

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ
Кафедра механічної інженерії

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан факультету мехатроніки та
комп'ютерних технологій

Борис ЗЛОТЕНКО

« 12 »



РОБОЧА ПРОГРАМА

навчальної дисципліни «Комп'ютерне моделювання механічних систем»

Рівень вищої освіти - **третій (освітньо-науковий)**

Спеціальність - **133 Галузеве машинобудування**

Освітня програма - **Галузеве машинобудування**

Факультет мехатроніки та комп'ютерних технологій

Київ 2024 рік

РОЗРОБЛЕНО: Київський національний університет технологій та дизайну

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: Манойленко О. П., к.т.н., доцент, доцент каф. МІ

Схвалено Вченою Радою факультету мехатроніки та комп'ютерних технологій

Протокол від «12» червня 2024 року № 10

Декан факультету МКТ

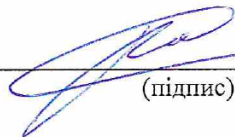

(підпис)

Борис ЗЛОТЕНКО

Обговорено та рекомендовано на засіданні кафедри механічної інженерії

Протокол від «10» червня 2024 року № 19

Завідувач кафедри МІ


(підпис)

Олексій ВОЛЯНИК

1 ОПИС ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, спеціалізація, рівень вищої освіти	Характеристика дисципліни		
		денна/вечірня форма навчання	заочна форма навчання	
Кількість кредитів – 4	Галузь знань <u>13 механічна інженерія</u> (шифр і назва) Спеціальність <u>133 галузеве машинобудування</u> (код і назва) Рівень вищої освіти <u>третій (освітньо-науковий)</u> доктор філософії	Вільного вибору аспіранта		
Змістових модулів – 1		Рік підготовки:		
Розділи – 2		2-й		2-й
		Семестр		
Загальна кількість годин - 120		3-й		3-й
		Лекції		
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2 самостійної роботи аспіранта – 5,5	20 год.		4 год.	
	Практичні роботи			
	12 год.		2 год.	
	Самостійна робота			
88 год.		114 год.		
Вид контролю: екзамен (<i>семестр_3_</i>)				

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить:

для денної/вечірньої форми навчання – 0,36

для заочної форми навчання – 0,05

2 АНОТАЦІЯ ДИСЦИПЛІНИ

Робоча програма навчальної дисципліни зосереджена на створенні конструкцій та моделюванні механічних систем за допомогою SolidWorks, що включає алгоритми створення 3D-моделей механізмів, таких як важільні, зубчасті та кулачкові. Вивчаються методики параметричного та геометричного моделювання, включаючи каркасне, поверхневе та твердотіле моделювання для створення деталей складних форм і конструкцій. Алгоритми для дослідження кінематичних і динамічних характеристик механізмів, а також для аналізу теплообміну, теплопередачі, потоків, гнучких елементів типу пружин. Дослідження технологічних машин з метою визначення навантажень, моментів інерції, приведених сил і для моделювання 3D-контакту в кінематиці. Дисципліна дає можливість вирішувати наукові задачі, пов'язані з оптимізацією конструкцій за критеріями міцності, довговічності та енергоефективності. Вивчаються також алгоритми аналізу механізмів на стійкість до коливань та проведення аналізу кінематичних і динамічних параметрів для створення варіантних конструкцій і конфігурацій. Крім того, охоплюються алгоритми кінцевих елементів для аналізу механічних систем на міцність, теплообмін та інші інженерні характеристики, а також алгоритми, що враховують нелінійність у процесах моделювання, зокрема алгоритми сил, переміщень. Використання сучасних алгоритмів моделювання та аналізу дозволяє вирішувати складні наукові задачі в галузі механіки, термодинаміки та машинобудування.

Мета курсу – набуття навичок вирішення завдань, пов'язаних із проектуванням та побудовою розрахункових моделей, інженерним аналізом механічних систем, розробкою алгоритмів інженерного аналізу механічних систем із застосуванням комп'ютерних

інженерних програм CAD/CAE (зокрема SolidWorks), що сприяє ефективному вирішенню наукових та практичних завдань у галузі механіки, термодинаміки та машинобудування.

Результати навчання:

знати: алгоритми розробки моделей механічних систем, методику проведення комп'ютерного експерименту, методики оптимізації параметрів, комп'ютерне моделювання технологічних процесів.

вміти: розробляти комп'ютерні моделі механічних систем, які реалізують технологічні процеси технологічних машин; проводити оптимізацію параметрів механізмів; визначати оптимальні значення технологічних процесів; проводити комп'ютерний експеримент та визначати параметри технологічного процесу, характеристики механічних систем.

знати: алгоритм проведення інженерних досліджень та проектування машин та конструкцій за допомогою сучасних програмних засобів геометричного 3D моделювання.

Володіти навичками методології математичного моделювання машин та конструкцій та здатен продемонструвати їх із застосуванням систем автоматизованого проектування; системами автоматизованого проектування при аналізі, оптимізації параметрів; володіти сучасною ідеологією побудови твердо тільних 3D-моделей механізмів та машин та їх конфігурацій.

Програмні результати навчання: ПРН 3, ПРН 4, ПРН 8, ПРН 11

Необхідні навчальні компоненти (пререквізити, кореквізити і постреквізити): Інформаційно-комунікаційні технології в наукових дослідженнях; Інтелектуальна власність та комерціалізація наукових досліджень; Педагогічна практика; Сучасні апарати та процеси виробництв легкої промисловості.

Види навчальних занять: лекція, практичне, консультація.

Методи навчання: словесні (лекції, практичних, пояснення), наочні (демонстрація, ілюстрація), пояснювально-ілюстративні, інтерактивний (дискусія, обговорення).

Методи контролю: усний (опитування), письмовий (звіти з практичних робіт, відповіді на контрольні питання), тестовий, поточний контроль.

Форми підсумкового контролю: екзамен (семестр 3).

Засоби діагностики успішності навчання: практичні завдання, перелік питань поточних контролів, теми для презентацій та рефератів, комплекти тестових завдань для поточного, підсумкового контролів.

Мова навчання: українська.

3 ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ СЕМЕСТР 3

ТЕМА 1 ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ КОМП'ЮТЕРНИХ МОДЕЛЕЙ МЕХАНІЗМІВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МАШИН ТА ЇХ КОНФІГУРАЦІЙ

Лекція 1. Геометричне та параметричне проектування. Основні поняття моделювання. Каркасне моделювання. Поверхневе моделювання. Твердотіле моделювання. Основні поняття параметричного конструювання. Види параметризації. Асоціативне та об'єктно-орієнтоване конструювання.

Лекція 2. Основні поняття МКЕ, інженерний аналіз в САЕ системах. Особливості роботи з командами «Аналіз». Основи методу кінцевих елементів (МКЕ). Прямий метод побудови рівнянь. Побудова програми МКЕ.

Лекція 3. Врахування не лінійності в процедурах МКЕ. Метод сил; Метод переміщень; Метод довжини дуги. Алгоритми Ньютона-Рафсона, Модифікований метод Ньютона — Рафсона. Метод кінцевих об'ємів.

Лекція 4. Особливості роботи з командами «Аналіз». Особливості роботи з додатком SolidWorks Simulation. Створення конфігурацій. Робота з панелями інструментів Simulation. Конфігурації, основні поняття.

ТЕМА 2 МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ

Лекція 5. Особливості роботи Flow Simulation вибір параметрів дослідження. Порядок підготовки моделі. Порядок роботи з додатком Flow Simulation. Проведення розрахунків з урахуванням термодинамічних властивостей тіл.

ТЕМА 3 КІНЕМАТИЧНИЙ, СИЛОВИЙ ТА ДИНАМІЧНИ АНАЛІЗ МЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ

Лекція 6. Кінематичне та динамічний аналіз механізмів технологічних машин. Моделювання механізмів в додатку SolidWorks Motion. Динамічний аналіз механізмів в додатку SolidWorks Motion. Алгоритми розрахунку механізмів на прикладі технологічних машин. Алгоритм визначення приведенного моменту інерції до головного валу швейної машини шляхом комп'ютерного моделювання.

ТЕМА 4 ТЕРМІЧНИЙ, ЧАСТОТНИЙ АНАЛІЗИ МЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ. АНАЛІЗ НАПРУЖЕНЬ В МЕХАНІЧНИХ СИСТЕМАХ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ

Лекція 7. Силловий аналіз пружних деталей механічних систем. Частотний аналіз. Алгоритми дослідження циліндричних пружин кручення. Алгоритми дослідження прорізних пружин. Алгоритм дослідження лінзового компенсатора. Частотний аналіз деталей.

Лекція 8. Дослідження поведінки текучого середовища та теплопередачі в теплообмінниках. Типи теплообмінників. Базові поняття теплообміну для розрахунку теплообмінників. Конструювання теплообмінників.

ТЕМА 5 ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ МЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУЮВАННЯ МЕХАНІЗМІВ

Лекція 9. Оптимізація конструкції деталі за критерієм маси та металоємності. Оптимізація конструкції деталі за критерієм міцності.

Лекція 10. Топологічна оптимізація конструкції деталі за критерієм міцності та маси.

4 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛІНИ

Назви змістових модулів (розділів) і тем	Кількість годин													
	Денна/вечірня форма							Заочна форма						
	усього	у тому числі:						усього	у тому числі:					
		л	пр	лаб	сем	інд	СР		л	пр	лаб	сем	інд	СР
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Тема 1 Особливості розробки комп'ютерних моделей механізмів технологічних машин та їх конфігурацій														
Лекція 1. Геометричне та параметричне проєктування.	12	2	-	-	-	-	10	12	-	-	-	-	-	12
Лекція 2. Основні поняття МКЕ, інженерний аналіз в САЕ системах. Особливості роботи з командами «Аналіз».	12	2	-	-	-	-	10	12	-	-	-	-	-	12
Лекція 3. Врахування не лінійності в процедурах МКЕ. Метод сил; Метод переміщень; Метод довжини дуги.	12	2	-	-	-	-	10	12	-	-	-	-	-	12
Лекція 4 Особливості роботи з командами «Аналіз». Особливості роботи з додатком SolidWorks Simulation. Створення конфігурацій.	12	2	2	-	-	-	8	12	1	1	-	-	-	10
Тема 2 Моделювання технологічних процесів та визначення технологічних параметрів														
Лекція 5. Особливості роботи Flow Simulation вибір параметрів дослідження.	12	2	2	-	-	-	8	12	-	-	-	-	-	12
Тема 3 Кінематичний, силовий та динамічний аналіз механічних систем														
Лекція 6 Кінематичне та динамічний аналіз механізмів технологічних машин. Моделювання механізмів в додатку SolidWorks Motion.	12	2	4	-	-	-	6	12	1	-	-	-	-	11
Тема 4 Термічний, частотний аналізи механічних систем. аналіз напружень в механічних системах та оптимізація параметрів														
Лекція 7. Силовий аналіз пружних деталей механічних систем. Частотний аналіз.	12	2	-	-	-	-	10	12	-	-	-	-	-	12
Лекція 8. Дослідження поведінки текучого середовища та теплопередачі в теплообмінниках. Типи теплообмінників.	12	2	2	-	-	-	8	12	1	-	1	-	-	10
Тема 5 Оптимізація параметрів механічних систем та особливості конструювання механізмів														
Тема 9. Параметрична оптимізація конструкції деталей. Оптимізація конструкції деталі за критерієм маси та металоемності.	12	2	2	-	-	-	8	12	1	-	-	-	-	-
Лекція 10. Топологічна оптимізація конструкції деталі за критерієм міцності та маси.	12	2	-	-	-	-	10	12	-	-	-	-	-	-
Усього годин	120	20	12	-	-	-	88	120	4	-	2	-	-	114

5 ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

№ з/п	Назва теми практичного заняття	Кількість годин
1	ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1. МОДЕЛЮВАННЯ КОНФІГУРАЦІЙ ПРОРІЗНИХ ПРУЖИН	2
2	ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2. МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ОХОЛОДЖЕННЯ ГОЛКИ ПІД ЧАС ПРОКОЛЮВАННЯ МАТЕРІАЛУ	2
3	ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3. КІНЕМАТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМІВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МАШИН	2
4	ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4. ДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ МЕХАНІЗМІВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МАШИН	2
5	ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ В ТЕПЛООБМІННИКАХ	2
6	ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2. ОПТИМІЗАЦІЯ КОНФІГУРАЦІЇ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ ЗА КРИТЕРІЄМ МАСИ ТА МЕТАЛОЄМНОСТІ	2
Всього		12

6 САМОСТІЙНА РОБОТА

№ з/п	Види робіт	Кількість годин
1	Підготовка до практичних робіт	24
2	Опрацювання тем СР, які не викладаються на лекціях	54
3	Підготовка до всіх видів контролю	10
Всього		88

7 РОЗПОДІЛ БАЛІВ З ДИСЦИПЛІНИ, ЯКІ ОТРИМУЮТЬ ЗДОБУВАЧІ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Розподіл балів, які отримують аспіранти

Поточне оцінювання та самостійна робота*					МК (тестовий)	Екзамен	Сума
T1	T2	T3	T4	T5			
16	16	16	16	16	10	10	100

Розподіл балів з дисципліни

Види оцінювання	T1	T2	T3	T4	T5	Усього
Захист практичної роботи	10	10	10	10	10	50
Презентації	6	6	6	6	6	30
Модульний, поточний контроль	10					10
Підсумковий контроль	10					10
Всього з дисципліни						100

Критерії оцінювання видів робіт:

Практичні роботи

- За кожен виконану практичну роботу та її захист здобувач в отримує до **10 балів**:
2-4 бали – за вчасне виконання роботи, 2 -й період до модульного контролю (МК), що визначається розподілом тем).

5-10 бали – за якісне виконання роботи та успішний захист результатів (повнота виконаних завдань, правильність результатів, здатність аргументувати відповіді).

Презентації

2. Кожна презентація оцінюється в межах розподілу балів за темою **до 6 балів**.

Оцінка за презентацію складається з таких критеріїв:

Змістовність (до 3 бали):

1- бал – недостатнє розкриття теми або значні недоліки у змісті;

2-3 бали – часткове розкриття теми, деякі пропуски або неточності;

4 – бали – повне, чітке та логічне розкриття теми, точність викладення матеріалу.

Оформлення та структура (1-2 бали):

1 бал – неякісне або незрозуміле оформлення (складне читання, без картинок або схем), відсутність структури;

2 бали – якісне оформлення слайдів, використання схем, графіків для кращого розуміння матеріалу, наявна структура.

Невчасне виконання робіт:

- За невчасне виконання та захист робіт знімається по **1 балу** від максимальної кількості балів.

Модульний контроль проходить у форматі тестів, за кожен правильну відповідь нараховується **1 бал**. Максимальна оцінка за модульний контроль становить **10 балів**.

Критерії оцінювання екзамену

Екзамен складається з 10 тестових запитань, кожне з яких оцінюється в **1 бал**. Мінімальна кількість отриманих балів, які зараховуються за екзамен повинна становити **6 балів**.

Відповідність шкал оцінок якості засвоєння навчального матеріалу

Оцінка за національною шкалою	Оцінка в балах	Оцінка за шкалою ECTS	Пояснення
відмінно	90-100	A	Відмінно (відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок)
добре	82-89	B	Дуже добре (вище середнього рівня з кількома помилками)
	74-81	C	Добре (в загальному вірне виконання з певною кількістю суттєвих помилок)
задовільно	64-73	D	Задовільно (непогано, але зі значною
	60-63	E	Достатньо (виконання відповідає мінімальним критеріям)
незадовільно	35-59	FX	Незадовільно (з можливістю повторного
	0-34	F	Незадовільно (з обов'язковим повторним вивченням дисципліни)

8 ПОЛІТИКА КУРСУ

8.1 Обов'язкове дотримання академічної доброчесності здобувачами вищої освіти, а саме:

- самостійне виконання всіх видів робіт, завдань, форм контролю, передбачених робочою програмою даної навчальної дисципліни;
- посилення на джерела інформації у разі використання ідей, розробок, тверджень, відомостей;
- дотримання норм законодавства про авторське право і суміжні права;
- надання достовірної інформації про результати власної навчальної (наукової, творчої) діяльності, використані методики досліджень і джерела інформації.

8.2 У разі виявлення плагіату робота анулюється і здобувач отримує нове завдання.

8.3 Допускається визнання результатів навчання, отриманих у неформальній освіті, до 10-ти балів за наявності сертифікату чи іншого документу.

8.4 Для отримання позитивної оцінки з дисципліни необхідно виконати всі практичні роботи і скласти два поточні тестові контролю з максимальною оцінкою, в іншому випадку мінімальна сума балів (60) отримується за рахунок додавання балів за СР (реферати або презентації).

8.5 В разі несвоєчасного виконання робіт можуть бути зняті бали (максимальна кількість знятих балів – 1).

8.6 Перенесення терміну здачі робіт/перездача:

- допускається з поважних причин (лікарняний, академічна мобільність, непередбачені обставини) без зниження балів;
- без поважних причин оцінюється на 1 бал нижче за кожне виконане практичне завдання, поточні контролю не перескладаються.

8.7 Пропущені практичні заняття, з поважних причин відпрацьовуються в межах семестру, в якому викладається дисципліна, з погодженням дати та часу з викладачем.

8.8 Здобувач, який не погоджується з результатом підсумкового контролю (оцінкою/балами за екзамен), має право подавати заяву (апеляцію) на ім'я ректора за погодженням керівника МІАД у день проведення екзамену або не пізніше 15-00 наступного робочого дня.

9 МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

1. Комп'ютерне моделювання механічних систем: методичні вказівки до практичних робіт для третього освітньо-наукового (доктора філософії) рівня вищої освіти спеціальності 133 галузеве машинобудування за освітньою програмою Галузеве машинобудування / упор.: О. П. Манойленко. – Київ : КНУТД, 2024. – 76 с.

10 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Інженерна графіка в SolidWorks: Навчальний посібник/ С.І. Пустюльга, В.Р. Самостян, Ю.В. Клак – Луцьк: Вежа, 2018. – 172 с.
2. Kurowski P.M.: Engineering Analysis with SOLIDWORKS Simulation 2022, Mission: SDC Publications, 2022. <https://static.sdcpublications.com/pdfsample/978-1-63057-469-7-2-t7j36sv3ll.pdf>
3. Ворошук В.Я., Вітенько. Т.М. Інжиніринг та 3D моделювання в середовищі Solidworks: навч. посібник. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2023. 164с. <https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/42849/3/Engineering%20and%203D%20modeling%20in%20SolidWorks.pdf>
4. Solidworks у завданнях 3D моделювання та інжинірингу технічних систем. Навч. посібник / В.Я. Ворошук, Т.М. Вітенько. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2021. 164 с.

5. Manoilenko O., Horobets V., Dvorzhak V., Kovalov Y., I. Kniaziev & Shkvyra V (2023)/ Research of variable parameters of needle thread take-up mechanisms and development of recommendations for adjusting multi-thread chain stitch sewing machines. *Fibres and Textiles*, 30(5), 52-60 <https://doi.org/10.15240/tul/008/2023-5-006>

6. Холодняк Ю. В. Комп'ютерне проектування промислових виробів: конспект лекцій / Ю. В. Холодняк; ТДАТУ. – Мелітополь: Люкс, 2021. – 140 с. <http://tsatu.edu.ua/tm/wp-content/uploads/sites/14/konspekt-lekcij.pdf>

7. Research of the influence of the treatment process of three-cone packing on critical speeds of bobbin holder of the winding machine // Bratislava, SK : Vlákna a textil, 2020. – P. 145-149. Complete list of authors: B.S. Zavertannyi, O.O. Akymov, O.P. Manoilenko, M.A. Zenkin, Y.A. Kovalev and S.A. Pleshko.

<https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/17667>

8. Manoilenko O. P. The research of the process of forging a rolling roller through the pack of the final form of rewinding machines / O. P. Manoilenko, B. S. Zavertannyi, O. O. Akymov // Vlákna a textil (Fibres and Textiles). – 2020. – Vol. 27, № 2, June. – P. 69-73.

https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/17611/1/VaT_2020_2_27.pdf

Допоміжна

1. Хруцкий А.О. Основы разработки проектных процедур на базе SolidWorks API: навч. Посіб. вищих навч. Закладів. – Кривий ріг: Видавничий центр ДВНЗ «КНУ», 2016. – 303 с.

2. Саєнко С. Ю. Основы САПР / С. Ю. Саєнко, І. В. Нечипоренко – Х. : ХДУХТ, 2017 – 120 с. <https://vasylkiv-litsei.com.ua/media/library/book/1614070377.330367.pdf>

11 ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ

1. What's new SolidWorks 2024. URL: What's New in SOLIDWORKS 2024 | SOLIDWORKS

Dassault Systèmes SolidWorks Corporation. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.solidworks.com/>

2. Посібник з вивчення програмного забезпечення SolidWorks (англійською мовою) [Електронний ресурс] – Режим доступу:

https://www.solidworks.com/sw/docs/student_wb_2011_eng.pdf

3. Mechanical Design (CSWA–Mechanical Design) [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.solidworks.com/certifications/mechanical-design-cswa-mechanical-design>

ПЕРЕЗАТВЕРДЖЕНО

Протокол засідання кафедри від «___» _____ 20__ р. № ___

Завідувач кафедри МІ _____
(підпис)