



# Льотні випробування

## 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><a href="http://rozklad.kpi.ua/">http://rozklad.kpi.ua/</a></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:

- розуміння загальних засад проведення льотних випробувань літальних апаратів;
- розробка програми льотних випробувань літальних апаратів;
- обробка результатів льотних випробувань літальних апаратів ;
- аналіз результатів льотних випробувань літальних апаратів.

**Предметом** дисципліни є застосування методів експериментальної та обчислюваної аеродинаміки, методів вимірювання та обробки цифрових даних, що на сьогодні є широкоживаними в процесі проектування та випробувань авіаційної техніки

**Програмними результатами навчання** є

- знання: методик проведення льотних випробувань літальних апаратів, методів вимірювання параметрів газодинамічних процесів; методів обробки та аналізу даних; загальних принципів формування програм льотних випробувань.
- уміння: визначати розв'язані і формулювати нерозв'язані задачі з досліджуваної проблеми чи задачі; формулювати мету дослідження та задачі, які належить розв'язати для її досягнення; виконувати багатокритеріальну оптимізацію; вирішувати задачу одновимірної оптимізації з урахуванням спеціальних вимог і

особливостей процесу проектування механічних систем; вирішувати задачу багатовимірної оптимізації з обмеженнями з урахуванням спеціальних вимог і особливостей процесу проектування механічних систем; застосовувати числові методи аналізу для дослідження механічних систем із використанням засобів сучасних інформаційних технологій.

- досвід: формування програм льотних випробувань літальних апаратів, обробка та аналіз результатів льотних випробувань літальних апаратів.

## 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 Льотні випробування є необхідними 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. Задачі та структура льотних випробувань	28	8	12		8
Тема 2 Визначення льотних характеристик.	38	10	12		16
Тема 3 Визначення характеристик стійкості та керованості	29.7	12	8		9.7
Тема 4 Обробка результатів випробувань	11	6	4		1
Контрольна робота	5.25				
Консультації до заліку	6.05				
Проведення заліку	2				
<b>Всього годин:</b>	<b>120</b>	<b>36</b>	<b>36</b>		<b>34.7</b>

#### 4. Навчальні матеріали та ресурси

##### Базова література.

1. T.J.Chung. ComputationalFluidDynamic. CambridgeUniversityPress. 2002
2. Sighard F.Hoerner. Flyid-dynamic drag. Published by the Author. 1965. Library of Congress Catalog Cart Number 64-19666.
3. Sighard F.Hoerner. Flyid-dynamic дшае.Second edition. Published by Mrs. Liselotte A. Hoerner. 1985. Library of Congress Catalog Cart Number 75-17441..
4. Egbert Torenbeek. Synthesis of subsonic airplane designn. Delft University press. 1976
5. Ed Obert. Aerodynamic design of transport airplane. Delft University of Technology. IOS Press 2009.
6. E.L. Houghton, P.W. Carpenter. Aerodynamics for Engineering Students. Fifth edition published by Butterworth-Heinemann 2003. ISBN 0 7506 5111 3.
7. A. R. S. Bramwell, George Done, David Balmford. Bramwell's Helicopter Dynamics. Second edition published by Butterworth-Heinemann 2001. ISBN 0 7506 5075 3
8. Lloyd R. Jenkinson James F. Marchman III. Aircraft Design Projects for engineering students. Butterworth-Heinemann An imprint of Elsevier Science Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP 200 Wheeler Road, Burlington MA 01803 First published 2003/

##### Допоміжна література

9. Сергій Вадимович Грицан, Дмитро Миколайович Зінченко. Вплив параметра компоновання спряженого крила на аеродинамічні характеристики. // Інформаційні системи, механіка та керування: науково-технічний збірник. / М-во освіти і науки України, НТУУ "КПІ". – Київ, 2020. – Вип. № 22. – с. 45–53. (наукометричне видання) ;
10. Ірина Андріївна Філонова, Геннадій Анатолійович Вірченко, Дмитро Миколайович Зінченко. Вплив параметра компоновання на аеродинамічні характеристики літака класу «бізнес-джет». // Інформаційні системи, механіка та керування: науково-технічний збірник. / М-во освіти і науки України, НТУУ "КПІ". – Київ, 2020. – Вип. № 22. – с. 70–80. (наукометричне видання) ;
11. Микола Михайлович Демидов, Дмитро Миколайович Зінченко. ВПЛИВ КОМПОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНОГО КОНТЕЙНЕРУ НА АЕРОДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕЗПЛОТНОГО ЛІТАКА-НОСІЯ. // Механіка гіроскопічних систем: науково-технічний збірник. / М-во освіти і науки України, НТУУ "КПІ". – № 38 (2019) с.111-124.
12. Сергій Анатолійович Поваров, Дмитро Миколайович Зінченко. Вплив гвинтових рушіїв, встановлених на кінцях крила, на його аеродинамічні характеристики. . // Інформаційні системи, механіка та керування: науково-технічний збірник. / М-во освіти і науки України, НТУУ "КПІ". – Київ, 2019. – Вип. № 21. – с. 59–69. (наукометричне видання) ;
13. Федір Вікторович Литвиненко, Геннадій Анатолійович Вірченко, Дмитро Миколайович Зінченко. Балансування транспортного БПЛА в процесі десантування вантажу. . // Інформаційні системи, механіка та керування: науково-технічний збірник. / М-во освіти і науки України, НТУУ "КПІ". – Київ, 2019. – Вип. № 21. – с. 86–92. (наукометричне видання) ;
14. Є.О. Соловей, Д.М. Зінченко. Аеродинамічне проектування плануючого транспортного контейнеру. // Інформаційні системи, механіка та керування: науково-технічний збірник. / М-во освіти і науки України, НТУУ "КПІ". – Київ, 2018. – Вип. № 19. – с. 49–62. (наукометричне видання) ;
15. <https://www.prom-tex.org/areas/aviatsiya/sertifikatsiya-vozdushnogo-sudna/>

##### 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 розглядаються основні задачі та структура льотних випробувань, основні методики визначення льотних характеристик та характеристик стійкості та керованості літального апарату, подається основна методика обробки результатів випробувань.

Виконання комп'ютерних практикумів повинно допомогти студентам більш глибоко засвоїти теоретичний матеріал. Під час комп'ютерних практикумів студенти закріплюють навички обробки результатів випробувань сучасних літаків.

### Лекційні заняття.

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
<b>Тема.1 Задачі та структура льотних випробувань</b>	
1.	<b>Лекція 1. Вступ.</b> Мета льотних випробувань в процесі створення авіаційної техніки. Основні складові процесу льотних випробувань. Загальні засади проведення льотних випробувань <u>Література:</u> [ 1 . 1] с.12-27 ; [ 1 . 6] с.12-13 ;[ 2 . 4]
2.	<b>Лекція 2. Літальний апарат к об'єкт випробувань.</b> Показники та характеристики, що визначаються в процесі льотних випробувань.. Визначення показників та характеристик авіаційної техніки в експлуатаційному діапазоні за допомогою випробувань. Типові задачі аналізу та інтерпретації результатів. <u>Література:</u> [ 1 . 1] с.31-61 ;
3.	<b>Лекція 3. Структура льотних випробувань.</b> Основні етапи розробки та льотних випробувань літальних апаратів. Типові види льотних випробувань. Принципи формування програм льотних випробувань. Принципи формування методик льотних випробувань. <u>Література:</u> [ 1 . 1] с.32-73 ;[ 1 . 6] с.30 – 48 ; [ 2 . 4]
4.	<b>Лекція 4. Організація льотних випробувань.</b> Основні елементи організації льотних випробувань літальних апаратів. Показники ефективності льотних випробувань. Планування льотних випробувань. Забезпечення та організаційна структура льотних випробувань. <u>Література:</u> [ 1 . 1] с.74-94 ;[ 2 . 1]

## **Тема 2** Визначення льотних характеристик

5.	<p><b>Лекція 5. Визначення параметрів руху літака, роботи рушія та стану атмосфери.</b></p> <p>Системи координат. Параметри, необхідні для визначення льотних характеристик. Вимірювання швидкості, висоти, тиску та числа М польоту. Аеродинамічні поправки та методи їх визначення. Похибки вимірювання тиску. Вимірювання температури атмосфери. Визначення вертикальної швидкості. Вимірювання перевантаження та кута атаки. Вимірювання польотної ваги літака.</p> <p><u>Література:</u>[ 1 . 2] с.4-28 ;[ 1 . 5] с. 4 - 28 , 43 – 84;[ 1 . 6] с.15 - 29 ;[ 2 . 2]</p>
6.	<p><b>Лекція 6. Узагальнені характеристики маневреності.</b></p> <p>Основні залежності узагальнених характеристик ГТД. Узагальнені характеристики маневреності, та їх застосування при визначенні льотних даних. Приведення характеристик маневреності до заданих умов атмосфери. Експериментально-розрахунковий метод визначення узагальнених характеристик маневреності.</p> <p><u>Література:</u>[ 1 . 2] с. 28- 60;[ 1 . 6] с.15 - 29 ;[ 2 . 4]</p>
7.	<p><b>Лекція 7. Приведення швидкісних характеристик до заданих умов.</b></p> <p>Визначення максимальної швидкості. Методи визначення горизонтальної швидкості. Визначення максимальної висоти польоту. Приведення вертикальної швидкості та максимальної висоти польоту до заданих умов польоту. Визначення швидкісних характеристик методом прискорень.</p> <p><u>Література:</u>[ 1 . 2] с. 60- 110;[ 1 . 5] с. 92 – 115 ;[ 2 . 3]</p>
8.	<p><b>Лекція 8. Визначення дальності та тривалості польоту.</b></p> <p>Узагальнені характеристики дальності та тривалості крейсерського польоту (в т.ч. горизонтального польоту). Приведення дальності та тривалості польоту до режимів роботи двигуна. Витрата пального, дальність та тривалість польоту на режимах набору висоти, плануванні, розгоні та гальмуванні.</p> <p><u>Література:</u>[ 1 . 2] с. 111 - 125;[ 1 . 6] с.49 - 70 ;</p>
9.	<p><b>Лекція 9. Характеристики зльоту та посадки.</b></p> <p>Залежності між узагальненими параметрами зльоту та посадки, подоба режимів руху. Застосування номограм для узагальнених характеристик для визначення характеристик зльоту та посадки. Приведення характеристик зльоту та посадки до заданих умов польоту. Перерваний та продовжений зльоти літака у випадку відмови двигуна.</p> <p><u>Література:</u>[ 1 . 2] с. 126 - 139;</p>

## **Тема 3** Визначення характеристик стійкості та керованості

10.	<p><b>Лекція 10. Балансувальні залежності літака.</b></p> <p>Залежності балансування від швидкості польоту. Особливості балансування літака по швидкості. Залежність балансування від перевантаження. Залежності балансування в боковому русі.</p>
-----	--

	<u>Література:</u> [ 1 . 3 ] с.56 - 95; [ 1 . 4 ] с. 41 - 89
11.	<b>Лекція 11. Динамічні характеристики літака.</b> Повздовжній рух літака. Вільний короткоперіодичний рух при зафіксованому та звільненому важелі керування. Перехідний рух за умови ступеневого відхилення руля висоти. Частотні характеристики літального апарату. Динамічні характеристики літака в боковому русі. <u>Література:</u> [ 1 . 3 ] с.56 - 128[ 2 . 3]
12.	<b>Лекція 12. Визначення стійкості, керованості та поведінки літака при максимальних значеннях швидкісного напору, числа М, та перевантаження.</b> Можливі особливості поведінки літака та його характеристик стійкості та керованості на зазначених режимах польоту. <u>Література:</u> [ 1 . 4 ] с.137 - 142
13.	<b>Лекція 13. Визначення стійкості, керованості та поведінки літака на великих кутах атаки та режимі звалювання.</b> Особливості проведення льотних випробувань на зазначеному режимі польоту, необхідне обладнання. Методика визначення стійкості, керованості та поведінки літака на великих кутах атаки та режимі звалювання. Обробка та аналіз матеріалів на зазначеному режимі. <u>Література:</u> [ 1 . 4 ] с.143 - 169
14.	<b>Лекція 14. Визначення характеристик штопору літака.</b> Теоретичні основи зазначеного режиму польоту. Методичні рекомендації що до виконання штопору та виходу з нього. Обробка та аналіз параметрів польоту на зазначеному режимі. <u>Література:</u> [ 1 . 4 ] с.170 - 182
15.	<b>Лекція 15. Визначення характеристик стійкості та керованості літака за наявності великих кутових швидкостях крену.</b> Рівняння руху, розрахунок сталого обертання. Типи руху літака, зумовлені взаємним впливом повздовжнього та бічного руху при обертанні літака по крену. Критерії оцінки. Льотні випробування. <u>Література:</u> [ 1 . 4 ] с.183 - 187

<b>Тема 4</b> Обробка результатів випробувань.	
16.	<b>Лекція 16. Статистична обробка результатів випробувань</b> Оцінка параметрів законів розподілу. Визначення довірчих та толерантних меж для параметрів нормального розподілу. Приклад статистичної обробки результатів випробувань. <u>Література:</u> [ 1 . 5 ] с.116 - 137 ;[ 2 . 2]
17	<b>Лекція 17. Математичне моделювання.Автоматизована обробка результатів вимірювань.</b>

	<p>Умовні позначення та побудова схем моделювання. Основні алгоритми автоматичної обробки даних. Застосування MatlabSimulink для задач автоматизованої обробки результатів вимірювань.</p> <p><u>Література:</u>[ 1 . 5 ] с.138 - 161 ;[ 2 . 2 4]</p>
--	---

**Комп'ютерний практикум.**

№ з/п	Назва комп'ютерного практикуму	Кількість ауд.годин
1	Загальна структура льотних випробувань. Програмне забезпечення для проведення льотних випробувань. (Тема 1)	4
2	Приклади проведення льотних випробувань сучасних комерційних літаків. Аналіз наукових публікацій. (Тема 1)	4
3	Зв'язок програми льотних випробувань із сучасними вимогами норм льотної придатності. (Тема 1)	4
4	Визначення поляри літака за результатами льотних випробувань (Тема 2)	4
5	Визначення несучих властивостей літального апарату за результатами льотних випробувань (Тема 2)	4
6	Визначення польотних обмежень літака за результатами льотних випробувань (Тема 2)	4
7	Визначення характеристик повздожньої стійкості та керованості літака за результатами льотних випробувань . (Тема 3)	4
8	Визначення характеристик стійкості та керованості літака в бічному русі та каналу крену за результатами льотних випробувань . (Тема 3)	4
9	Приклад обробки масиву даних об'єктивного контролю параметрів руху літака. (Тема 4)	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.*

№	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість
---	---	-----------

з/п		годин СРС
1.	Ефективність льотних випробувань. Засоби безпеки під час проведення льотних випробувань. (Тема 1) Література: [ 1 . 1 ] с.12-27 ;	4
2.	Нові технічні рішення як об'єкт льотних випробувань. Оцінка функціонування та вдосконалення об'єктів випробувань. (Тема 1) Література: [ 1 . 1 ] с.31-61 ;	4
3.	Задачі льотних випробувань на відповідних етапах створення ЛА. Наземні випробування та їх роль в загальному процесі льотних випробувань ЛА. Тема 2. Література: [ 1 . 1 ] с.32-73 ;	4
4.	Технічні засоби забезпечення льотних випробувань. Вимоги до наземних баз, призначення бортових та зовнішньотраєкторних вимірів. Формування систем бортових та зовнішніх вимірювань. Автоматизована обробка та аналіз інформації. Керування льотним експериментом. Тема 2. Література: [ 1 . 1 ] с.95-120 ;	4
5.	Моделювання в процесі льотних випробувань. Види та задачі моделювання. Інтенсифікація випробувань за допомогою моделювання. Застосування моделювання для планування випробувань та аналізу результатів. Тема 2. Література: [ 1 . 1 ] с.121-132 ;	4
6.	Системи керування та системи покращення стійкості сучасних літаків. Системи покращення стійкості. Регулювання передаточних співвідношень системи керування. Створення та регулювання зусиль на органах керування. Система дистанційного керування. Тема 2. Література: [ 1 6 ] с.6 - 14	4
7.	Рівняння руху літака. Закони роботи системи керування літака, системи покращення стійкості та системи дистанційного керування. Бустерна система керування. Демпфер коливань. Автомати стійкості. Система дистанційного керування. Тема 3. Література: [ 1 . 3 ] с.15 - 20	4
8.	Сили та моменти, що діють на літак в польоті. Сила тяжіння. Аеродинамічна сила планеру. Тягу рушія. Результуюча сила та момент. Момент тангажу. Бокова та поперечна сили. Момент крену та курсу. Моменти, що створюють органи керування. Вплив системи покращення стійкості на аеродинамічні коефіцієнти літака. Тема 3. Література: [ 1 . 3 ] с.20 – 55; [ 1 . 4 ] с. 101 - 126	5.7

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом/аспірантом:



- Студент має відвідувати заняття із дисципліни «Льотні випробування» 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 «Льотні випробування» відбувається у вигляді доповідей за сформованими розділами магістерської дисертації;
- правила призначення заохочувальних та штрафних балів викладені в рейтинговій системі оцінювання;
- за результатами проходження дисципліни «Льотні випробування» допускається не менше одного перескладання;
- приймається априорі, що студент під час проходження дисципліни «Льотні випробування» буде дотримуватись академічної доброчесності;
- інші вимоги, що висуваються до студентів під час проходження дисципліни «Льотні випробування» 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 дві контрольні роботи загалом тривалістю 5 навчальних годин. Метою виконання контрольних робіт 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 – 3.

Максимальна кількість балів дорівнює 3 балів x 9 = 27 балів.

Критерії оцінювання:

- повне виконання завдання – 3;
- виконання, але теоретичні знання недостатні – 2... 1;
- 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 заліку є виконання усіх 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.

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. Основні складові процесу льотних випробувань. Загальні засади проведення льотних випробувань ;
2. Ефективність льотних випробувань. Засоби безпеки під час проведення льотних випробувань ;
3. Типові види льотних випробувань. Принципи формування програм та методик льотних випробувань ;
4. Системи координат. Параметри, необхідні для визначення льотних характеристик. Вимірювання швидкості, висоти, тиску та числа М польоту ;

5. Узагальнені характеристики маневреності, та їх застосування при визначенні льотних даних. Приведення характеристик маневреності до заданих умов атмосфери ;
6. Визначення максимальної швидкості. Методи визначення горизонтальної швидкості ;
7. Визначення максимальної висоти польоту. Приведення вертикальної швидкості та максимальної висоти польоту до заданих умов польоту ;
8. Узагальнені характеристики дальності та тривалості крейсерського польоту (в т.ч. горизонтального польоту. Приведення дальності та тривалості польоту до режимів роботи двигуна ;
9. Витрата пального, дальність та тривалість польоту на режимах набору висоти, плануванні, розгоні та гальмуванні ;
10. Залежності між узагальненими параметрами зльоту та посадки, подоба режимів руху. Застосування номограм для узагальнених характеристик для визначення характеристик зльоту та посадки ;
11. Приведення характеристик зльоту та посадки до заданих умов польоту. Перерваний та продовжений зльоти літака у випадку відмови двигуна ;
12. Залежності балансування від швидкості польоту. Особливості балансування літака по швидкості ;
13. Залежність балансування від перевантаження. Залежності балансування в боковому русі ;
14. Повздовжній рух літака. Вільний короткоперіодичний рух при зафіксованому та звільненому важелі керування ;
15. Перехідний рух за умови ступеневого відхилення руля висоти. Частотні характеристики літального апарату ;
16. Методика визначення стійкості, керованості та поведінки літака на великих кутах атаки та режимі звалювання. Обробка та аналіз матеріалів на зазначеному режимі ;
17. Методичні рекомендації що до виконання штопору та виходу з нього. Обробка та аналіз параметрів польоту на зазначеному режимі ;
18. Рівняння руху, розрахунок сталого обертання. Типи руху літака, зумовлені взаємним впливом повздовжнього та бічного руху при обертанні літака по крену ;
19. Оцінка параметрів законів розподілу. Визначення довірчих та толерантних меж для параметрів нормального розподілу ;
20. Основні алгоритми автоматичної обробки даних. Застосування MatlabSimulink для задач автоматизованої обробки результатів вимірювань ;
21. Системи керування та системи покращення стійкості сучасних літаків. Системи покращення стійкості.

22. Регулювання передаточних співвідношень системи керування. Створення та регулювання зусиль на органах керування. Система дистанційного керування ;
23. Рівняння руху літака. Закони роботи системи керування літака, системи покращення стійкості та системи дистанційного керування. Бустерна система керування. Демпфер коливань. Автомати стійкості;
24. Моделювання в процесі льотних випробувань. Види та задачі моделювання;
25. Інтенсифікація випробувань за допомогою моделювання. Застосування моделювання для планування випробувань та аналізу результатів ;

**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.)