



МЕТОД СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ В АВІАЦІЙНИХ ЗАДАЧАХ МІЦНОСТІ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>G Інженерія, виробництво та будівництво</i>
Спеціальність	<i>G9 Прикладна механіка</i>
Освітня програма	<i>Динаміка і міцність машин</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1-й курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>150 годин / 5 кредитів (лекції – 30 год.; практичні заняття – 30 год.; самостійна робота – 90 год.)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен/модульна контрольна робота/розрахунково-графічна робота</i>
Розклад занять	<i>https://schedule.kpi.ua/?groupId=643f5371-98b5-4620-95aa-b0cb0062550e</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н., доцент, Коваль Віктор Вікторович, mdpm@ukr.net Практичні: к.т.н., доцент, Коваль Віктор Вікторович, mdpm@ukr.net.</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Вивчення дисципліни дає змогу ознайомитися з вимогами щодо проектування літаків транспортної категорії відповідно до загальноприйнятих світових положень філософії дизайну літаків, дізнатися про вимоги, щодо процедури їх сертифікації. За результатами вивчення дисципліни студенти мають змогу ознайомитися з основами аеропружності, призначенням основних елементів літака, та навчитись вірно оцінювати та комбінувати розрахункові випадки з точки зору їх небезпечності.

Курс “Метод скінченних елементів в авіаційних задачах міцності” складається із лекційних та практичних занять, що дозволяє студентам оволодіти практичними навичками розрахунку типових елементів конструкцій, з використанням пакету Abaqus та здобути загальні знання стосовно будови та компоновки сучасних літаків. Заключним етапом вивчення даного курсу являється складання екзамену.

Метою навчальної дисципліни, є набуття студентами знань стосовно конструкції літака, призначення його основних елементів, конструктивно-силових схем, що застосовуються в авіабудуванні та загальних підходів щодо розрахунку елементів на міцність та стійкість, з використанням пакету Abaqus. Після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі результати навчання:

Знання

- загальної будови літака
- функціональних систем, що забезпечують безпечний політ літака
- особливостей будови конструктивно-силових схем фюзеляжа та крила літака
- зусиль, що діють на літак за різних режимів його експлуатації
- методів скінченно-елементного розрахунку типових елементів

Уміння

- створювати скінченно-елементні моделі за допомогою CAE Abaqus
- виконувати статичний, динамічний та частотний аналіз типових елементів конструкцій та вузлів за допомогою CAE Abaqus
- використовувати в роботі електронні посібники, вітчизняну та іноземну технічну літературу

Навички

- розв'язання інженерних задач оцінки міцності за допомогою CAE Abaqus
- розв'язання задач перевірки на міцність з'єднань з використанням коннекторів.
- розв'язання задач перевірки на стійкість елементів конструкцій
- розв'язання задач з використанням implicit та explicit аналізу

Програмні компетентності

1. Здатність виявляти, ставити та вирішувати інженерно-технічні та науково-прикладні проблеми
2. Здатність генерувати нові ідеї (креативність)
3. Здатність застосовувати відповідні методи і ресурси сучасної інженерії для знаходження оптимальних рішень широкого кола інженерних задач із застосуванням сучасних підходів, методів прогнозування, інформаційних технологій та з урахуванням наявних обмежень за умов неповної інформації та суперечливих вимог.
4. Здатність створювати розрахункові моделі елементів конструкцій та вузлів виходячи з їх умов експлуатації з урахуванням браку даних
5. Здатність поставити задачу і визначити оптимальні шляхи вирішення проблеми засобами, прикладної механіки та суміжних предметних галузей.
6. Здатність оптимізувати конструкцію виходячи з техніко-економічних, експлуатаційних та технологічних вимог за параметрами міцності та надійності.

Програмні результати навчання

1. Самостійно ставити та розв'язувати задачі інноваційного характеру, аргументувати і захищати отримані результати та прийняті рішення
2. Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання новітніх методів та методик проектування, аналізу і дослідження конструкцій, машин та/або процесів в галузі машинобудування та суміжних галузях знань
3. Вести пошук необхідної інформації в науково-технічній літературі, електронних базах та інших джерелах, засвоювати, оцінювати та аналізувати цю інформацію
4. Оволодівати сучасними знаннями, технологіями, інструментами і методами, зокрема через самостійне опрацювання фахової літератури, участь у науково-технічних та освітніх заходах
5. Обґрунтовано визначати вихідні дані для розробки технічних рішень, застосовувати стандартні методики розрахунків при проектуванні елементів машинобудівних конструкцій

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни

Наявність освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» за спеціальністю G9 Прикладна механіка або суміжними спеціальностями, який включає дисципліни Вища математика, Теоретична

механіка, Механіка матеріалів і конструкцій, Будівельна механіка стрижневих систем, дисципліна з основ методу скінченних елементів.

Знання, здобуті студентами при вивченні цієї дисципліни, можуть бути використані в подальшому при виконанні магістерської дисертації.

3. Зміст навчальної дисципліни

Тема 1. Базові засади створення літаків транспортної категорії. Основні вимоги Авіаційних правил.

Тема 2. Функціональні системи літака. Базові поняття про аеродинаміку польоту. Система сил, що діють на літак в польоті. Вплив аеродинамічної схеми на стійкість та керованість.

Тема 3. Фюзеляж та його силовий набір. Конструктивно-силові схеми. Load path по силовому каркасу фюзеляжа. Особливості формування стиків обшивки літака. Оперення.

Тема 4. Крило. Конструктивно-силові схеми.

Тема 5. Механізація крила. Особливості роботи механізації на різних режимах польоту.

Тема 6. Силові установки літака, їх загальна компоновка, переваги та недоліки. Системи аварійного живлення літака.

Тема 7. Шасі. Схеми компоновки та їх аналіз.

Тема 8. Жорсткість конструкції літака в польоті.

Тема 9. Стійкість та керованість літака.

Тема 10. Авіаційні конструкційні матеріали.

Тема 11. Елементи кріплення, що використовуються в авіабудуванні.

Тема 12. Основні розрахункові випадки.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Бойко А.П. та ін. Конструкція літальних апаратів, ред. Ю. М. Терещенко. - К. : Вища освіта, 2001. - 282 с.
2. Авіаційні правила України. Частина 25. Норми льотної придатності літаків транспортної категорії, редакція 3.– 268 с.
3. Житомирский Г.И. Конструкция самолётов. 2-е издание, переработанное и дополненное. - М.: Машиностроение, 1995. – 416 с.
4. Яхно Б.О. Abaqus у задачах механіки. Навч.посіб./ Національний технічний ун-т України "Київський політехнічний ін-т". — К. : НТУУ "КПІ", 2011. — 128с.

Додаткова література

1. Шульженко М.В. Конструкция самолётов, Изд. 3-е, перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1971. – 416 с.
2. M.C.Niu Airframe Structural Design (2nd Edition) Hong Kong Conmilit Press Ltd., 1999. – 615 p.
4. Зайцев В.Н., Рудаков В.Л. Конструкция и прочность самолетов. – Киев: Вища школа, 1978. – 488 с.
3. Кан С.Н. Свердлов И.А. Расчет самолета на прочность. – М.: Машиностроение, 1966. — 520 с.
4. Стригунов В.М. Расчет самолета на прочность. – М: Машиностроение, 1984. – 376 с.
5. E.F. Bruhn Analysis and design of flight vehicle structures, 1973.
- 6.Одинокоев Ю.Г. Расчет самолета на прочность. Учебное пособие. – М.: Машиностроение, 1973.– 392 с.
7. Авіаційні правила України. Частина 21. Сертифікація повітряних суден, пов'язаних з ними виробів, компонентів та обладнання, а також організацій розробника та виробника, АПУ-21 (Part21).– 129 с.

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

- Лекція 1.** Типи літаків та їх призначення. Рівняння балансу мас літака. Аеродинамічні сили. Аеродинамічний принцип польоту. Швидкісний напір, підйомна сила, сила опору. Кут атаки, Аеродинамічна якість, сила тертя потоку повітря.
- Лекція 2.** Характеристики міцності конструкцій літаків. Навантаження. Класи літаків. Завдання навантажень через максимальне експлуатаційне перевантаження. Коефіцієнт безпеки. Випробування літаків.
- Лекція 3.** Стійка та нестійка рівновага літака. Перерозподіл зусиль.
- Лекція 4.** Призначення та форми фюзеляжу. Параметри, характеристики та вимоги. Конструктивно-силові схеми фюзеляжу.
- Лекція 5.** Навантаження на фюзеляж. Побудова епюр поперечних сил та крутних моментів, що діють на фюзеляж. Послідовна передача навантажень, елементами конструкції фюзеляжу.
- Лекція 6.** Геометричні характеристики крила. Геометричні характеристики профіля крила. Конструктивно-силові схеми. Центроплан.
- Лекція 7.** Основні компоненти силового набору крила, їх призначення та перерозподіл зусиль. Навантаження на крило.
- Лекція 8.** Конструкція та вимоги до механізації крила. Щитки, закрилки, предкрилки, інтерцептори. Компонувальні схеми оперення. Призначення та робота. Кіль. Стабілізатор.
- Лекція 9.** Схеми сил, що діють на літак при різному розташуванні горизонтального оперення. Конструктивно-силові схеми оперення та його компоненти. Вагове балансування.
- Лекція 10.** Призначення, конструкція та вимоги до шасі літака. Схеми шасі. Амортизатори. Схеми підвісок коліс до стійок шасі.
- Лекція 11.** Керування літаком. Види стійкості.
- Лекція 12.** Варіанти компонування двигунів на літаку, типи двигунів, схеми їх розташування та кріплення. Допоміжні силові установки. Реверс тяги.
- Лекція 13.** Поняття про явище статичної аеропружності. Коливання крила та оперення. Вплив деформації частин конструкції літака на ефективність елеронів та оперення.
- Лекція 14.** Дивергенція. Флатер крила та хвостового оперення. Вимушені коливання частин літака.
- Лекція 15.** Рознімні з'єднання. Рухомі, малорухомі, нерухомі. Заклепкові з'єднання. Основні параметри та типи заклепок. Болти, гвинти, контровка. Кріплення з натягом, тарувальна затяжка.

Практичні заняття

- Практичне заняття №1.** Ознайомлення з інтерфейсом та можливостями CAE Abaqus
- Практичне заняття №2.** Основи геометричного моделювання. Освоєння операцій створення базових геометричних елементів. Встановлення розмірів, прив'язок.
- Практичне заняття №3.** Розрахунок стрижневих конструкцій з урахуванням різних типів граничних умов за умов пружного деформування. Основи роботи з постпроцесором. Обробка результатів обчислень.
- Практичне заняття №4.** Розрахунок тривимірної ферми за умов пружної постановки задачі.
- Практичне заняття №5.** Двовимірна задача. Створення моделі, граничні умови та обробка результатів розрахунку.
- Практичне заняття №6.** Дослідження напружень і деформацій, які виникають в результаті пресової посадки між бронзовою втулкою та сталеву деталлю
- Практичне заняття №7.** Основи 3D моделювання. Операції витягування, обертання, протягування. Побудова простих комбінованих геометричних об'єктів

Практичне заняття №8. Основи 3D моделювання. Використання допоміжних площин для побудови складної геометрії.

Практичне заняття №9. Розрахунок на міцність згину труби.

Практичне заняття № 10. Температурна задача. Температурний градієнт, початкова температура моделі та відповідні граничні умови.

Практичне заняття № 11. Контактна задача. Формування граничних умов.

Практичне заняття № 12. Динамічна задача удару на прикладі взаємодії кульки та стрижня.

Практичне заняття № 13. Визначення власної частоти за допомогою CAE Abaqus.

Практичне заняття № 14. Особливості використання коннекторів для створення з'єднань

Практичне заняття № 15. Розрахунок підкріпленої пластини

6. Самостійна робота студента

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1	Робота з 2D моделлю. Створення геометрії, граничних умов, статичних навантажень <i>Передбачається самостійна робота студента згідно завдання викладача</i>	10
2	Робота з 3D моделлю. Створення геометрії, граничних умов, статичних навантажень <i>Передбачається самостійна робота студента згідно завдання викладача</i>	10
3	Робота з модулем Interaction. Створення та передача навантажень. <i>Передбачається самостійна робота студента згідно завдання викладача</i>	6
4	Обробка результатів розрахунку. Побудова графіків, робота з постпроцесором <i>Передбачається самостійна робота студента згідно завдання викладача</i>	6
5	Розрахунок на міцність елемента конструкції за умов зміни температури зовнішнього середовища <i>Передбачається самостійна робота студента згідно завдання викладача</i>	4
6	Контактна задача. <i>Передбачається самостійна робота студента згідно завдання викладача</i>	4
7	Динамічна задача <i>Передбачається самостійна робота студента згідно завдання викладача</i>	4
10	Загальні вимоги щодо проектування літаків транспортної категорії <i>Передбачається поглиблене вивчення теоретичного матеріалу в рамках вказаної теми.</i>	10

11	Будова фюзеляжу <i>Передбачається поглиблене вивчення теоретичного матеріалу в рамках вказаної теми.</i>	4
12	Призначення та робота механізації крила. Конструктивно-силові схеми. <i>Передбачається поглиблене вивчення теоретичного матеріалу в рамках вказаної теми.</i>	10
13	Класифікація навантажень, основні розрахункові випадки <i>Передбачається поглиблене вивчення теоретичного матеріалу в рамках вказаної теми.</i>	10
14	Аеропружність. Коливальні процеси. <i>Передбачається поглиблене вивчення теоретичного матеріалу в рамках вказаної теми.</i>	6
15	Конструктивно-силові схеми шасі. <i>Передбачається поглиблене вивчення теоретичного матеріалу в рамках вказаної теми.</i>	6

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Правила відвідування занять

Відвідування всіх видів навчальних занять з дисципліни є для студентів обов'язковим, оскільки дозволяє більш детально ознайомитися з навчальним матеріалом та отримати консультації і роз'яснення за його змістом.

Контроль присутності студентів на заняттях здійснюється викладачем наприкінці заняття.

Матеріали пропущених занять мають бути відпрацьованими самостійно.

Правила поведінки на заняттях

Студенти на заняття мають з'являтися своєчасно, без запізень.

На лекційних заняттях студенти повинні мати конспекти. Під час проведення лекційних занять та на практичних заняттях не допускаються сторонні розмови, користування комп'ютерами, смартфонами, мобільними телефонами без дозволу викладача.

Правила оцінювання практичних занять

Контроль засвоєння матеріалу практичних занять здійснюється шляхом оцінювання виконання студентами розрахунково-графічної роботи (див. п.8)

Правила призначення заохочувальних та штрафних балів

Ці правила відображені в рейтинговій системі оцінювання (див. п. 8)

Політика дедлайнів та перескладань

Завдання розрахунково-графічної роботи мають бути повністю виконані до дати проведення останнього практичного заняття включно. Виконання всіх завдань РГР є обов'язковим для допуску

до екзамену з дисципліни. Оцінювання ступені та якості виконання завдання відбувається відповідно до вимог п.8.

Політика щодо академічної доброчесності

В процесі вивчення дисципліни студенти виконують завдання з розрахунково-графічної роботи та індивідуальні завдання. При цьому студенти і викладачі на взаємній основі керуються принципами академічної доброчесності стосовно неприпустимості плагіату, фальсифікації результатів роботи, корупційних проявів тощо. У разі виявлення плагіату або фальсифікації результатів роботи під час виконання студентом завдань бали за це завдання автоматично анулюються.

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

Протягом семестру виконуються такі види контролю успішності студентів у вивченні дисципліни:

- **Поточний контроль.** Включає оцінювання виконання завдань з розрахунково-графічної роботи
- **Календарний контроль.** Проводиться двічі на семестр, як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.
- **Семестровий контроль.** Екзамен.

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

- 1) виконання завдань з розрахунково-графічної роботи;
- 2) написання підсумкової контрольної роботи;
- 3) штрафних та заохочувальних балів.

8.1. Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

8.1.1. Виконання завдань розрахунково-графічної роботи

Оцінювання якості виконання завдань розрахунково-графічної роботи та ступені опанування теоретичного матеріалу, необхідного для виконання цих завдань, здійснюється шляхом аналізу правильності виконання розрахунків. Вагові бали за завдання наведені у таблиці.

Вагові бали за виконання завдань РГР

<i>Номер завдання РГР</i>	<i>Максимальний бал за завдання</i>
1 Розрахунок просторової ферми	8
2 Розрахунок 2D деталі типу «прокладка» на міцність	10
3 Розрахунок 3D деталі на міцність	10
4 Розрахунок контактної взаємодії двох об'єктів	10

Величина коригувального коефіцієнта $K_{\text{ргр}}$, що враховує якість виконання завдань та точність відповідей на питання наведена у таблиці нижче.

Критерії оцінювання якості виконання завдання РГР:

<i>Критерій</i>	<i>Коригувальний коефіцієнт $K_{гр}$</i>
завдання виконано повністю вірно	1
завдання виконано з незначними неточностями (розрахунковий файл запускається але: сітка елементів не оптимізована, незначні помилки у значенні навантаження або у величині механічних характеристик, геометрія конструкції має незначні похибки, тощо)	0,85-0,95
завдання виконано зі значними помилками (розрахунковий файл не запускається на розрахунок, невірно визначений або заданий тип навантаження, помилка у визначенні перерізу або моделі матеріалу, тощо)	0,75-0,84
завдання не виконано, але наявна геометрична модель та вірно введені параметри моделі матеріалу	0,6-0,74
завдання не виконано	0

8.1.2. Модульна контрольна робота

Модульна контрольна робота виконується на останньому практичному занятті та містить 12 теоретичних запитань за матеріалами курсу 11 з яких є тестовими питаннями, що передбачають можливість вибору студентом відповіді на питання з запропонованих варіантів, та одного запитання для самостійної відповіді. Час виконання модульної контрольної роботи становить 15 хвилин. У разі здачі студентом роботи пізніше ніж за 15 хвилин від початку її виконання бали за модульну контрольну роботу не виставляються. Перездача модульної контрольної роботи з метою підвищення балів не передбачена.

Максимальна кількість балів за кожне тестове питання становить 1 бал, за запитання для самостійної відповіді – 2 бали.

Величина коригувального коефіцієнта $K_{кр}$, що враховує точність відповідей на питання наведена у таблиці нижче.

Критерії оцінювання правильності відповідей на питання контрольної роботи:

<i>Критерій</i>	<i>Питання 1-11</i>	<i>Питання 12</i>
	<i>Коригувальний коефіцієнт $K_{кр}$</i>	
Вірна відповідь на питання	1	1
Відповідь містить деякі неточності або несуттєві помилки	-	0,9
Відповідь неповна, відсутні основні або базові моменти, що стосуються суті питання	-	0,75
Відповідь на питання лише частково торкається суті питання	-	0,5
Невірна відповідь на питання	0	0

8.1.3. Заохочувальні бали нараховуються за:

Участь в розробці нових завдань з лабораторних робіт, допомозі у підготовці наочного лекційного матеріалу, допомозі у створенні електронного методичного матеріалу (за умови виконання навчальної програми з дисципліни) - від +1 до +10 балів.

8.2. Розрахунок шкали (R) рейтингу

Сума набраних рейтингових балів може бути розрахована як:

$$R_{\text{СЕМ}} = \sum_{i=1}^4 (PGR_i \times K_{PGR_i}) + \sum_{i=1}^{12} (KR_i \times K_{KR_i}) + ЗБ$$

Де PGR_i – бали, набрані за виконання практичної частини i -го завдання розрахунковографічної роботи; KR_i – бали, набрані за відповіді на питання модульної контрольної роботи;

K_{PGR} , K_{KR} – відповідні коригувальні коефіцієнти;

ЗБ – сума заохочувальних балів.

Сума набраних рейтингових балів за екзамен може бути розрахована як:

$$R_{\text{ЕКЗ}} = \sum_{i=1}^2 TP_i + \sum_{i=1}^2 PZ_i$$

де TP_i – бали, набрані за відповідь на i -те теоретичне питання екзамену;

PZ_i – бали, набрані за виконання на i -го практичного завдання екзамену;

Сумарна кількість балів за дисципліну розраховується як:

$$R_{\text{СУМ}} = R_{\text{СЕМ}} + R_{\text{ЕКЗ}}$$

8.3. Атестації

Умовою позитивної першої атестації є отримання не менше 50% з усіх можливих балів за виконанні завдання з початку навчального семестру і до моменту проведення атестації. Умовою позитивної другої атестації є отримання не менше 50% з усіх можливих балів за виконанні завдання за інтервал від першої атестації і до моменту проведення другої атестації.

8.4. Критерії оцінювання:

Максимальна можлива кількість балів, що може бути отримана студентом протягом семестру становить 50 балів. Студенти, які мають рейтингову оцінку не нижче ніж 60% від максимально можливої кількості балів за семестр, що становить $0,6 \times 50$ балів = 30 балів, та не мають заборгованостей за семестр по дисципліні отримують допуск до екзамену. У разі, якщо кількість набраних балів складає менше 30, або ж не були виконані інші умови допуску до екзамену, студент на екзамен не допускається.

Екзаменаційна робота складається з двох теоретичних питань та практичного завдання. Кожне теоретичне питання максимально оцінюється в 12 балів за наступними критеріями:

- повна відповідь на запитання – 12 балів;
- відповідь, що містить незначні неточності – 10-11 балів;
- неповна відповідь – 9-10 балів;
- відповідь відсутня, містить значні неточності – 0-9 балів.

Практичне завдання оцінюється максимально в 26 балів за наступними критеріями:

- повністю правильно виконане завдання – 26 балів;
- завдання виконане з незначними помилками – 22-24 балів;
- завдання виконане зі значними помилками – 14-22 балів;
- завдання не виконане або містить лише кілька виконаних вірних кроків – 0 балів.

Бали, отримані студентом за виконання екзаменаційних завдань, додаються до балів, які були ним набрані протягом семестру та формують фінальну кількість балів за дисципліну, яка переводиться до нормативної оцінки відповідно до таблиці:

Бали	Оцінка
100...95	Відмінно
94...85	Дуже добре
84...75	Добре
74...65	Задовільно
64...60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Кількість набраних балів протягом семестру менша за 30	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

ТИПОВІ ПИТАННЯ З ДИСЦИПЛІНИ «РОЗРАХУНОК МІЦНОСТІ АВІАЦІЙНИХ КОНСТРУКЦІЙ», ЩО ВИНОСЯТЬСЯ НА ЕКЗАМЕН

- 1) Основні вимоги щодо проектування літаків.
- 2) Загальна компоновка планера літака. Основні системи літака та їх призначення.
- 3) Сили, що діють на літак в польоті та на землі. Аеродинамічні схеми літака.
- 4) Передні та задні центровка літака. Особливості керування.
- 5) Перевантаження, що діють на літак. Експлуатаційні режими.
- 6) Основні розрахункові випадки.
- 7) Вітчизняні конструкційні матеріали в авіабудуванні. Застосування.
- 8) Іноземні конструкційні авіаційні матеріали. Класифікація, маркування, особливості застосування. Базис.
- 9) Конструктивно-силові схеми фюзеляжа.
- 10) Силовий набір фюзеляжа. Технологія виготовлення елементів силового набору та її вплив на їх застосування.
- 11) Поздовжній та поперечний стики обшивки. Передача зусиль по силовому набору. 12) Призначення кінц, компенсаторів. Fail-safe chord.
- 13) Механізація крила літака. Призначення її елементів.
- 14) Силовий набір крила літака. Конструктивно-силові схеми. Центроплан 15) Сили, що діють на крило. Характерні точки перерізу крила. Хвильова криза.
- 16) Передача зусиль від крила на фюзеляж для різних конструктивно-силових схем.
- 17) Робота механізації крила на різних стадіях польоту літака.
- 18) Кіль, стабілізатори, вінглети. Призначення, передача зусиль.
- 19) Основні вимоги щодо жорсткості конструкції літака. Дивергенція. Крутильно-згинальний флаттер.
- 20) Основні вимоги щодо жорсткості конструкції літака. Згинально-елеронний флаттер. Реверс органів керування.
- 21) Основні вимоги щодо жорсткості конструкції літака. Бафтинг. Шиммі.
- 22) Стійкість та керованість. Поняття шарнірного моменту.
- 23) Повітряний гвинт. Пропеллер. Імпеллер. Переваги та недоліки застосування.
- 24) Основні типи авіадвигунів. Турбореактивний двигун. Принцип роботи, переваги та недоліки.
- 25) Основні типи авіадвигунів. Турбовентиляторний двигун. Принцип роботи, переваги та недоліки.
- 26) Основні типи авіадвигунів. Турбогвинтовентиляторний двигун. Принцип роботи, переваги та недоліки.
- 27) Допоміжна силова установка літака. Реверс.
- 28) Вхідні пристрої звукового авіаційного двигуна. Помпаж
- 29) Типові схеми шасі. Шасі з хвостовою опорою. Переваги та недоліки.
- 30) Типові схеми шасі. Шасі з передньою опорою. Переваги та недоліки.
- 31) Типові схеми шасі. Велосипедна схема. Переваги та недоліки.
- 32) Аквапланування. Причини виникнення.
- 33) Вітчизняні елементи кріплення, що застосовуються в авіабудуванні
- 34) Іноземні елементи кріплення, що застосовуються в авіабудуванні

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Склав доцент кафедри ДММ та ОМ, к.т.н. **Коваль В.В.**

Ухвалено: кафедрою ДММ та ОМ (протокол № 10 від 27 березня 2025 р.)

Погоджено: Методичною комісією НН ММІ (протокол № 9 від 25 квітня 2025 р.)