

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



В. Назін

(підпис)

(ім'я та прізвище)

« 30 » серпня 2024 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ОБОВ'ЯЗКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ (САД, 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 інжиніринг»
(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна


Рівень вищої освіти: другий (магістерський)

Харків 2024 рік

Розробник: доцент каф. 202, к.т.н., Олександр Гнітько



старший викладач каф. 202, Олександр Шехов
(посада, науковий ступінь і вчене звання, ім'я та прізвище)

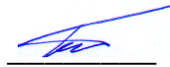


(підпис)

Робочу програму навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри
теоретичної механіки, машинознавства та роботомеханічних систем (№ 202)
(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 5	<p style="text-align: center;">Галузь знань <u>13 «Механічна інженерія»</u> <small>(шифр і найменування)</small></p> <p style="text-align: center;">Спеціальність <u>133 «Галузеве машинобудування»</u> <small>(код і найменування)</small></p> <p style="text-align: center;">Освітня програма <u>«Комп'ютерний дизайн та 3D моделювання»</u> <small>(найменування)</small></p> <p style="text-align: center;">Рівень вищої освіти: другий (магістерський)</p>	Обов'язкова
Кількість модулів – 2		Навчальний рік
Кількість змістовних модулів – 2		2024/2025
Індивідуальне завдання «Аналіз напружено–деформованого стану складної конструкції в SW Simulation» <small>(назва)</small>		Семестр 2-й
Загальна кількість годин – 96/150		Лекції* 32 годин
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 6 самостійної роботи здобувача – 3,375		Практичні, семінарські* 32 годин
		Лабораторні* 32 годин
	Самостійна робота 54 годин	
	Вид контролю модульний контроль, іспит	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: $96/54=1,79$.

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

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення: формування у здобувачів знань теоретичних основ, практичних навичок і вмінь застосування сучасних програмних середовищ систем автоматизованого проектування (САПР) для інженерного аналізу напружено-деформованого стану конструкцій загального машинобудування на прикладі програмного середовища SolidWorks Simulation.

Завдання: вивчення методів автоматизації інженерних розрахунків напружено-деформованого стану машинобудівних конструкцій з використанням інтегрованих CAD/CAM/CAE систем; опанування технології використання програмного середовища SolidWorks Simulation при дослідженні (параметричному моделюванні) напружено-деформованого стану машинобудівних конструкцій у проектно-конструкторських розробках.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен:

знати:

- основи методу скінчених елементів і застосування його для розв'язання задач механіки деформованого твердого тіла;
- основні принципи побудови пакетів прикладних програм для розв'язання задач механіки деформованого твердого тіла і проектування;
- алгоритми розв'язання задач розрахунку і проектування елементів силових конструкцій при різних видах навантажень;

вміти:

- моделювати навантаження моделі та її закріплення при різних типах навантажень, у тому числі для декількох розрахункових випадків;
- визначати напружено-деформований стан моделі при статичних, теплових та інших навантаженнях;
- проводити статичний, частотний, динамічний і тепловий аналіз моделі та розрахунок її на стійкість.

Компетентності, які набуваються:

Загальні компетентності:

- ЗК1. Здатність застосовувати інформаційні та комунікаційні технології;
- ЗК2. Здатність використовувати знання у практичних ситуаціях;
- ЗК3. Здатність навчатися та оволодівати сучасними знаннями;
- ЗК5. Здатність шукати та опрацьовувати інформацію з різних джерел;
- ЗК8. Здатність працювати з іншомовною технічною документацією та спілкуватись іноземною мовою;
- ЗК9. Здатність абстрактно мислити, генерувати нові ідеї, аналізувати та синтезувати.

Фахові компетентності:

- ФК1. Здатність удосконалювати аналітичні методи та комп'ютерні програмні засоби для розв'язування інженерних завдань галузевого машинобудування, зокрема, в умовах технічної невизначеності;

ФК2. Здатність застосовувати передові для галузевого машинобудування наукові факти, концепції, теорії, принципи;

ФК3. Здатність застосовувати та вдосконалювати наявні кількісні математичні, наукові й технічні методи, а також комп'ютерні програмні засоби для розв'язування інженерних завдань галузевого машинобудування;

ФК4. Здатність втілювати передові інженерні розробки для отримання практичних результатів;

ФК5. Здатність вирішувати перспективні завдання сучасного виробництва, спрямовані на задоволення потреб споживачів;

ФК7. Здатність демонструвати творчий і новаторський потенціал у проектних розробках;

ФК10. Здатність застосовувати норми галузевих стандартів;

ФК12. Здатність демонструвати розуміння, у яких царинах можна використовувати інженерні знання;

ФК13. Здатність застосовувати системний підхід для розв'язування інженерних завдань.

Очікувані результати навчання:

ПРН1. Знання і розуміння засад фундаментальних математичних методів моделювання та оптимізації;

ПРН2. Знання з механіки і машинобудування та спроможність окреслювати перспективи їхнього розвитку;

ПРН4. Вміння ставити та розв'язувати завдання, застосовуючи передові інженерні методи розрахунку (CAE);

ПРН5. Вміння системно аналізувати інженерні об'єкти, процеси і методи;

ПРН7. Навички експериментування та аналізування результатів.

ПРН10. Вміння поєднувати теорію та практику для розв'язування інженерного завдання;

ПРН11. Фахові майстерність і навички.

ПРН15. Вміння розробляти машини та устаткування галузевого машинобудування на базі систем автоматизованого проектування (CAD);

ПРН20. Навички розв'язування завдань з підвищення якості продукції.

Пререквізити: «Теоретичні основи інженерного аналізу», «Автоматичні системи (CAD) проектування машин».

Кореквізити: «Комп'ютерна механіка», «Комп'ютерна механіка (КП)».

3. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовний модуль 1. Інженерний аналіз конструкцій в системі SolidWorks Simulation.

Тема 1. Методика розв'язування задач в системі SolidWorks Simulation.

Вступ в моделювання в CAE системах, зокрема в SolidWorks Simulation.

алгоритм розв'язання інженерних задач в системі SolidWorks Simulation. Менеджер проекту. Розрахунок і аналіз отриманих результатів.

Тема 2. Загальна послідовність статичного дослідження в системі SolidWorks Simulation

Методика розв'язування напружено-деформованого стану складної конструкції болтового з'єднання без зазору, а також у випадку з'єднання з зазором. Кріплення і навантаження.

Тема 3. Загальна послідовність динамічного дослідження в системі SolidWorks Simulation.

Вивчення загальних принципів визначення напружень, що виникають під час ударного навантаження. Напруження Мізеса.

Тема 4. Загальна послідовність термічного дослідження в системі SolidWorks Simulation.

Дослідження конвективного теплообміну. Дослідження нестационарного теплообміну.

Модульний контроль

Змістовний модуль 2. Розв'язування окремих інженерних задач в системі SolidWorks Simulation.

Тема 1. Дослідження напружено-деформованого стану оболонки у лінійній і нелінійній постановці.

Побудова геометричної моделі. Навантаження і закріплення. Розрахунок і аналіз. Побудова графіків.

Тема 2. Дослідження напружено-деформованого стану конструкції гнучкої рами.

Побудова геометричної моделі. Навантаження і закріплення. Розрахунок і аналіз. Побудова графіків

Тема 3. Дослідження напружено-деформованого стану вала

Побудова геометричної моделі. Навантаження і закріплення. Розрахунок і аналіз. Побудова графіків.

Тема 4. Дослідження руху механізму в системах SolidWorks Motion і SolidWorks Simulation.

Побудова геометричної моделі. Навантаження і закріплення. Розрахунок і аналіз. Побудова графіків

Модульний контроль

Модуль 2.

Тема розрахунково-графічної роботи: Аналіз статичної міцності деталі.

Відповідно до отриманого варіанту завдання створити 3D геометричну модель деталі в SolidWorks. В системі SolidWorks Simulation виконати дослідження статичної міцності деталі. Проаналізувати отримані дані і оформити відповідний звіт.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістовних модулів і тем	Кількість годин				
	Усього	У тому числі			
		л	п	лаб.	с. р.
1	2	3	4	5	6
Модуль 1					
Змістовний модуль 1. Математичне і структурне моделювання рухів механічних систем					
Тема 1. Методика розв'язування задач в системі SolidWorks Simulation.	15	4	4	4	3
Тема 2. Загальна послідовність статичного дослідження в системі SolidWorks Simulation.	15	4	4	4	3
Тема 3. Загальна послідовність динамічного дослідження в системі SolidWorks Simulation.	15	4	4	4	3
Тема 4. Загальна послідовність термічного дослідження в системі SolidWorks Simulation.	13	2	4	4	3
Модульний контроль	2	2			
Разом за змістовним модулем 1	60	16	16	16	12
Змістовний модуль 2. 3D твердотільне моделювання динаміки рухів механічних систем в SolidWorks Motion					
Тема 1. Дослідження напружено-деформованого стану оболонки у лінійній і нелінійній постановці.	15	4	4	4	3
Тема 2. Дослідження напружено-деформованого стану конструкції гнучкої рами.	15	4	4	4	3
Тема 3. Дослідження напружено-деформованого стану вала.	15	4	4	4	3
Тема 4. Дослідження руху механізму в системах SolidWorks Motion і SolidWorks Simulation.	13	2	4	4	3
Модульний контроль	2	2	4		
Разом за змістовним модулем 2	60	16	16	16	12
Усього годин	120	32	32	32	24
Модуль 2					
Індивідуальне завдання	30				30
Контрольний захід					
Усього годин	150	32	32	32	54

5. Теми семінарських занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		
	Разом	

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1, 2	Методика розв'язування задач в системі SolidWorks Simulation.	4
3, 4	Загальна послідовність статичного дослідження в системі SolidWorks Simulation.	4
5, 6	Загальна послідовність динамічного дослідження в системі SolidWorks Simulation.	4
7, 8	Загальна послідовність термічного дослідження в системі SolidWorks Simulation.	4
9, 10	Дослідження напружено-деформованого стану оболонки у лінійній і нелінійній постановці.	4
11,12	Дослідження напружено-деформованого стану конструкції гнучкої рами.	4
13,14	Дослідження напружено-деформованого стану вала.	4
15,16	Дослідження руху механізму в системах SolidWorks Motion і SolidWorks Simulation.	4
	Разом	32

Теми лабораторних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1,2	Досліджування напружено-деформованого стану 2D геометричної моделі консольної балки в умовах плоского згину.	4
3,4	Досліджування напружено-деформованого стану 3D геометричної моделі двоопорної балки.	4
5,6	Досліджування напружено-деформованого стану кронштейна.	4
7,8	Досліджування напружено-деформованого стану прямокутної пластини.	4
9,10	Модальний аналіз конструкції.	4
11,12	Досліджування напружено-деформованого стану конструкції під час ударного навантаження.	4

13,14	Досліджування напружено-деформованого стану конструкції під час контактної взаємодії	4
15,16	Досліджування напружено-деформованого стану вимушених коливань конструкції.	4
	Разом	32

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Методика розв'язування задач в системі SolidWorks Simulation.	3
2	Загальна послідовність статичного дослідження в системі SolidWorks Simulation.	3
3	Загальна послідовність динамічного дослідження в системі SolidWorks Simulation.	3
4	Загальна послідовність термічного дослідження в системі SolidWorks Simulation.	3
5	Аналіз напружено-деформованого стану оболонки у лінійній і нелінійній постановці.	3
6	Аналіз напружено-деформованого стану конструкції гнучкої рами.	3
7	Аналіз напружено-деформованого стану вала.	3
8	Методика досліджування руху конструкції механізму.	3
9	Виконання розрахунково-графічної роботи на тему «Аналіз статичної міцності деталі».	30
	Разом	54

9. Індивідуальні завдання

1. Розрахунково-графічна робота «Аналіз статичної міцності деталі».

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, практичних занять, індивідуальних консультацій (при необхідності) і самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники).

11. Методи контролю

Проведення контролю участі у лекціях та виконання практичних завдань. Проведення поточного 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	7	0...7
Робота на практичних заняттях	0...2	8	0...16
Модульний контроль	0...15	1	0...15
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...1	7	0...7
Робота на практичних заняттях	0...2	8	0...16
Модульний контроль	0...15	1	0...15
Виконання та захист РГР	0...24	1	0...24
Всього за семестр			0...100

Білет для іспиту складається з двох теоретичних питань з максимальною кількістю 30 балів за кожне питання і одного практичного завдання з максимальною кількістю 40 (сума – 100 балів).

Приклад запитань

Теоретичні питання:

1. Опишіть основні елементи інтерфейсу SolidWorks Simulation. Як активувати SolidWorks Simulation (30 балів).
2. Які критерії міцності застосовуються в SolidWorks Simulation? (30 балів).
3. Що таке граничні умови та як вони задаються? (30 балів).

Практичні питання:

1. Виконайте розрахунок на статичну міцність консольної балки прямокутного поперечного перерізу, якщо матеріал балки є легована сталь ASTM A36 (ASTM A36 Сталь); довжина балки $L = 0,2$ м; ширина $b = 0,020$ м і висота $h = 0,04$ м поперечного перерізу; згинальний момент $M = 3$ кН·м, прикладений на консолі балки (40 балів).

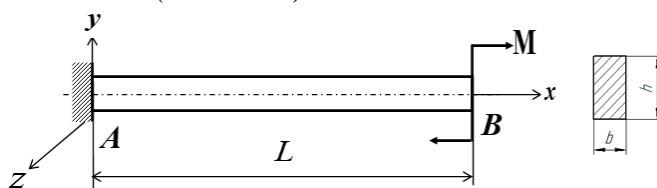


Рис 1

2. Виконайте модальний аналіз двоопорної балки круглого поперечного

перерізу (рис. 2), якщо матеріал балки є проста вуглецева сталь. Необхідно отримати перші 8 власних форм коливань (40 балів).

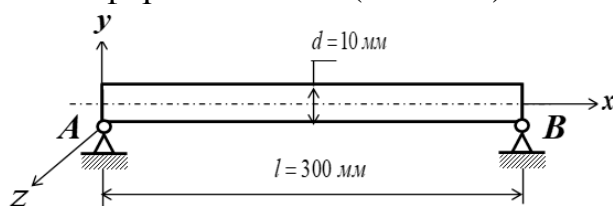


Рис. 2

Семестровий контроль у вигляді іспиту проводиться у разі відмови здобувача від балів поточного тестування та за наявності допуску до іспиту. До іспиту допускається здобувач, який виконав і здав розрахункову графічну роботу. При складанні семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

Задовільно (60-74). Показати мінімум знань та умінь. Виконати та захистити індивідуальне завдання не менше ніж на 14 балів. Написати кожен модульний контроль не менше ніж на 9 балів. Бути присутнім не менше ніж на половині лекцій і практичних занять.

Добре (75-89). Твердо знати мінімум. Виконати та захистити індивідуальне завдання не менше ніж на 17 балів. Написати кожен модульний контроль не менше ніж на 11 балів. Бути присутнім не менше ніж на 75% лекцій і практичних занять.

Відмінно (90-100). Досконально знати всі теми та уміти застосовувати їх. Виконати та захистити індивідуальне завдання не менше ніж на 22 балів. Написати кожен модульний контроль не менше ніж на 13 балів. Бути присутнім не менше ніж на 90% лекцій і практичних занять.

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. Курс «Інженерний аналіз конструкцій (CAD, CAE)» у системі дистанційного навчання Ментор: <https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=111>.

2. Комп'ютерні технології проектування [Електронний ресурс]: / навч. Посіб. / В. Ф. Несвіт. – Харків.: Нац. Аерокосм. Ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. Авіац. Ін-т», 2018. – 53 с.

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

3. 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. https://irantypist.com/media/new_research/samplefile/1661226537_6111.pdf.

2. Huei-Huang Lee. Mechanics of Materials lab with Solidworks Simulation. – SDC publications –2014, 285 p. <https://www.scribd.com/document/231291597/Mechanics-of-Materials-Labs-With-SolidWorks-Simulation-2014-by-Huei-Huang-Lee>.

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, Центральнo 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>.

4. Параметричне моделювання технологічних процесів. Розділ 2. Моделювання фізичних процесів в CAD/CAE системі SolidWorks [Електронний ресурс] / уклад.: С. В. Плашихін. – Електронні текстові данні (1 файл: 2,46 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 125 с. – Назва з екрана. <https://ela.kpi.ua/items/ceecd225-c01f-44af-b902-d836fe731352>.

Допоміжна

1. Paul Kurowski. Engineering Analysis with SOLIDWORKS Simulation 2020. – SDC Publications, 2020 – 596 p. <https://www.sdcpublications.com/Textbooks/Engineering-Analysis-SOLIDWORKS-Simulation-2020/ISBN/978-1-63057-325-6/>.

15. Інформаційні ресурси

1. Сайт кафедри: k202@d2.khai.edu.
2. Сайт компанії DASSAULT SYSTEMES «SOLIDWORKS Web Help»: <http://help.solidworks.com/HelpProducts.aspx>.
3. Сайт компанії DASSAULT SYSTEMES «SOLIDWORKS Simulation Reference»: https://help.solidworks.com/2024/English/SWConnected/cworks/r_SOLIDWORKS_Simulation_Reference.htm.