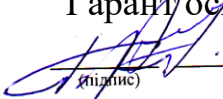


Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

**Кафедра теоретичної механіки, машинознавства та
роботомеханічних систем (№ 202)**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми _____

 Гнитько О.М.
(підпис) (ім'я та прізвище)

« 30 » червня 2024 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ОБОВ'ЯЗКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Сучасні методи оптимізації конструкцій (САЕ)

(назва навчальної дисципліни)

(назва вибіркового блоку)

Галузь знань: 13 «Механічна інженерія»
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 133 «Галузеве машинобудування»
(код і найменування спеціальності)


Освітня програма: «Комп'ютерний інженеринг»
(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Харків 2024 рік

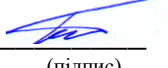
Розробник: ст. викладач Торсян О.В.
(посада, науковий ступінь і вчене звання, ім'я та прізвище)


(підпис)

Робочу програму "Сучасні методи оптимізації конструкцій (CAE)" розглянуто
на засіданні кафедри (№ 202)
теоретичної механіки, машинознавства та роботомеханічних систем
(назва кафедри)

Протокол № 10 від « 27 » червня 2024 р.

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


(підпис)

Олег БАРАНОВ
(ім'я та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показника	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Кількість кредитів – 4	<p style="text-align: center;">Галузь знань <u>13 «Механічна інженерія»</u> (шифр і найменування)</p> <p style="text-align: center;">Спеціальність <u>133 «Галузеве машинобудування»</u> (код і найменування)</p> <p style="text-align: center;">Освітня програма <u>«Комп'ютерний інжиніринг»</u> (найменування)</p> <p style="text-align: center;">Рівень вищої освіти: <u>перший (бакалаврський)</u></p>	Обов'язкова
Кількість модулів – 2		Навчальний рік
Кількість змістовних модулів – 2		2024/2025
Індивідуальне завдання 1. <u>Обчислення напружено деформованого стану балки в SW Simulation.</u> 2. <u>Обчислення напружено деформованого стану кронштейну в SW Simulation.</u> (назва)		Семестр
Загальна кількість годин – 120		7 -й
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 самостійної роботи здобувача – 3,5		Лекції*
		32 годин
		Практичні, семінарські*
	32 годин	
	Лабораторні*	
	годин	
Самостійна робота		
56 годин		
Вид контролю		
модульний контроль, іспит		

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: $(64/56) = 1,14$.

Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину залежно від розкладу занять.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: формування у здобувачів знань теоретичних основ, практичних навичок і вмінь використання сучасних комп'ютерних пакетів прикладних програм інженерного аналізу CAE-систем.

Завдання: вивчення методів автоматизації інженерних розрахунків для виробництва конкурентної машинобудівної продукції широкого спектру призначення з використанням інтегрованих CAE систем; вивчення теоретичних знань і практичних навичок про основні засоби використання інтегрованої системи SolidWorks Simulation та технології її виконання у проектно-конструкторських розробках.

Компетентності, які набуваються:

Здатність застосовувати інформаційні та комунікаційні технології.
Здатність використовувати знання у практичних ситуаціях.
Здатність навчатися та оволодівати сучасними знаннями.
Здатність шукати та опрацьовувати інформацію з різних джерел.
Здатність працювати з іншомовною технічною документацією та спілкуватись іноземною мовою.

Очікувані результати навчання:

Знання і розуміння засад фундаментальних математичних методів моделювання та оптимізації.

Знання з механіки і машинобудування та спроможність окреслювати перспективи їхнього розвитку.

Вміння ставити та розв'язувати завдання, застосовуючи передові інженерні методи розрахунку (CAE).

Вміння системно аналізувати інженерні об'єкти, процеси і методи.

Навички експериментування та аналізування результатів.

Вміння поєднувати теорію та практику для розв'язування інженерного завдання.

Фахові майстерність і навички.

Вміння розробляти машини та устаткування галузевого машинобудування на базі систем автоматизованого проектування (CAD).

Навички розв'язування завдань з підвищення якості продукції.

Пререквізити: «Механіка матеріалів та конструкцій», «Комп'ютерні технології проектування (CAD)».

Кореквізити: «Устрій і проектування машин (CAD)(КП)», «Загальні принципи раціонального конструювання».

3. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовний модуль 1. Основні принципи визначення НДС в системі SolidWorks Simulation.

Тема 1. Кінцево-елементний аналіз з використанням SolidWorks Simulation.

Основні поняття кінцево-елементного аналізу та його. Інтерфейс SolidWorks Simulation. Складові частини інтерфейсу. Менеджер проекту. Меню. Панелі інструментів.

Тема 2. Вирішування задачі і види аналізу.

Взаємодія з SolidWorks при вирішенні задачі. Параметри аналізу. Сценарії проектування.

Тема 3. Матеріали.

Завдання властивостей матеріалів. Використовування бібліотек властивостей матеріалів. Створення власного матеріалу за заданими параметрами. Ортотропні та ізотропні матеріали.

Тема 4. Граничні умови.

Статичні і кінематичні граничні умови. Масові навантаження. Способи закріплення твердих тіл в SolidWork Simulation. Налаштування системи SolidWork Simulation для подальшого розрахунку.

Тема 5. Навантаження для 2D конструкції.

Формування зосереджених сил для 2D балки. Формування розподілених сил для 2D балки. Формування моментів для 2D балки. Методологія визначення НДС в SolidWork Simulation для 2D конструкції.

Тема 6. Навантаження для 3D конструкції.

Формування різних видів навантажень для 3D конструкцій (сили, моменти, тиск). Методологія визначення НДС в SolidWork Simulation для 3D конструкції.

Тема 7. НДС листового матеріалу.

Формування різних видів закріплень для оболонки. Формування різних видів навантажень для оболонки. Методологія визначення НДС в SolidWork Simulation для оболонки.

Тема 8. Дискретизація. Визначення НДС.

Порядок елементів і точність розрахунку. Локальне ущільнення сітки. Процедура та методи рішення задачі визначення НДС конструкцій у SolidWork Simulation. Представлення результатів дослідження.

Модульний контроль

Змістовний модуль 2. Вирішення окремих задач в системі SolidWorks Simulation.

Тема 1. Дослідження НДС кронштейна.

Побудова геометричних моделей звичайного кронштейну та з порожнинами. Закріплення та навантаження за заданими параметрами.

Розрахунок і статичний аналіз НДС. Побудова графіків. Порівняння результатів.

Тема 2. Зменшення числа ступенів вільності.

Побудова геометричної моделі об'єкту (кронштейн). Закріплення та навантаження за заданими параметрами. Розрахунок і статичний аналіз НДС. Спрощення моделі дослідження. Побудова графіків. Порівняння результатів.

Тема 3. Дослідження проектування.

Виконання статичного дослідження балки за заданими параметрами. Оптимізація отриманого рішення за критерієм мінімального розходу матеріалу (мінімальна маса конструкції).

Тема 4. Задача визначення втрати стійкості стержня.

Загальні принципи втрати стійкості на прикладі стержня. Розрахунок жорстко закріпленого стержня. Розрахунок шарнірно опертого стержня. Розрахунок стержня з опорою, що ковзає. Порівняння результатів.

Тема 5. Задача визначення втрати стійкості пластини.

Загальні принципи втрати стійкості на прикладі пластини. Закріплення та навантаження за заданими параметрами. Виконання розрахунку та порівняння результатів.

Тема 6. Дослідження складної одиниці.

Передумови дослідження. Загальна концепція дослідження. Завдання матеріалів. Закріплення. Навантаження. Виконання розрахунку. Виключення окремих компонентів з дослідження. Накладення нового закріплення. Аналіз отриманих результатів.

Тема 7. Контактна задача.

Передумови дослідження. Загальна концепція дослідження. Застосування симетричного закріплення. Виявлення локального контакту. Закріплення. Навантаження. Виконання розрахунку. Аналіз отриманих результатів.

Модульний контроль

Модуль 2. Індивідуальне завдання.

Тема 1. Обчислення напружено деформованого стану балки в SW Simulation.

Визначення основних параметрів НДС балки за допомогою AutoDesk ForceEffect. Визначення основних параметрів НДС балки за допомогою SolidWorks Simulation як 2D конструкції. Визначення основних параметрів НДС балки за допомогою SolidWorks Simulation як 3D конструкції.

Тема 2. Обчислення напружено деформованого стану кронштейну в SW Simulation.

Визначення основних параметрів НДС звичайного кронштейну. Визначення основних параметрів НДС кронштейну з порожнинами. Зменшення числа ступенів вільності кронштейну.

4. Структура навчальної дисципліни

Назва змістовного модуля і тем	Кількість годин				
	Усього	У тому числі			
		л	п	лаб.	с. р.
1	2	3	4	5	6
Модуль 1					
Змістовний модуль 1. Підготовка конструкції для визначення НДС в системі SolidWorks Simulation.					
Тема 1. Скінчено-елементний аналіз з використанням SolidWorks Simulation.	4	2	–	–	2
Тема 2. Вирішування задачі і види аналізу.	6	2	2	–	2
Тема 3. Матеріали.	4	2	–	–	2
Тема 4. Граничні умови.	4	2	–	–	2
Тема 5. Навантаження для 2D конструкції.	10	2	6	–	2
Тема 6. Навантаження для 3D конструкції.	10	2	6	–	2
Тема 7. НДС листового матеріалу	6	2	2	–	2
Тема 8. Дискретизація. Визначення НДС.	4	2	–	–	2
Модульний контроль	2	–	–	–	2
Разом за змістовним модулем 1	50	16	16		18
Змістовний модуль 2. Вирішення окремих задач в системі SolidWorks Simulation.					
Тема 1. Дослідження НДС кронштейна.	6	2	2	–	2
Тема 2. Зменшення числа ступенів вільності.	6	2	2	–	2
Тема 3. Дослідження проектування.	6	2	2	–	2
Тема 4. Задача визначення втрати стійкості стержня.	6	2	2	–	2
Тема 5. Задача визначення втрати стійкості пластини.	6	2	2	–	2
Тема 6. Дослідження складної одиниці.	6	2	2	–	2
Тема 7. Контактна задача.	12	4	4	–	4
Модульний контроль	2	–	–	–	2
Разом за змістовним модулем 2	50	16	16	–	18
Усього годин	100	32	32	–	36
Модуль 2 Індивідуальне завдання					

1. Обчислення напружено деформованого стану балки в SW Simulation.	10				10
2. Обчислення напружено деформованого стану кронштейну в SW Simulation.	10				10
Разом за модулем 2	20				20
Контрольний захід	–	–	–	–	–
Усього годин	120	32	32	–	56

5. Теми семінарських занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		
	Разом	

6. Теми практичних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Ознайомлення з інтерфейсом SolidWorks Simulation.	2
2	Вирішування задачі 2D конструкції балки за допомогою AutoDesk ForceEffect.	2
3,4	Визначення НДС 2D конструкції балки у SolidWorks Simulation.	4
5,6	Визначення НДС 3D конструкцій у SolidWorks Simulation.	4
7	Визначення НДС рами.	2
8	Визначення НДС пластини.	2
9	Дослідження НДС кронштейна.	2
10	Зменшення числа ступенів вільності.	2
11	Дослідження проектування.	2
12	Задача визначення втрати стійкості стержня.	2
13	Задача визначення втрати стійкості пластини.	2
14	Дослідження складної одиниці.	2
15,16	Контактна задача.	4
	Разом	32

7. Теми лабораторних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		
	Разом	

8. Самостійна робота

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Скінчено-елементний аналіз з використанням SolidWorks Simulation.	2
2	Вирішування задачі і види аналізу.	2
3	Матеріали.	2
4	Граничні умови.	2
5	Навантаження для 2D конструкції.	2
6	Навантаження для 3D конструкції.	2
7	НДС листового матеріалу	2
8	Дискретизація. Визначення НДС.	2
9	Модульний контроль.	2
10	Дослідження НДС кронштейна.	2
11	Зменшення числа ступенів вільності.	2
12	Дослідження проектування.	2
13	Задача визначення втрати стійкості стержня.	2
14	Задача визначення втрати стійкості пластини.	2
15	Дослідження складної одиниці.	2
16	Контактна задача.	4
17	Модульний контроль.	2
	Разом	36

9. Індивідуальні завдання

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Обчислення напружено деформованого стану балки в SW Simulation.	10
2	Обчислення напружено деформованого стану кронштейну в SW Simulation.	10
	Разом за модулем 2	20

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, практичних занять, індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота студентів за матеріалами, конспектування.

11. Методи контролю

Проведення поточного контролю на практичних заняттях, модульного контролю, фінальний контроль у вигляді іспиту.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	0...1	8	0...8

Виконання та захист практичних робіт	0...2	8	0...16
Модульний контроль	0...16	1	0...16
Виконання та захист індивідуального завдання	0...10	1	0...10
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...1	8	0...8
Виконання та захист практичних робіт	0...2	8	0...16
Модульний контроль	0...16	1	0...16
Виконання та захист індивідуального завдання	0...10	1	0...10
Всього за семестр			0...100

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування та за наявності допуску до іспиту. При складанні семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з теоретичного запитання (максимальна кількість балів 20)

1. Деформації усередині скінченого елемента.
2. Види відображення деформації у скінченному елементі.
3. Апроксимація переміщень усередині скінченого елемента.
4. Формування глобального вектору вузлових переміщень МСЕ.
5. Формування матриці жорсткості скінченого елемента.
6. Двовимірний симплекс елемент.
7. Функція форми двовимірного симплекса елемента.
8. Формування глобальної системи скінчено елементних рівнянь.
9. Методи вирішення глобальної системи скінчено елементних рівнянь.
10. Основні поняття і концепція МСЕ.
11. Дискретизація області задачі в SWS.

та практичного рішення двох задач в системі SW Simulation (максимальна кількість балів 40 за кожну задачу).

Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати мінімум знань та умінь, необхідний для подальшого навчання та роботи за фахом. Справлятися з завданнями та відпрацювати всі практичні роботи, виконати домашнє завдання, та володіти необхідними знаннями для усунення помилок, що виникли при його виконанні та здати модульне тестування.

Добре (75-89). Твердо знати мінімум, успішно захистити індивідуальне завдання, виконати всі практичні завдання в обумовлений викладачем строк, здати дві модульні роботи. Показати систематичний характер знань по дисципліні. Вміти вирішувати прості задачі за допомогою системи SW Simulation.

Відмінно (90-100). Здати всі контрольні точки з оцінкою «відмінно», та правильно виконати всі практичні завдання. Досконально знати всі теми та уміти застосовувати їх. Мати всебічне, систематичне та глибоке знання матеріалу та вміти вільно виконувати завдання, проявляти творчі здібності в розумінні, викладанні та використанні матеріалів дисципліни. Показати вміння аналізувати результати розв'язання практичних задач.

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

13. Методичне забезпечення

1. Комп'ютерні технології проектування: навч. посіб. до виконання курс. проекту / В. Ф. Несвіт. – Харків: ХАІ, 2018. – 53 с.

http://library.khai.edu/library/fulltexts/metod/Nesvit_Kompyuterni_Tekhnolohiyi_Proektuvannya.pdf

2. Навчально-методичне забезпечення дисципліни "Інженерний аналіз конструкцій" для магістрів / В. Ф. Несвіт. – Харків: ХАІ, 2019. – 12 с.

http://library.khai.edu/library/fulltexts/doc/_1007Inzhenernij.pdf

14. Рекомендована література

Базова

1. Matt Weber. SolidWorks Simulation 2017 Black Book. Published by CAD/CAM/CAE WORKS, USA. 2016 – 479 p.

2. Huei-Huang Lee. Mechanics of Materials lab with Solidworks Simulation. –SDC publications –2014, 285 p.

3. Автоматизація інженерних розрахунків в машинобудуванні : метод. вказівки до викон. лаб. робіт студ. спец. 131 «Прикладна механіка» ,133 «Галузеве машинобудування» / [уклад. О.І. Скібінський, В.М. Селехова] ; М-во освіти і науки України, Центрально укр. нац. техн. ун-т, каф. технології машинобудування. – Кропивницький: ЦНТУ, 2018. – 64 с.

<http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/bitstream/123456789/8663/1/AIRM%20LR.pdf>

Допоміжна

1. Paul Kurowski. Engineering Analysis with SOLIDWORKS Simulation 2020. – SDC Publications, 2020 – 596 p.

2. Shahin Nudehi. Analysis of Machine Elements Using Solidworks Simulation 2019. – SDC Publications, 2019 – 370 p.

15. Інформаційні ресурси

1. Дистанційний курс: <https://mentor.khai.edu/grade/edit/tree/index.php?id=8384>.