- повне виконання завдання –4;
- виконання, але теоретичні знання недостатні –1... 3;
- не підготовлений – 0.

2. Модульна контрольна робота

Ваговий бал – 8.

Максимальна кількість балів дорівнює 8 балів x 1 = 8 балів.

Критерії оцінювання:

- повне виконання завдання –8;
- неповне виконання завдання –1...7;
- 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 заліку є виконання усіх лабораторних робіт 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.

Рейтингові бали, R	Оцінка за університетською шкалою
95–100	Відмінно
85–94	Дуже добре
75–84	Добре
65–74	Задовільно
60–64	Достатньо
< 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Умови позитивної проміжної атестації у семестрі.

Для отримання "зараховано" з першої проміжної атестації (8 тиждень) студент матиме не менш, ніж 12 балів (за умови, якщо на початок 8 тижня згідно з календарним планом контрольних заходів "ідеальний" студент має отримати 20 балів).

Для отримання "зараховано" з другої проміжної атестації (14 тиждень)) студент матиме не менш, ніж 24 бали (за умови, якщо на початок 14 тижня згідно з календарним планом контрольних заходів "ідеальний" студент має отримати 40 балів).

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- *перелік питань, які виносяться на семестровий контроль*

Питання до МКР.

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

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.)