

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

Кафедра космічної техніки та нетрадиційних джерел енергії (№ 402)
Кафедра композиційних конструкцій та авіаційного матеріалознавства (№ 403)

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Гарант ОП

_____ Ігор ТАРАНЕНКО

« » _____ 2025 р.

**СИЛАБУС
ОБОВ'ЯЗКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Комп'ютерні методи розрахунку конструкцій ракетно-космічної техніки

Галузь знань: 13 «Механічна інженерія»

Спеціальність: 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»

Освітня програма: «Ракетно-космічна техніка»

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Силабус введено в дію з 01.09.2025

Харків – 2025 р.

Розробники:

доцент кафедри композиційних конструкцій
та авіаційного матеріалознавства (№ 403)

к.т.н., доцент

_____ Федір ГАГАУЗ

старший викладач кафедри
космічної техніки та нетрадиційних
джерел енергії (№ 402)



_____ Максим НАКАЗНЕНКО

Силабус навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри композиційних конструкцій та авіаційного матеріалознавства (№403), протокол № 1 від 26.08.2025 та на засіданні кафедри космічної техніки та нетрадиційних джерел енергії (№ 402), протокол № 1 від 28.08.2025 р.

В.о. завідувача кафедри 402

к.т.н., доцент



_____ Юрій ШЕПЕТОВ

В.о. завідувача кафедри 403

к.т.н., доцент

_____ Федір ГАГАУЗ

Погоджено з представником здобувачів освіти:

_____ Тимофій ВІННІЧЕНКО

1. Загальна інформація про викладача

	ПІБ: Гагауз Федір Миронович
	Посада: доцент кафедри композиційних конструкцій та авіаційного матеріалознавства
	Науковий ступінь: кандидат технічних наук
	Вчене звання: доцент
	Перелік дисциплін, які викладає: «Комп'ютерні методи розрахунку конструкцій ракетно-космічної техніки» «Композитні конструкції в авіаційній та ракетно-космічній техніці» «Механіка та міцність конструкцій з композитів» «Інженерний аналіз композитних конструкцій»
	Напрями наукових досліджень: -Механіка та міцність композитних конструкцій; -Проектування та оптимізація композитних конструкцій; -Моделювання композитних конструкцій методом скінченних елементів;
Контактна інформація: f.gagauz@khai.edu	

	ПІБ: Наказненко Максим Миколайович
	Посада: старший викладач кафедри космічної техніки та нетрадиційних джерел енергії
	Науковий ступінь: -
	Вчене звання: -
	Перелік дисциплін, які викладає: «Комп'ютерні методи розрахунку конструкцій ракетно-космічної техніки» «Системи автоматизованого проектування двигунів та енергоустановок ЛА» «Проектування вітроагрегатів» «Експлуатація нетрадиційних енергетичних установок» «Комплексні енергетичні установки з нетрадиційними джерелами енергії»
	Напрями наукових досліджень: -Проектування та розрахунок енергоустановок з НДЕ; -Моделювання теплових режимів мікросупутників; -Нетрадиційні джерела енергії;
Контактна інформація: m.nakaznenko@khai.edu	

2. Опис навчальної дисципліни

Форма здобуття освіти	Денна, заочна
Семестр	8 (6)
Мова викладання	Українська
Тип дисципліни	Обов'язкова
Обсяг дисципліни: кредити ЄКТС / кількість годин	<u>денна</u> : 4 кредити ЄКТС / 120 годин (48 аудиторних, з яких: лекції – 24, практичні – 24; СРЗ – 72); <u>заочна</u> : 4 кредити ЄКТС / 120 годин (6 аудиторних, з яких: лекції – 2, практичні – 4; СРЗ – 114)
Види навчальної діяльності	Лекції, практичні заняття, розрахункова робота, самостійна робота
Види контролю	Поточний контроль, модульний контроль, контроль виконання розрахункової роботи, семестровий контроль – іспит
Пререквізити	Геометричне моделювання та графічні інформаційні технології; Аерогазогідродинаміка; Механіка матеріалів та конструкцій; Комп'ютерні технології проектування конструкцій РКТ
Кореквізити	Дисципліни блоку професійного спрямування Major
Постреквізити	Кваліфікаційна робота
Примітки: СРЗ – самостійна робота здобувача	

3. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: формування у здобувачів освіти теоретичних та практичних знань для вирішення задач і проблем, пов'язаних з розробкою конструкцій та систем ракетно-космічної техніки.

Завдання: вивчення комп'ютерних методів для моделювання та аналізу параметрів потоку методом кінцевих об'ємів, а також методів аналізу несної здатності конструкцій ракетно-космічної техніки.

Компетентності, які набуваються:

Інтегральна компетентність: здатність розв'язувати складні спеціалізовані та практичні задачі, пов'язані з створенням конструкцій ракетно-космічної техніки у тому числі із композиційних матеріалів, що передбачає застосування теорій та методів механічної інженерії, і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

Загальні компетентності:

Після закінчення цієї програми здобувач освіти буде здатен:
Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій;
Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

Спеціальні (фахові) компетентності:

Після закінчення цієї програми здобувач освіти буде здатен:

Здатність здійснювати розрахунки елементів ракетно-космічної техніки на міцність;

Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій та спеціалізованого програмного забезпечення при навчанні та у професійній діяльності;

Здатність використовувати відповідне програмне забезпечення (мови програмування, пакети) для розрахунків та проєктування конструкцій РКТ.

Програмні результати навчання:

Володіти засобами сучасних інформаційних та комунікаційних технологій в обсязі, достатньому для навчання та професійної діяльності;

Володіти навичками самостійного навчання та автономної роботи для підвищення професійної кваліфікації та вирішення проблем в новому або незнайомому середовищі;

Володіти навичками визначення навантажень на конструктивні елементи ракетно-космічної техніки на усіх етапах її життєвого циклу;

Застосовувати у професійній діяльності сучасні методи проєктування, конструювання та виробництва елементів та систем ракетно-космічної техніки;

Обчислювати напружено-деформований стан, визначати несучу здатність конструктивних елементів та надійність систем ракетно-космічної техніки.

4. Зміст навчальної дисципліни

Змістовний модуль №1

Модуль інженерного аналізу SolidWorks Flow Simulation

ТЕМА 1. Теоретичні основи CFD-аналізу (computational fluid dynamics). Основні можливості пакету інженерного аналізу SolidWorks Flow Simulation та порівняння з існуючими CFD системами.

Загальна інформація про CFD-пакети, структура пакетів та особливості ведення розрахунків. Огляд сфери застосування пакету SolidWorks Flow Simulation та його особливості.

Теоретичні основи CFD – аналізу : Рівняння Нав'є–Стокса та фізичні моделі; види течій(ламінарна, турбулентна, стискувана/нестискувана); теплопередача (конвекція, теплопровідність, випромінювання).

Основи роботи у SolidWorks Flow Simulation. Інтерфейс та структура проєкту. Створення геометрії та оптимізація моделі для аналізу. Налаштування обчислювальної області. Задання початкових та граничних умов для розрахунків. Вибір типу сітки її щільності та адаптація з контролем похибки.

Фізичні моделі турбулентності на їх відмінності Моделі фізичних процесів теплопередачі та теплові навантаження , пористі середовища, теплові опори, випромінювання.

Постпроцесінг: побудова векторних полів, ліній струму, ізоповерхонь, карти тиску, швидкості, температури. Аналіз результатів: діаграми, таблиці, звіти.

Лекції: Основи CFD та роль чисельних методів у сучасному проєктуванні. Загальна інформація про CFD-пакети, структура пакетів. Можливості SolidWorks Flow Simulation. Типи задач: зовнішні, внутрішні, теплові. Підготовка моделей до розрахунку. Типові помилки під час підготовки CAD-моделей. Налаштування задачі для розрахунку (Використання майстра Wizard). Вибір середовища (повітря, вода, інші рідини/газові суміші). Задання граничних і початкових умов. Огляд фізичних моделей: турбулентність, теплообмін, гравітація. Сітка та розрахунок (Принцип побудови обчислювальної сітки. Глобальні та локальні налаштування. Критерії збіжності та точності. Запуск розрахунку та контроль результатів.

Практичні заняття: Розрахунок аеродинамічних характеристик авіаційного профілю. Дослідження сопла Лавалю. Дослідження теплового пограничного шару.

Самостійна робота здобувача освіти: опрацювання матеріалу лекцій; підготовка до практичних робіт і виконання завдань; підготовка до модульного контролю.

ТЕМА 2. Прикладні задачі, що вирішуються за допомогою SolidWorks Flow Simulation

Особливості підготовки 3-D моделі гвинта(Спрощення геометрії, створення розрахункової під-області, циліндричний об'єм повітря/рідини навколо гвинта.) Особливості налаштування під-областей обертання. Особливості створення локальних сіток. Карти швидкості та тиску на лопатях. Візуалізація вихрових структур за гвинтом. Розрахунок тяги (Force) і ККД.

Аеродинамічний розрахунок об'єктів що рухаються з надзвуковою швидкістю. Використання спрощень в розрахунку симетричності розрахункової моделі ракети для спрощення. Аналіз результатів симуляції.

Створення вакууму як робочого середовища . Налаштування радіаційного теплообміну. Задання теплових джерел. Сонячне випромінювання (Solar Load). Задання інфрачервоного випромінювання Землі та відбиття від Землі. Орієнтація супутника (кут до Сонця). Аналіз теплових режимів

Лекції: Особливості налаштування під-областей обертання. Особливості створення локальних сіток. Адаптивна оптимізація сітки. Контроль якості сітки. Нестационарні теплові та аеродинамічні задачі. Імпорт розрахованих силових та теплових факторів що діють на конструкції PKT з SolidWorks Flow Simulation в SolidWorks Simulation.

Практичні заняття: Дослідження гвинта. Дослідження обтікання ракети. Дослідження теплового режиму мікросупутника.

Самостійна робота здобувача освіти: опрацювання матеріалу лекцій; підготовка до практичних робіт і виконання завдань; підготовка до модульного контролю.

Модульний контроль 1. Модульний контроль проводиться у вигляді тестування на ЕОМ. Комплекс тестових завдань складається з 20 теоретичних і практичних питань за наведеними вище темами змістового модулю 1.

Змістовний модуль №2

Модуль інженерного аналізу SolidWorks Simulation

ТЕМА 3. Основні можливості пакету інженерного аналізу SolidWorks Simulation

Загальна інформація про системи інженерного аналізу (Computer-Aided Engineering). Знайомство з основними інструментами пакету SolidWorks Simulation, видами вирішуваних задач. Ознайомлення з основними етапами створення скінченно-елементної моделі: нанесення сітки скінчених елементів, опис властивостей матеріалів і скінчених елементів, накладення граничних умов і зовнішніх навантажень. Набуття навичок створення скінченно-елементних моделей і проведення розрахунків несної здатності і параметрів жорсткості конструкцій ракетно-космічної техніки (аналіз напружено-деформованого стану, коефіцієнтів запасу міцності і стійкості конструкцій, власних частот і форм коливань конструкцій тощо).

Лекції: Інтерфейс модуля SolidWorks Simulation. Створення сітки скінчених елементів: типи скінчених елементів, адаптивна сітка, якість сітки. Моделювання граничних умов та зовнішніх навантажень. Проведення розрахунку. Відображення та інтерпретація результатів аналізу несної здатності.

Практичні заняття: Розрахунок ферми з використанням одномірних елементів. Розрахунок стикувального вузла корпусу літального апарату. Динамічний аналіз відсіку корпусу літального апарату.

Самостійна робота здобувача освіти: опрацювання матеріалу лекцій; підготовка до практичних робіт і виконання завдань; виконання розрахунково-графічної роботи; підготовка до модульного контролю.

ТЕМА 4. Розширені можливості SolidWorks Simulation

Особливості моделювання композитних конструкцій ракетно-космічної техніки: опис властивостей композиційних матеріалів (КМ), моделювання структури КМ, вивчення основних критеріїв міцності. Ознайомлення з основними інструментами модуля для формулювання і вирішення задач параметричної та топологічної оптимізації конструкцій. Набуття навичок проведення розрахунків композитних конструкцій ракетно-космічної техніки та оптимізаційних досліджень.

Лекції: Моделювання конструктивних елементів конструкцій ракетно-космічної техніки із КМ. Постановка задачі параметричної оптимізації. Топологічна оптимізація в SolidWorks: проведення дослідження і робота із топологічно оптимізованою геометрією.

Практичні заняття: Розрахунок крила літального апарату із КМ. Параметрична оптимізація панелі. Топологічна оптимізація кронштейна.

Самостійна робота здобувача освіти: опрацювання матеріалу лекцій; підготовка до практичних робіт і виконання завдань; виконання розрахунково-

графічної роботи; підготовка до модульного контролю.

Модульний контроль 2. Модульний контроль проводиться у вигляді тестування на ЕОМ. Комплекс тестових завдань складається з 20 теоретичних і практичних питань за наведеними вище темами змістового модулю 2.

5. Індивідуальні завдання

Курс передбачає виконання індивідуальної розрахункової роботи (РР). Тема РР: «Структурний та аеродинамічний аналіз об'єкта що рухається з дозвуковою швидкістю». Результат розрахунків оформлюється у письмовий звіт.

6. Методи навчання

Проведення лекцій, практичних занять, індивідуальні консультації (при необхідності).

7. Методи контролю

Проведення поточного контролю виконання завдань до практичних робіт, контроль виконання РР, модульний контроль у вигляді тестування за темами змістовних модулів, підсумковий (семестровий) контроль у вигляді іспиту.

8. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі

Таблиця 8.1 – Розподіл балів, які отримують здобувачі освіти

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)		Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів	
	min	max		min	max
Змістовий модуль 1					
Практичні роботи	3	5	6	18	30
Модульний контроль 1	6	10	1	6	10
Розрахунково-графічна робота	12	20	1	12	20
Всього за змістовим модулем				36	60
Змістовий модуль 2					
Практичні роботи	3	5	6	18	30
Модульний контроль 2	6	10	1	6	10
Всього за змістовим модулем				24	40
Всього за семестр				60	100

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови здобувача освіти від балів підсумкового контролю й за наявності допуску до іспиту (виконаної розрахункової роботи). Під час складання семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 80 балів. Іспит проводиться у вигляді тестування на ЕОМ. Екзаменаційний тест складається з 40 теоретичних і практичних питань.

Максимальна кількість балів за кожну правильну відповідь на питання екзаменаційного тесту – 2 бали.

Критерії оцінювання роботи здобувача освіти протягом семестру

Задовільно (60-74). Показати мінімум знань та умінь. Здати практичні роботи і розрахункову роботу, пройти модульні тести. Знати основні поняття у предметній галузі.

Добре (75-89). Твердо знати мінімум, здати всі модульні завдання, практичні та розрахункову роботу. Знати основні поняття у предметній галузі, вміти проводити аналіз обтікання та теплового балансу складних конструкцій РКТ, та розрахунки несної здатності елементів конструкцій ракетно-космічної техніки.

Відмінно (90-100). Здати всі контрольні заходи та додаткову поза аудиторну самостійну роботу з оцінкою «відмінно». Досконально володіти інформацією за всіма темами та вміти застосовувати її.

Шкала оцінювання: бальна і традиційна

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

9. Політика навчального курсу

Відвідування занять. Інтерактивний характер курсу не передбачає обов'язкового відвідування лекційних і практичних занять. Здобувачі освіти, які за певних обставин не можуть відвідувати практичні заняття регулярно, повинні до початку тижня підсумкового контролю здати звіти з пропущених практичних робіт. Обов'язковим контрольним заходом є виконання розрахункової роботи.

Дотримання вимог академічної доброчесності. Під час вивчення навчальної дисципліни 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>). Очікується, що роботи здобувачів освіти будуть їх оригінальними дослідженнями або міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикавання джерел, списування, втручання в роботу інших здобувачів освіти становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі здобувача освіти є підставою для її незарахування викладачем незалежно від масштабів плагіату чи обману.

Вирішення конфліктів. Порядок і процедури врегулювання конфліктів, пов'язаних із корупційними діями, зіткненням інтересів, різними формами дискримінації, сексуальними домаганнями, міжособистісними стосунками та іншими ситуаціями, що можуть виникнути під час навчання, а також правила етичної поведінки регламентуються Кодексом етичної поведінки в Національному аерокосмічному університеті «Харківський авіаційний інститут» (<https://khai.edu/assets/files/univer-sogodni/kodeks-etichnoi-povedinki-1.pdf>).

10. Методичне забезпечення

Презентації матеріалу лекційних занять; методичні вказівки до виконання практичних робіт та розрахункової роботи. Посилання на курс у системі дистанційного навчання Ментор:

<https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=9532>.

11. Рекомендована література

Базова

1. Інжиніринг та 3D моделювання в середовищі Solidworks: навч. посібник / В.Я. Ворощук, Т.М. Вітенько. – Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2023.
2. Solidworks у завданнях 3D моделювання та інжинірингу технічних систем: навч. посібник / В.Я. Ворощук, Т.М. Вітенько. – Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2021.
3. Прикладні комп'ютерні технології в галузі / С. Л. Горященко. Хмельницький: ХНУ, 2021.
4. Проектування енергоустановок та їх елементів за допомогою САПР. Розділ1. SOLIDWORKS Flow Simulation. / М. М. Наказненко. Харків: НАУ «ХАІ» 2026
5. John E. Matsson. An introduction to SolidWorks Flow Simulation 2024. SDC publications, 2024.

Допоміжна

1. 3D-інженерія: SolidWorks: конспект лекцій / О. А. Новохат. – Київ, 2024.
2. An Introduction to Stress Analysis Applications with SolidWorks Simulation, Student Guide.
3. SolidWorks Flow Simulation 2014 Technical Reference
4. Gaurav Verma, Matt Weber Solid Works Flow Simulation 2025 Black Book

12. Інформаційні ресурси

1. <https://www.solidworks.com/product/solidworks-flow-simulation>.
2. <https://www.solidworks.com/product/solidworks-simulation>.
3. https://help.solidworks.com/2021/english/SolidWorks/SWHelp_List.html?id=c2304fa7765a43d98a03c489f861a49e#Pg0
4. https://help.solidworks.com/2023/english/SolidWorks/floexpress/c_flow_simulation_overview.htm
5. https://dshelp-embed.3ds.com/2024/english/UserGuide_HTML/mgchelp.htm#context=main&id=2