

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

Кафедра міцності літальних апаратів (№ 102)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми


(підпис)

Віталій МІРОШНІКОВ
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

СИЛАБУС ОBOB'ЯЗКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Автоматизація інженерних досліджень
(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 та міцність машин
(найменування освітньої програми)

Рівень вищої освіти: *другий (магістерський)*

Силабус введено в дію з 01.09.2025

Харків – 2025 р.

Розробник (и): Мірошніков В.Ю., зав.каф. 102, д.т.н., проф.
(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)

Олена АРУТЮНЯН
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

1. Загальна інформація про викладача



ПІБ: *Мірошніков Віталій Юрійович*

Посада: *зав.каф.102*

Науковий ступінь: *доктор технічних наук*

Вчене звання: *професор*

Перелік дисциплін, які викладає:

Міцність літальних апаратів,

Високоточні методи розрахунку міцності деталей та конструкцій,

Розрахунок на міцність волокнистих композитів

Напрями наукових досліджень:

Механіка матеріалів та конструкцій,

прикладна механіка,

будівельна механіка,

теорія пружності,

міцність літаків,

високоточні методи розрахунку деталей та механізмів,

міцність композитів.

Контактна інформація: v.miroshnikov@khai.edu,

+38067 7893333

2. Опис навчальної дисципліни

Форма здобуття освіти	<i>Денна</i>
Семестр	1
Мова викладання	Українська
Тип дисципліни	Обов'язкова
Обсяг дисципліни: кредити ЄКТС/ кількість годин	<i>денна: 5 кредитів ЄКТС / 150 годин (64 аудиторних, з яких: лекції – 32, практичні – 32; СРЗ – 86);</i>
Види навчальної діяльності	Лекції, практичні, самостійна робота
Види контролю	Поточний контроль, семестровий контроль - залік
Пререквізити	<i>Міцність літальних апаратів, Опір матеріалів, Теорія пружності</i>
Кореквізити	<i>Проектування літальних апаратів, Розрахунок на міцність конструкцій і механізмів</i>
Постреквізити	<i>Дипломне проектування</i>

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

Мета – Вивчити структуру, алгоритми та процедури розв'язання задач механіки деформівного твердого тіла з використанням методу скінченних елементів у середовищі MSC.NASTRAN/PATRAN.

Завдання – Набути практичних навичок роботи з інтерфейсом та інструментами MSC.PATRAN, навчитися обирати та застосовувати коректні розрахункові схеми для різних типів конструкцій, опанувати теоретичні та практичні аспекти лінійного статичного та динамічного аналізу, а також розв'язання контактних задач.

Компетентності, які набуваються:

Інтегральна компетентність:

Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми в галузі авіаційної та ракетно-космічної техніки або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів технічних наук і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

Загальні компетентності (ЗК)

Після закінчення цієї програми здобувач освіти буде здатен:

- Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.
- Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.
- Здатність працювати у команді.
- Здатність генерувати нові ідеї (креативність).
- Здатність приймати обґрунтовані рішення.
- Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

Спеціальні компетентності (СК або ФК)

Після закінчення цієї програми здобувач освіти буде здатен:

- Здатність призначати оптимальні матеріали для елементів конструкції авіаційної та ракетно-космічної техніки.
- Здатність здійснювати розрахунки елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки на міцність.
- Здатність проектувати та здійснювати випробування елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки, її обладнання, систем та підсистем.
- Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій та спеціалізованого програмного забезпечення при навчанні та у професійній діяльності.
- Здатність враховувати економічні та управлінські аспекти виробництва елементів та об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки у професійній діяльності.

Програмні результати навчання (ПРН або РН):

Програмні результати навчання (ПРН):

- *Вільно спілкуватися усно і письмово державною та іноземною мовами з професійних питань.*
- *Володіти засобами сучасних інформаційних та комунікаційних технологій в обсязі, достатньому для навчання та професійної діяльності.*
- *Пояснювати свої рішення і підґрунтя їх прийняття фахівцям і не фахівцям в ясній і однозначній формі.*
- *Володіти навичками самостійного навчання та автономної роботи для підвищення професійної кваліфікації та вирішення проблем в новому або незнайомому середовищі.*
- *Володіти логікою та методологію наукового пізнання, що ґрунтується на розумінні сучасного стану і методології предметної області.*
- *Дотримуватися вимог галузевих нормативних документів щодо процедур проектування, виробництва, випробування та (або) сертифікації елементів та об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки на всіх етапах їх життєвого циклу.*
- *Пояснювати вплив конструктивних параметрів елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки на її льотно-технічні характеристики. Мати уявлення про методи забезпечення стійкості та керованості авіаційної та ракетно-космічної техніки.*
- *Володіти навичками визначення навантажень на конструктивні елементи авіаційної та ракетно-космічної техніки на усіх етапах її життєвого циклу.*
- *Описувати експериментальні методи дослідження структурних, фізико-механічних і технологічних властивостей матеріалів та конструкцій.*
- *Застосовувати у професійній діяльності сучасні методи проектування, конструювання та виробництва елементів та систем авіаційної та ракетно-космічної техніки.*
- *Обчислювати напружено-деформований стан, визначати несійну здатність конструктивних елементів та надійність систем авіаційної та ракетно- космічної техніки.*

4. Зміст навчальної дисципліни

МОДУЛЬ 1

Змістовний модуль 1. Засоби моделювання елементів конструкцій у програмному комплексі NASTRAN/PATRAN

Тема 1. Вступ. Роль автоматизації інженерних досліджень.

Стисла анотація: Тема присвячена ознайомленню з предметом курсу, огляду сучасних CAD/CAE систем в авіабудуванні та вивченню інтерфейсу препроцесора MSC.Patran. Розглядається структура баз даних та налаштування робочого середовища.

Лекції: Предмет та задачі курсу. Огляд можливостей пакету MSC.NASTRAN/PATRAN. Архітектура програмного комплексу.

Практичне заняття: Знайомство з графічним інтерфейсом користувача (GUI) MSC.Patran. Налаштування шляхів доступу, робота з Viewport, керування відображенням моделі.

Самостійна робота: Опрацювання матеріалу лекцій. Встановлення та налаштування навчальної версії програмного забезпечення на власному ПК.

Тема 2. Скінченні елементи та їх властивості.

Стисла анотація: Розглядаються типи скінченних елементів (CBAR, CQUAD4, CTETRA тощо), які використовуються для моделювання авіаційних конструкцій. Вивчається методика створення геометричної моделі та генерації скінченно-елементної сітки.

Лекції: Топологія 0D, 1D, 2D та 3D елементів. Математичні моделі фізичних властивостей матеріалів (ізотропні, ортотропні). Критерії якості скінченно-елементної сітки.

Практичні заняття: Створення геометричних примітивів. Генерація сітки (Meshing). Задання фізичних властивостей (Properties) та матеріалів (Materials). Перевірка якості сітки (Equivalence, Verify).

Самостійна робота: Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до лабораторної роботи: вивчення типів елементів у довідковій документації MSC.Patran.

Тема 3. Алгоритм створення моделі елементів авіаційних конструкцій та статичний аналіз.

Стисла анотація: Вивчається повний цикл інженерного розрахунку: від прикладання навантажень та граничних умов до запуску розрахунку та аналізу результатів. Основна увага приділяється лінійному статичному аналізу (Linear Static).

Лекції: Типи граничних умов та навантажень в авіаційних задачах. Розрахункові схеми. Формування вхідного файлу для вирішувача (Solver). Постпроцесинг: методи візуалізації результатів.

Практичні заняття: Створення повної SE-моделі кронштейна/панелі. Задання граничних умов (Constraints) та навантажень (Loads). Запуск

розрахунку (Analysis). Аналіз напружено-деформованого стану (НДС) у постпроцесорі.

Самостійна робота: Виконання етапу розрахункової роботи (PP): побудова моделі обраного вузла літака. Підготовка до модульної контрольної роботи №1.

Змістовний модуль 2. Спеціальні види розрахунків та автоматизація в середовищі NASTRAN/PATRAN

Тема 4. Аналіз контактних задач (Linear Contact).

Стисла анотація: Тема охоплює методи моделювання взаємодії деталей у складальних одиницях. Розглядаються спеціальні контактні елементи та налаштування параметрів лінійного контакту.

Лекції: Постановка контактної задачі в МСЕ. Структура та властивості Гар-елементів. Поняття контактної жорсткості та тертя. Алгоритми збіжності контактних задач.

Практичні заняття: Моделювання провущини з пальцем (болтовим з'єднанням) з використанням Slide Line або Гар-елементів. Аналіз контактних тисків.

Самостійна робота: Опрацювання матеріалу лекцій. Аналіз впливу параметрів сітки в зоні контакту на точність результатів (дослідницьке завдання).

Тема 5. Моделювання лінійних динамічних процесів.

Стисла анотація: Вивчаються основи динаміки конструкцій. Розглядається модальний аналіз (визначення власних частот) як база для розрахунків на флаттер та динамічну міцність.

Лекції: Рівняння руху системи з багатьма ступенями вільності. Методи вилучення власних чисел (Lanczos, Givens). Власні форми та частоти (Normal Modes).

Практичні заняття: Розрахунок власних частот та форм коливань крила або балки. Аналіз впливу маси та жорсткості на динамічні характеристики.

Самостійна робота: Проведення модального аналізу для моделі з розрахункової роботи. Оформлення звіту з PP.

Тема 6. Спеціальні можливості та автоматизація (PCL, Fields, Buckling).

Стисла анотація: Розглядаються інструменти для моделювання складних нерівномірних навантажень та автоматизації рутинних операцій за допомогою мови скриптів. Також вивчається розрахунок на втрату стійкості.

Лекції: Використання полів (Fields) для задання змінних навантажень. Основи синтаксису PCL (Patran Command Language). Постановка задачі стійкості (Buckling) в лінійній постановці.

Практичні заняття: Задання аеродинамічного тиску, що змінюється за розмахом крила, через Spatial Field. Ознайомлення з session-файлом. Розрахунок критичної сили стиснутого стрижня.

Самостійна робота: Підготовка до захисту розрахункової роботи. Підготовка до модульної контрольної роботи №2 та іспиту.

5. Індивідуальні завдання

Виконання розрахункової роботи на тему: Аналіз напруженого стану елерону літака методом скінчених елементів.

Мета: Закріпити теоретичні знання з основ методу скінчених елементів (MSE) та надати практичні навички виконання інженерних розрахунків на міцність з використанням сучасних програмних комплексів (MSC.Patran/Nastran).

Зміст завдання:

1. Створення розрахункової моделі: Обґрунтування вибору типу скінчених елементів (1D, 2D), побудова геометрії та генерація сітки (Meshing) з перевіркою її якості.
2. Сформування граничних умов та навантажень: Моделювання умов закріплення конструкції (Constraints) та прикладання експлуатаційних навантажень (аеродинамічний тиск, зосереджені сили).
3. Виконання розрахунку (Solving): Налаштування параметрів вирішувача MSC.Nastran, формування вхідного файлу та запуск лінійного статичного аналізу (Linear Static).
4. Аналіз результатів: Отримання полів напружень (Von Mises Stress) та переміщень (Displacements) у різних точках тіла. Ідентифікація зон концентрації напружень.
5. Проведення параметричного аналізу: Дослідження впливу зміни геометричних параметрів (наприклад, товщини обшивки, кроку нервюр або розмірів перерізу лонжерона) на напружено-деформований стан та масу конструкції.

6. Методи навчання

Лекції, практичні заняття, індивідуальні консультації, самостійна робота здобувачів за методичними посібниками, виконання індивідуального завдання.

7. Методи контролю

Поточний контроль виконання індивідуального завдання, оцінювання самостійної роботи студентів.

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...3	6	0...18
Виконання та захист практичних робіт	0...3	6	0...18
Змістовний модуль 2			
Активність під час аудиторної роботи	0...3	6	0...18
Виконання практичних робіт	0...3	6	0...18
Виконання індивідуального завдання	0...28	1	0...28
Усього за семестр			0...100

Семестровий контроль (*іспит*) - виконання індивідуального завдання є обов'язковим для всіх здобувачів освіти. Під час складання семестрового *іспиту* здобувач освіти має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з двох теоретичних питань (30 балів за кожне) і одного практичного завдання (40 балів) (сума – 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) – Мати базові знання з інтерфейсу та функціоналу *MSC.Patran/Nastran*. Вміти створювати прості геометричні моделі, генерувати сітку та виконувати лінійний статичний розрахунок. Індивідуальне завдання виконано, але має незначні недоліки в оформленні або аналізі результатів.

Добре (75-89) – Мати тверді знання теоретичних основ *MSE* та навички роботи з різними типами скінченних елементів. Вміти налаштовувати контактну взаємодію та проводити модальний аналіз. Індивідуальне завдання виконано якісно, результати коректно інтерпретовані.

Відмінно (90-100) – Мати глибокі знання з методів комп'ютерного моделювання, вміти використовувати засоби автоматизації (PCL, Fields) та розв'язувати нестандартні задачі (стійкість, складна геометрія). Індивідуальне завдання виконано бездоганно, містить глибокий аналіз та обґрунтування отриманих рішень.

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 індивідуального завдання 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. Вакал Є. С., Ловейкін А. В. *Методи математичної фізики в прикладах і задачах : навчальний посібник для студентів механіко-математичного факультету.* – К.: Видавець Кравченко Я.О., 2020. 188 с. <https://mentor.khai.edu/mod/resource/view.php?id=290007>

2. Карвацький А. Я. *Метод скінченних елементів у задачах механіки суцільних середовищ. Лабораторний практикум з навчальної дисципліни. КПІ ім. Ігоря Сікорського.* Київ, 2018, 392 с. <https://mentor.khai.edu/mod/resource/view.php?id=203369>

3. Бойко Т. С. *Розширений план лекцій. Нац. аерокосм. ун-т «Харків. авіац.*

ін-т», 2019. – 14 с. <https://mentor.khai.edu/mod/resource/view.php?id=297969>

4. Ментор - <https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=2411>.

11. Рекомендована література

Базова

1. Гребенніков М. М., Мірошніков В. Ю., Пекельний М. І. Теорії міцності. Складний опір: навч. посіб.– Харків: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2022. – 162 с.

2. Дібір О. Г.. Будівельна механіка авіаційних конструкцій: навч. посіб. В 2 ч. Ч. 2 : Розрахунок тонкостінних стрижнів – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2020. – 280 с.

3. О. П. Остап, В. М. Федірко, В. М. Учанін, С. А. Бичков [та др.] Механіка руйнування та міцність матеріалів : довід. посіб. Т. 9 : Міцність і довговічність авіаційних матеріалів та елементів конструкцій; - Львів. - Сполом, 2007. - 1068 с.

Допоміжна

1. Е.Д. Чихладзе, М.А. Веревічева, Є.І. Галагурия, М.О. Ковальов, Л.Б. Кравців, О.В. Опанасенко, А.М. Петров. Основи лінійної теорії пружності, пластичності та повзучості.– Харків: УкрДАЗТ, 2010. – 149 с.

2. Кан С.Н., Свердлов И.А. "Расчет самолета на прочность", М., Машиностроение, 1966г.

3. Фомичев П.А. "Методы расчета усталостной долговечности элементов авиаконструкций" (Учебное пособие), ХАИ, 1992г.

4. Фомичев П. А. Проектирование и расчет на прочность шасси рессорного типа [Електрон.ресурс]: учеб. пособие /П.А. Фомичев, Т.С. Бойко, С.Ф. Мандзюк, Е.Ф. Кучерявый. -- Х.: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиаци. ин-т», 2015. -- 82 с.

12. Інформаційні ресурси

1. <https://k102.khai.edu> - Сайт кафедри міцності літальних апаратів
2. <https://avia.gov.ua> -- Державна авіаційна служба України
3. <https://www.easa.europa.eu> -- Європейське агентство авіаційної безпеки
4. <https://www.faa.gov/> -- Федеральне управління цивільної авіації США
5. Електронна бібліотека ХАІ: <http://library.khai.edu>