

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра міцності літальних апаратів (№ 102)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми

 Віталій МІРОШНИКОВ
(підпис) (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

« 29 » 08 2025 р.

**СИЛАБУС ОBOB'ЯЗКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Аеропружність конструкцій

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: G Інженерія, виробництво та будівництво
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: G9 Прикладна механіка
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма: Динаміка і міцність машин
(найменування освітньої програми)

Рівень вищої освіти: *другий (магістрський)*

Силабус введено в дію з 01.09.2025

Харків – 2025 р.

Розробник (и): Кирпикін А. О., доцент каф. 102, к.т.н., доц
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)


(підпис)

Силабус навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри міцності
літальних апаратів

(назва кафедри)

Протокол № 1 від «28» серпня 2025 р.

Завідувач кафедри д.т.н., проф.
(науковий ступінь і вчене звання)


(підпис)

Віталій МІРОШНІКОВ
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Погоджено з представником здобувачів освіти:


(підпис)

Олександр АРУТЮНЯЧ
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

1. Загальна інформація про викладача

ПІБ: Кирпикін Анатолій Олексійович

Посада: доцент кафедри Міцності літальних апаратів (102)

Науковий ступінь: кандидат технічних наук

Вчене звання: доцент



Перелік дисциплін, які викладає:

Міцність літаків

Міцність вертолітів

Надійність літаків

Аеропружність конструкцій

Механіка матеріалів та конструкцій

Будівельна механіка

Напрями наукових досліджень:

міцність тонкостінних конструкцій

втома та ресурс літаків

*Контактна інформація: a.kyrpikin@khai.edu,
+38-063-437-71-10*

2. Опис навчальної дисципліни

| | |
|---|--|
| Форма здобуття освіти | <i>Денна</i> |
| Семестр | <i>2</i> |
| Мова викладання | <i>Українська</i> |
| Тип дисципліни | <i>Обов'язкова</i> |
| Обсяг дисципліни: кредити ЄКТС/ кількість годин | <i>Денна: 4 кредитів ЄКТС / 120 годин (аудиторних- 48, з яких: лекції – 16, практичні – 32; СРЗ – 72);</i> |
| Види навчальної діяльності | <i>Лекції, практичні заняття, самостійна робота</i> |
| Види контролю | <i>Поточний контроль, семестровий контроль</i> |
| Пререквізити | <i>Міцність літаків, Теоретична механіка, Аеродинаміка і Вища математика</i> |
| Кореквізити | <i>Розрахунки конструкцій літаків на статичну та динамічну стійкість, ефективності органів керування та в дослідницькій роботі для проведення числових експериментів</i> |
| Постреквізити | <i>При виконанні домашніх завдань та дипломних робіт (проектів) та як складова інтегральної компетентності підготовки за освітньо- професійною програмою.</i> |

3. Мета та завдання навчальної дисципліни, переліки компетентностей та очікуваних результатів навчання

Мета – вивчення дисципліни «Аеропружність» є ознайомлення із уявленнь щодо явищ аеропружності, методів розрахунків конструкцій літаків на стійкість, наявності сучасних комп'ютерних програм, які реалізують розрахунки стійкості конструкцій. Складання розрахункових схем. Аналіз отриманих даних розрахунків.

Завдання – вивчення теорії та практики розрахунків стійкості конструкцій літаків.

Компетентності, які набуваються:

Інтегральна компетентність:

Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми у області стійкості конструкцій літаків або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог.

Загальні компетентності (ЗК)

Після закінчення цієї програми здобувач освіти буде здатен:

Виявляти, ставити та вирішувати інженерно-технічні та науково-прикладні проблеми.

Використовувати інформаційні та комунікаційні технології.

Генерувати нові ідеї (креативність).

Вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

Спеціальні компетентності (СК або ФК)

Після закінчення цієї програми здобувач освіти буде здатен:

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.

Описувати, класифікувати та змодельовувати широке коло технічних об'єктів та процесів, що ґрунтується на глибокому знанні та розумінні теорій та практик механічної інженерії, а також знаннях суміжних наук.

Самостійно працювати і ефективного функціонування в якості керівника групи.

Зрозуміло і недвозначно доносити власні висновки, знання та пояснення до фахівців і нефахівців, зокрема і в процесі викладацької діяльності.

Програмні результати навчання (ПРН або РН):

*Самостійно ставити та розв'язувати задачі інноваційного характеру, аргументувати і захищати отримані результати та прийняті рішення;
Розробляти, виконувати та оцінювати інноваційні проекти з урахуванням інженерних, правових, екологічних, економічних та соціальних аспектів;
Зрозуміло і недвозначно презентувати результати досліджень та проектів, доносити власні висновки, аргументи та пояснення державною та іноземною мовами усно і письмово колегам, здобувачам освіти та представникам інших професійних груп різного рівня;
Оволодівати сучасними знаннями, технологіями, інструментами і методами, зокрема через самостійне опрацювання фахової літератури, участь у науково-технічних та освітніх заходах;
Вести пошук необхідної інформації в науково-технічній літературі, електронних базах та інших джерелах, засвоювати, оцінювати та аналізувати цю інформацію.*

4. Зміст навчальної дисципліни

МОДУЛЬ 1

Модуль 1. Основи аеропружності

Змістовний модуль 1. Теоретичні основи аеропружності

Тема 1. Масові, пружні та аеродинамічні характеристики літака:

- Розподіл мас за розмахом крила;
- Розподіл жорсткості за розмахом крила ;
- Вплив стислості повітря на аеродинамічні характеристикм.

Лекція 1. Поняття про аеропружність.

Практичне заняття 01. Розподіл масових характеристик за розмахом крила.

Практичне заняття 02. Розподіл жорсткості на згін за розмахом крила.

Самостійна робота студентів полягає у:

- Підготовці та аналізі результатів практичних занять;
- Самостійному опрацюванні лекційного матеріалу.

Види контролю: Усне опитування з теоретичного матеріалу, активність та робота на практичних заняттях.

Критерії оцінювання: Оцінка рівня володіння матеріалу та його застосування.

Лекція 2. Розподіл масових та жорстокових характеристик за розмахом крила.

Практичне заняття 03. Розподіл жорсткості на крутіння по розмаху крила.

Практичне заняття 04. Вплив стислості повітря на аеродинамічні характеристики.

Самостійна робота студентів полягає у:

- Підготовці та аналізі результатів практичних занять;

- Самостійному опрацюванні лекційного матеріалу.

Види контролю: Усне опитування з теоретичного матеріалу, активність та робота на практичних заняттях.

Критерії оцінювання: Оцінка рівня володіння матеріалу та його застосування.

Тема 2. Динамічні характеристики літака:

- Вільні коливання крила
- Сумісні коливання крила

Лекція 3. Вільні коливання крила з двома ступенями вільності.

Практичне заняття 05. Розрахунок кута атаки з урахуванням стислості повітря.

Практичне заняття 06. Розрахунок центру тиску профілю з урахуванням стислості повітря.

Лекція 4. Дивергенція крила літака та реверс елеронів.

Практичне заняття 07. Розрахунок аеродинамічного фокусу профіля з урахуванням стислості повітря

Модульний контроль

Контрольна робота за Змістовний модуль 1. Розрахунок аеродинамічних характеристик крила з урахуванням стислості повітря.

Критерії оцінювання: Максимальна оцінка за модульну контрольної роботи складає 50 балів. Неповне виконання завдання, помилки у використанні алгоритмів, некоректна зупинка алгоритму призводить до зниження оцінки на 1-20 балів.

Змістовний модуль 2. Дослідження явищ аеропружності

Тема 5. Явища динамічної аеропружності:

- Згинально-крутильний флатер крила;
- Згинано-елеронний флатер крила;
- Маховий флатер несучого гвинта вертоліта.

Лекція 5. Флатер.

Практичне заняття 08. Визначення пружних прогинів крила графоаналітичним методом.

Практичне заняття 09. Визначення пружних кутів закручування.

Лекція 06. Панельний флатер.

Практичне заняття 10. Визначення пружних прогинів крила аналітичним методом.

Практичне заняття 11. Згинні коливання з одним ступенем вільності.

Самостійна робота студентів полягає у:

- Підготовці та аналізі результатів практичних занять;
- Самостійному опрацюванні лекційного матеріалу.

Види контролю: Усне опитування з теоретичного матеріалу, активність та робота на практичних заняттях.

Критерії оцінювання: Оцінка рівня володіння матеріалу та його застосування.

Лекція 07. Маховий флатер несучого гвинта вертоліту.

Практичне заняття 12. Вільні коливання крила з двома ступенями вільності.

Практичне заняття 13. Підготовка даних до розрахунку дивергенції крила.

Самостійна робота студентів полягає у:

- Підготовці та аналізі результатів практичних занять;
- Самостійному опрацюванні лекційного матеріалу.

Види контролю: Усне опитування з теоретичного матеріалу, активність та робота на практичних заняттях.

Критерії оцінювання: Оцінка рівня володіння матеріалу та його застосування.

Лекція 8. Забезпечення безпеки по флатеру несучого гвинта вертоліта.

Практичне заняття 14. Розрахунок дивергенції крила .

Самостійна робота студентів полягає у:

- Підготовці та аналізі результатів практичних занять;
- Самостійному опрацюванні лекційного матеріалу.

Види контролю: Усне опитування з теоретичного матеріалу, активність та робота на практичних заняттях.

Критерії оцінювання: Оцінка рівня володіння матеріалу та його застосування.

- Самостійному опрацюванні лекційного матеріалу;

- Підготовці до Контрольної роботи за Змістовний модуль 2.

Види контролю: Усне опитування з теоретичного матеріалу, активність та робота на практичних заняттях.

Критерії оцінювання: Оцінка рівня володіння матеріалу та його застосування.

Модульний контроль

Контрольна робота за Змістовний модуль 2. Згинально-крутильний флатер крила. Згинано-елеронний флатер крила. Панельний флатер. Маховий флатер несучого гвинта вертоліту

Критерії оцінювання: Максимальна оцінка за модульну контрольної роботи складає 50 балів. Неповне виконання завдання, помилки у використанні алгоритмів, некоректна зупинка алгоритму призводить до зниження оцінки на 1-20 балів.

5. Індивідуальні завдання

РГР – Розрахунок дивергенції крила.

6. Методи навчання

Проведення лекцій і практичних занять, індивідуальні консультації, самостійна робота здобувачів за методичними посібниками.

7. Методи контролю

Усне опитування з теоретичного матеріалу, активність та робота на практичних заняттях, здача РГР, перевірка контрольних робіт, залік у письмової формі, іспит.

8. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі освіти

Таблиця 8.1 – Розподіл балів, які отримують здобувачі освіти

| Складові навчальної роботи | Бали за одне заняття (завдання) | Кількість занять (завдань) | Сумарна кількість балів |
|--|---------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Змістовний модуль 1 | | | |
| Активність під час аудиторної роботи | 0...10 | 10 | 0...10 |
| Виконання практичних робіт | 0...10 | 2 | 0...10 |
| Контрольна робота за Змістовний модуль 1 | 0...10 | 1 | 0...30 |
| Змістовний модуль 2 | | | |
| Активність під час аудиторної роботи | 0...10 | 10 | 0...10 |
| Виконання практичних робіт | 0...10 | 2 | 0...10 |
| Контрольна робота за Змістовний модуль 2 | 0...10 | 1 | 0...30 |
| Усього за семестр | | | 0...100 |

Семестровий контроль (*письмовий іспит*) проводиться у разі відмови здобувача від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту. Під час складання семестрового іспиту здобувач має можливість отримати максимум 100 балів.

Таблиця 8.3 – Шкали оцінювання: бальна і традиційна

| Сума балів | Оцінка за традиційною шкалою | |
|------------|------------------------------|---------------|
| | Іспит, диференційний залік | Залік |
| 90 – 100 | Відмінно | Зараховано |
| 75 – 89 | Добре | |
| 60 – 74 | Задовільно | |
| 0 – 59 | Незадовільно | Не зараховано |

Критерії оцінювання роботи здобувача освіти протягом семестру

Задовільно (60-74) – Здати всі завдання та тестування: тестове завдання відкритої форми у вигляді задачі. Виконується на практичних заняттях на кожний змістовий модуль (3 задачі за курс). Необхідно отримати рівняння заданого типу та їх вирішення методами, що вивчаються в курсі "в цілому" для кожного завдання. Підраховуються дії студента по зображенню розрахункової схеми, відображенню векторів, запису і розв'язанні рівнянь. Помилкові дії не зараховуються, а грубі помилки віднімаються, і в остаточному результаті студент отримує оцінку пропорційне своїм правильним діям до максимально можливих правильних дій у даній задачі.

Добре (75-89) – Необхідне регулярне відвідування занять та участь у проміжному контролі у вигляді участі у ході вирішення завдань на практиці та обговоренні результатів розрахунків. Крім базових вимог на оцінку «задовільно», захистити всі завдання, здати тестування та поза аудиторну самостійну роботу. Вирішення завдання не повинно містити грубих помилок, а відповіді викликати сумніви в достовірності. По кожній темі треба вміти скласти матрицю жорсткості обраного елемента та системи загалом, а також отримати вектор сил для обраної системи координат. Вміти вирішувати отримані рівняння, знаходити переміщення, деформації і напруження для кожного типу використовуваних елементів.

Відмінно (90-100) – Здати всі контрольні точки з оцінкою «відмінно». Студент отримує максимальну за елемент контролю оцінку, якщо завдання виконане у відведений строк, з використанням комп'ютерної техніки, акуратно оформлене, містить аналіз отриманих результатів.

9. Політика навчального курсу

Відвідування занять. Регуляція пропусків. Здобувачі освіти, які за певних обставин не можуть відвідувати практичні заняття регулярно, повинні протягом тижня узгодити із викладачем графік індивідуального відпрацювання пропущених занять.

Дотримання вимог академічної доброчесності здобувачами освіти під час вивчення навчальної дисципліни. Під час виконання курсового проекту здобувачі освіти мають дотримуватися загальноприйнятих морально-етичних норм і правил поведінки, вимог академічної доброчесності, передбачених Положенням про академічну доброчесність Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут» (<https://khai.edu/assets/files/polozhennya/polozhennya-pro-akademichnu-dobrochesnist.pdf>).

Вирішення конфліктів. Порядок і процедури врегулювання конфліктів регламентуються Кодексом етичної поведінки в Національному аерокосмічному університеті «Харківський авіаційний інститут» (<https://khai.edu/ua/university/normativna-baza/ustanovchi-dokumenti/kodeks-etichnoi-povedinki/>).

10. Методичне забезпечення

1. Курнікін А. О. *Розрахунок дивергенції крила: Навч. посібник: Харків, ХАІ, 2021,- 50 с.*
2. <https://mentor.khai.edu/Аеропружність>

11. Рекомендована література

Базова

1. Кан С. Н. , Свердлов И. А. *Расчет самолета на прочность : Москва: Машиностроение, 1966. – 519 с.*
2. Зайцев В. Н., Рудаков В. Л. *Конструкция и прочность самолетов: Киев: Вища школа, 1978.- 487 с.*
3. Фершинг Г. *Основы аэроупругости : Москва: Машиностроение, 1974, -599 с.*

Допоміжна

1. Бисплингофф Р. Л., Эшли Х. *Аэроупругость: Москва: Иностранная литература, 1958. – 700 с.*

12. Інформаційні ресурси

1. *Механіка суцільних середовищ в інженерних розрахунках [Електронний ресурс] ; уклад. О. С. Сахаров, А. Я. Карвацький, С. В. Лелека [та ін.]. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,23 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2013. – 125 с. - Назва з екрана.*
2. <https://k102.khai.edu> - Сайт кафедри міцності літальних апаратів
3. <http://library.khai.edu> - Електронна бібліотека ХАІ: