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

Кафедра конструкцій і проєктування ракетної техніки (№ 401)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми
_____ Ігор ТАРАНЕНКО
(підпис) (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)
«30» 08 2025 р.

СИЛАБУС ОБОВ'ЯЗКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Комп'ютерні технології проєктування конструкцій ракетно-космічної техніки
(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 13 «Механічна інженерія»
(шифр і найменування галузі знань
Спеціальність: 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»
(код і найменування спеціальності)
Освітня програма: «Ракетно-космічна техніка»
(найменування освітньої програми)

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Силабус введено в дію з 01.09.2025 року

Харків – 2025 р.

Розробник (и): Бетіна О.Ю. доцент кафедри 401, к.т.н, доцент _____
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання) (підпис)

Силабус навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри _____
Конструкцій і проєктування ракетної техніки
(назва кафедри)

Протокол № 1 від « 26 » 08 2025 р.

Завідувач кафедри к.т.н., доцент _____ Ганна КОЛОСКОВА
(науковий ступінь і вчене звання) (підпис) (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Погоджено з представником здобувачів освіти:

_____ Тимофій ВІННІЧЕНКО
(підпис) (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

1. Загальна інформація про викладача

ПІБ: Бетіна Олена Юріївна

Посада: доцент

Науковий ступінь: кандидат технічних наук

Вчене звання: доцент

Перелік дисциплін, які викладає:

- конструкція і проектування ракетних двигунів;
- двигунні установки безпілотних літальних апаратів;
- особливості проєктування літальних апаратів, призначених для освоєння космосу.

Напрями наукових досліджень:
проєктування безпілотних літальних апаратів; розробка систем повітряного старту ракет-носіїв; фізичне моделювання динаміки польоту літальних апаратів.

Контактна інформація:
+380677976981
o.betina@khai.edu

2. Опис навчальної дисципліни

Форма здобуття освіти	Денна, заочна
Семестр	7
Мова викладання	Українська
Тип дисципліни	Обов’язкова
Обсяг дисципліни: кредити ЄКТС/ кількість годин	*денна*: 3 кредити ЄКТС / 90 годин (48 аудиторних, з яких: практичні – 48; СРЗ – 42) *заочна*: 3 кредити ЄКТС / 90 годин (6 аудиторних, з яких: практичні – 6; СРЗ –84)
Види навчальної діяльності	Практичні заняття, самостійна робота
Види контролю	Поточний контроль, модульний контроль, семестровий контроль – залік
Пререквізити	Лінійна алгебра та аналітична геометрія; Математичний аналіз; Фізика; Теоретична механіка та Теорія машин і механізмів; Механіка матеріалів та конструкцій; Методи програмування та комп'ютерні методи обчислень; Загальна будова ракетно-космічної техніки; Проєктування конструкцій ракетно-космічної техніки; Аерогазогідродинаміка; Проєктування композитних конструкцій РКТ
Кореквізити	Технологія виробництва конструкцій РКТ
Постреквізити	Комп'ютерні методи розрахунку конструкцій ракетно-космічної техніки; Кваліфікаційна робота бакалавра

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

Мета – Формування знань та умінь для використання спеціалізованого програмного забезпечення (Solidworks Simulation) для розрахунку напружено-деформованого стану елементів конструкцій ракетно-космічної техніки методом скінчених елементів.

Завдання – вивчення методик та засобів для розрахунку напружено-деформованого стану елементів конструкцій ракетно-космічної техніки методом скінчених елементів за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення (Solidworks Simulation).

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 (ЗК)

Після закінчення цієї програми здобувач освіти буде здатен:

ЗК02. Здатність спілкуватися іноземною мовою.

ЗК04. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

ЗК08. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

Спеціальні компетентності (СК або ФК)

Після закінчення цієї програми здобувач освіти буде здатен:

ФК05. Здатність проєктувати та здійснювати випробування елементів ракетно-космічної техніки, її обладнання, систем та підсистем.

ФК07. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій та спеціалізованого програмного забезпечення при навчанні та у професійній діяльності.

ФК10. Здатність використовувати відповідне програмне забезпечення (мови програмування, пакети) для розрахунків та проєктування конструкцій РКТ.

Програмні результати навчання (ПРН або РН):

ПР03. Володіти засобами сучасних інформаційних та комунікаційних технологій в обсязі, достатньому для навчання та професійної діяльності.

ПР05. Володіти навичками самостійного навчання та автономної роботи для підвищення професійної кваліфікації та вирішення проблем в новому або незнайомому середовищі.

ПР15. Застосовувати у професійній діяльності сучасні методи проєктування, конструювання виробництва елементів та систем ракетно-космічної техніки.

4. Зміст навчальної дисципліни

МОДУЛЬ 1

Змістовний модуль 1. Основні принципи, параметри та налаштування розрахунків напружено-деформованого стану елементів конструкції методом скінчених елементів.

Тема 1. Розрахунок напружено-деформованого стану окремої деталі.

Призначення матеріалу для деталі. Створення нового дослідження статичного аналізу в застосунку. Моделювання жорсткого закріплення та навантаження тиском. Налаштування параметрів та побудова сітки скінчених елементів. Виконання дослідження. Перегляд основних результатів статичного аналізу. Оцінка безпеки конструкції. Створення звіту про дослідження

Теми практичних робіт: Моделювання напружено-деформованого стану окремої деталі. Моделювання напружено-деформованого стану кронштейну, жорстко закріпленого по двох отворах та навантаженого рівномірно розподіленим тиском.

Тема самостійної роботи: Види та параметри сіток в методі скінчених елементів.

Самостійна роботу здобувача освіти: Опрацювання теоретичних відомостей, виконання практичного завдання.

Тема 2. Розрахунок напружено-деформованого стану збірки.

Моделювання спрямованих сил. Пригнічення компонента збирання для аналізу. Виведення переліку реакції в опорах. Налаштування кольорів графіка. Створення та зміна графіка перерізу. Вимірювання результатів в окремих точках на графіку перерізу.

Теми практичних робіт: Моделювання напружено-деформованого стану збірки. Моделювання напружено-деформованого стану вузла кривошипу.

Тема самостійної роботи: Налаштування та зміна кольорів графіків.

Самостійна роботу здобувача освіти: Опрацювання теоретичних відомостей, виконання практичного завдання.

Тема 3. Розрахунок напружено-деформованого стану збірки твердого тіла з оболонкою.

Визначення властивостей оболонки. Додавання з'єднувальних ліній. Створення змішаної сітка при наявності в збиранні одночасно твердих тіл та оболонок.

Теми практичних робіт: Моделювання напружено-деформованого стану збірки твердого тіла з оболонкою. Моделювання напружено-деформованого стану кронштейну, який можна представити як з’єднання твердого тіла та оболонки.

Тема самостійної роботи: Скінчено -елементний аналіз оболонок.

Самостійна роботу здобувача освіти: Опрацювання теоретичних відомостей, виконання практичного завдання.

Тема 4. Розрахунок нерівномірно розподіленого тиску.

Прикладання нерівномірного навантаження. Відображення результатів точковими графіками, ізолініями, регіонами. Зміна кольорових схем графіків.

Теми практичних робіт: Моделювання напружено-деформованого стану оболонки, навантаженої розподіленим тиском. Моделювання напружено-деформованого стану баку під дією гідростатичного навантаження.

Тема самостійної роботи: Задання законів зміни навантажень в декартовій, циліндричній та сферичній системах координат.

Самостійна роботу здобувача освіти: Опрацювання теоретичних відомостей, виконання практичного завдання.

Тема 5. Розрахунок напружено-деформованого стану збірки при наявності невеликих переміщень.

Визначення локального контакту в збірці. Перегляд головних напруг у розібраному вигляді. Побудова графіка контактного тиску. Налаштування векторних графіків. Перегляд та використання графіків Design Insight.

Теми практичних робіт: Моделювання напружено-деформованого стану збірки в якій можливі невеликі переміщення. Моделювання напружено-деформованого стану збірки з провушеною.

Тема самостійної роботи: Налаштування векторних графіків. Використання графіків Design Insight.

Самостійна роботу здобувача освіти: Опрацювання теоретичних відомостей, виконання практичного завдання.

Тема 6. Розрахунок напружено-деформованого стану збірки при наявності великих переміщень.

Оцінка можливих переміщень в збірці. Використання функції великих переміщень. Застосування заданого зміщення. Визначення локального контакту з тертям. Розв'язання задачі про контакт та оцінка результатів. Активація контакту з великим переміщенням та повторне вирішення задачі. Виведення отриманих в результаті розрахунку сил контакту, тертя та реакції.

Теми практичних робіт: Моделювання напружено-деформованого стану збірки при наявності великих переміщень. Моделювання напружено-деформованого стану замка.

Тема самостійної роботи: Виведення отриманих в результаті розрахунку сил контакту, тертя та реакції.

Самостійна роботу здобувача освіти: Опрацювання теоретичних відомостей, виконання практичного завдання.

Модульний контроль 1

МОДУЛЬ 2

Змістовний модуль 2. Моделювання дії окремих видів сил на елементи конструкцій.

Тема 7. Розрахунок напружено-деформованого стану з'єднання з натягом.

Використання опції «Inertial Relief». Налаштування контакту в збірці в місці з'єднання з натягом. Перегляд результатів відносно опорної осі. Відображення результатів для вибраних об'єктів.

Теми практичних робіт: Моделювання напружено-деформованого стану з'єднання з натягом. Моделювання з'єднання двох кілець з натягом.

Тема самостійної роботи: Відображення результатів для вибраних об'єктів.

Самостійна роботу здобувача освіти: Опрацювання теоретичних відомостей, виконання практичного завдання.

Тема 8. Розрахунок віднесеної сили.

Прикладання віднесеного навантаження. Перегляд та складання списку напружень та переміщень.

Теми практичних робіт: Моделювання напружено-деформованого стану консольної балки, що складається з двох частин, двома методами: як звичайне складання та з прикладанням сили як віднесеної.

Тема самостійної роботи: Складання списку напружень та переміщень.

Самостійна роботу здобувача освіти: Опрацювання теоретичних відомостей, виконання практичного завдання.

Тема 9. Розрахунок напружено-деформованого стану деталі з листового металу.

Виконання статичного аналізу деталі з листового металу. Створення дослідження статичного аналізу. Вибір вирішувача. Призначення матеріалу деталі. Застосування фіксованого обмеження та навантаження тиском. Перегляд результатів розрахунку напруги на оболонкових моделях.

Теми практичних робіт: Моделювання напружено-деформованого стану кронштейну з листового металу.

Тема самостійної роботи: Перегляд результатів розрахунку напруги на оболонкових моделях.

Самостійна роботу здобувача освіти: Опрацювання теоретичних відомостей, виконання практичного завдання.

Тема 10. Розрахунок напружено-деформованого стану фермової конструкції.

Створення дослідження методом скінчених елементів для збірки, що складається з балок, з відповідним вибором типу скінчених елементів. Визна-

чення ферм та вузлів. Додавання навантажень та кріплень до вузлів ферм. Побудова сітки та запуск дослідження сітки для балок. Перегляд переміщень та осьових напруг.

Теми практичних робіт: Моделювання напружено-деформованого стану фермової конструкції. Моделювання напружено-деформованого стану ферму, навантаженої вертикальною силою.

Тема самостійної роботи: Перегляд переміщень та осьових напружень для фермової конструкції.

Самостійна роботу здобувача освіти: Опрацювання теоретичних відомостей, виконання практичного завдання.

Тема 11. Розрахунок напружено-деформованого стану балки.

Створення дослідження методом скінчених елементів для балки з відповідним вибором типу скінчених елементів. Визначення вузлів кріплення. Додавання навантажень до вузлів. Побудова сітки та запуск дослідження сітки для балок. Перегляд переміщень та осьових напружень.

Теми практичних робіт: Моделювання напружено-деформованого стану балки, навантаженої силами та моментами.

Тема самостійної роботи: Перегляд переміщень та осьових напружень для балки.

Самостійна роботу здобувача освіти: Опрацювання теоретичних відомостей, виконання практичного завдання.

Тема 12. Розрахунок напружено-деформованого стану деталі з перенесенням розподіленого навантаження як результату розрахунку течії рідини всередині деталі.

Створення дослідження методом скінчених елементів для моделювання напружено-деформованого стану деталі з перенесенням розподіленого навантаження як результату розрахунку течії рідини всередині деталі. Задання граничних умов. Перенесення результату розрахунку тиску створюваного течією рідини всередині деталі на стінки деталі. Створення сітки скінчених елементів. Проведення дослідження. Обробка результатів

Теми практичних робіт: Моделювання напружено-деформованого стану крану під дією тиску рідини зсередини. Перенесення даних про тиск рідини з розрахунку цього тиску як результуючої течії рідини всередині крану.

Тема самостійної роботи: Аналіз результатів дослідження.

Самостійна роботу здобувача освіти: Опрацювання теоретичних відомостей, виконання практичного завдання.

Модульний контроль 2

5. Індивідуальні завдання

Моделювання напружено – деформованого стану кронштейну, моделювання напружено – деформованого стану баку, заповненого рідиною; моделювання напружено – деформованого стану ферменої конструкції; моделювання обтікання літального апарату.

6. Методи навчання

Проведення аудиторних практичних занять, індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники, відеозаписи занять).

7. Методи контролю

Для поточного контролю враховується робота на практичних заняттях, усне опитування при їх проведенні, виконання та захист усіх практичних робіт, фінальний контроль у вигляді заліку у разі відмови студента від зароблених балів протягом семестру.

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		0
Виконання і захист лабораторних/практичних робіт	0…4	7	0…28
Модульний контроль	0…20	1	0…20
Змістовний модуль 2			
Активність під час аудиторної роботи	0		0
Виконання і захист лабораторних/практичних робіт	0…4	8	0…32
Модульний контроль	0…20	1	0…20
Усього за семестр			**0…100**

Семестровий контроль *залік* проводиться у разі відмови здобувача освіти від балів підсумкового контролю й за наявності допуску до *заліку*. Під час складання семестрового *заліку* здобувач освіти має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для заліку складається з двох практичних запитання. Кількість балів розподіляється наступним чином: 50 балів за кожне питання.

Під час складання семестрового заліку здобувач має можливість отримати максимум 100 балів.

Таблиця 8.2 – 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 знання і уміння для забезпечення програмних результатів навчання. Виконати всі практичні роботи. Знати послідовність проведення розрахунку методом скінчених елементів напружено – деформованого стану деталей та збирань. Уміти розпочинати нове статичне дослідження, моделювати прикладені сили та закріплення, призначати матеріал деталі, створювати сітку скінчених елементів. Вміти створювати графіки напружень, переміщень та деформацій. Уміти генерувати звіт про проведене дослідження.

Добре (75-89) – мати знання і уміння для забезпечення програмних результатів навчання. Виконати всі практичні роботи. Знати послідовність проведення розрахунку методом скінчених елементів напружено – деформованого стану деталей та збирань. Уміти розпочинати нове статичне дослідження, моделювати прикладені сили та закріплення, призначати матеріал деталі, створювати сітку скінчених елементів. Вміти створювати графіки напружень, переміщень та деформацій. Уміти генерувати звіт про проведене дослідження. Розрізняти особливості розрахунку твердих тіл, оболонок, ферм та балкових конструкцій. Вміти створювати сітку скінчених елементів для твердих тіл, оболонок, балок та стрижнів, а також суміщати сітки різних видів в конструкціях та збірках.

Відмінно (90-100) – мати знання і уміння для забезпечення програмних результатів навчання. Виконати всі практичні роботи. Знати послідовність проведення розрахунку методом скінчених елементів напружено – деформованого стану деталей та збирань. Уміти розпочинати нове статичне дослідження, моделювати прикладені сили та закріплення, призначати матеріал деталі, створювати сітку скінчених елементів. Вміти створювати графіки напружень, переміщень та деформацій. Уміти генерувати звіт про проведене дослідження. Розрізняти особливості розрахунку твердих тіл, оболонок, ферм та балкових конструкцій. Вміти створювати сітку скінчених елементів для твердих тіл, оболонок, балок та стрижнів, а також суміщати сітки різних видів в конструкціях та збірках. Мати знання, уміння й навички, що дадуть змогу самостійно, вільно та обґрунтовано моделювати напружено- деформований стан деталі та збірки методом скінчених елементів, обирати раціональний спосіб демонстрації результатів та генерувати необхідні для цього графіки та звіти.

9. Політика навчального курсу

Відвідування занять. Регуляція пропусків. Інтерактивний характер курсу передбачає обов'язкове відвідування практичних занять. Здобувачі освіти, які за певних обставин не можуть відвідувати практичні заняття регулярно, повинні протягом тижня узгодити із викладачем графік індивідуального відпрацювання пропущених занять. Окремі пропущені заняття мають бути відпрацьовані протягом навчального семестру. Відпрацювання занять здійснюється шляхом виконання завдання розглядуваного на занятті.

Дотримання вимог академічної доброчесності здобувачами освіти під час вивчення навчальної дисципліни. 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, фабрикування 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/ua/university/normativna-baza/ustanovchi-dokumenti/kodeks-etichnoi-povedinki/).

10. Методичне забезпечення

Сторінка дисципліни знаходиться за посиланням:
1. https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=1406

11. Рекомендована література

Базова

1. An Introduction to SOLIDWORKS Flow Simulation 2025 By John E. Matsson Ph.D., P.E. Published August 13, 2025 Beginner – Intermediate P. 418

2. Analysis of Machine Elements Using SOLIDWORKS Simulation 2025 By Shahin S. Nudehi Ph.D., P.E., John R. Steffen Ph.D., P.E. Published June 20, 2025 Beginner P. 556

3. Engineering Analysis with SOLIDWORKS Simulation 2025 Text and Video Instruction By Paul Kurowski Ph.D., P.Eng. Published February 13, 2025 Beginner – Intermediate P. 586

Допоміжна

1. Analysis of Machine Elements Using SOLIDWORKS Simulation 2024 By Shahin S. Nudehi Ph.D., P.E., John R. Steffen Ph.D., P.E. Published June 28, 2024 Beginner P. 556

2. Engineering Analysis with SOLIDWORKS Simulation 2024 By Paul Kurowski Ph.D., P.Eng. Published February 26, 2024 Beginner – Intermediate P. 592

12. Інформаційні ресурси

1. SOLIDWORKS. Authentic Design Experience https://www.3ds.com/products/solidworks
2. SOLIDWORKS. Simulation Solutions https://www.solidworks.com/domain/simulation?_
3. SOLIDWORKS. Simulation https://www.solidworks.com/product/solidworks-simulation
4. SOLIDWORKS. Flow-Simulation https://www.solidworks.com/product/solidworks-flow-simulation
5. SOLIDWORKS. Students https://www.solidworks.com/product/students