

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Голова Вченої ради факультету
комп'ютерно-інтегрованих
технологій, мехатроніки і
робототехніки

« ____ » _____ 20__ р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«КОМП'ЮТЕРНИЙ АНАЛІЗ ТА СИНТЕЗ МЕХАНІЗМІВ»**

для студентів освітнього рівня «магістр»
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
освітньо-професійна програма «Галузеве машинобудування»
факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і
робототехніки
кафедра галузевого машинобудування

Робочу програму схвалено на
засіданні кафедри
галузевого машинобудування
протокол від «__» ____ р. № __

Завідувач кафедри галузевого
машинобудування

_____ Я.А. Степчин

Розробник: к.т.н., доц. кафедри галузевого машинобудування Мельник О.Л.

Житомир
2019 – 2020 н.р.

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 6,5	Галузь знань 13 «Механічна інженерія»	Нормативна дисципліна	
Модулів – 2	Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 4		1-й	1-й
		Семестр	
		1-й	1-й
Загальна кількість годин – 195 год.	Освітній ступінь: «магістр»	Лекції	
		16 год.	6
		Практичні, семінарські	
		48 год.	12
		Лабораторні	
		-	-
		Самостійна робота	
		131 год	175
		Індивідуальні завдання: 0 год.	
		Вид контролю: Іспит	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 год. самостійної роботи студента – 8 год.			

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення дисципліни – набуття навичок виконувати кінематичний та динамічний аналіз і синтез механізмів використовуючи інструментарій **SolidWorks Motion**.

Основними завданнями вивчення дисципліни “Комп’ютерний аналіз та синтез механізмів” є:

- розвинути у студентів навички виконувати графічне моделювання руху моделей збірки використовуючи **MotionManager** - інтерфейс на базі часової шкали;
- навчити додавати двигуни, щоб створювати рух для однієї або декількох деталей в збірці; використовувати ключові точки **MotionManager** для призначення позицій для компонентів збірки в різні моменти часу;
- виконувати кінематичні дослідження механізмів та визначати епюри переміщення, швидкості, прискорення, сили та обертового моменту, енергії, імпульса, орієнтації точок, деталей та збірок деталей використовуючи інструментарій модуля **Motion**;
- моделювати рух по заданій траєкторії з використанням додаткових спряжень **SolidWork**;
- виконувати точні дослідження кінематики та динаміки зменшуючи кількість надлишкових обмежень шляхом створення жорстких вузлів і жорстких груп для компонентів закріплених з урахуванням руху збірки, заміною пари надлишкових спряжень, що утворюють шарнір в шарнірних з’єднаннях; заміни надлишкових спряжень примітивами спряжень, а також заміни спряжень податливими втулками.
- Навчити динамічно урівноважувати механізми використовуючи інструментарій **SolidWork Motion**;
- розвиток у студентів технічної думки і творчої ініціативи в галузі конструювання механізмів;

Результатом вивчення дисципліни є набуття студентами таких компетенцій:

ЖДТУ	Міністерство освіти і науки України Житомирський державний технологічний університет
------	---

ЗК-1. Здатність застосовуваним інформаційні та комунікаційні технології.

ЗК-3. Здатність навчатися та оволодівати сучасними знаннями.

ЗК-5. Здатність шукати та опрацьовувати інформацію з різних джерел.

ЗК-7. Здатність ухвалювати обґрунтовані рішення.

ФК-1. Здатність удосконалювати аналітичні методи та комп'ютерні програмні засоби для розв'язування інженерних завдань галузевого машинобудування, зокрема, в умовах технічної невизначеності.

ФК-3. Здатність застосовувати та вдосконалювати наявні кількісні математичні, наукові й технічні методи, а також комп'ютерні програмні засоби для розв'язування інженерних завдань галузевого машинобудування.

ФК-4. Здатність втілювати передові інженерні розробки для отримання практичних результатів.

ФК-11. Здатність використовувати знання в розв'язуванні завдань підвищення якості продукції та її контролювання.

Програмними результатами навчання при вивченні дисципліни є:

ПРН-1. Знання і розуміння засад фундаментальних математичних методів моделювання та оптимізування.

ПРН-4. Вміння ставити та розв'язувати завдання, застосовуючи передові інженерні методи розраховування.

ПРН-6. Вміння працювати з різними джерелами технічної інформації на фізичних і електронних носіях, зокрема, іноземною мовою.

ПРН-8. Розуміння і вміння застосовувати методи конструювання машин та устаткування галузевого машинобудування.

ПРН-9. Вміння проектувати потрібне устаткування, інструменти та методи.

ПРН-11. Фахові майстерність і навички.

ПРН-15. Вміння розробляти машини та устаткування галузевого машинобудування на базі систем автоматизованого проектування.

ПРН-20. Навички розв'язування завдань з підвищення якості продукції.

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1. Кінематичний аналіз та синтез механізмів.

Змістовий модуль 1. Анімація, базовий рух та дослідження кінематичних параметрів руху механізмів

Тема 1. Анімація, базовий рух та дослідження руху в середовищі SolidWorks Motion.

Створення анімації. Використання часової шкали та інструментарію Motion. Зміна розміру тимчасової шкали й налаштування початкового положення. Визначення положень анімації. Операції з ключовими точками часової шкали. Зміна положень компонента в часі. Приховування компонентів під час руху. Зміна кольору компонента під час руху. Зміна зовнішнього вигляду компонента на каркасне представлення. Створення відеокліпу. Анімація за рахунок точного позиціонування.

Тема 2. Моделювання руху вздовж траєкторії.

Моделювання руху вздовж траєкторії в SolidWorks Motion з використанням спряження шляху та керуванням двигуном шляху конструктора функцій. Відкриття моделі захвата й створення шляху руху (екскізу) зі спряженням шляху. Зміна профілю переміщення двигуна залежно від часу. Створення епюр руху. Накладення декількох епюр.

Тема 3. Моделювання руху на основі подій.

Дослідження кінематики маніпуляторів зварювальних роботів за допомогою моделювання руху на основі подій. 1. Підготовка геометричної моделі. Побудова моделі руху. Створення датчиків. Створення серводвигунів. Налаштування дослідження. Робота в інтерфейсі з рухами на основі подій. Перегляд тимчасової шкали. Результати дослідження руху.

Тема 4. Розрахунок та кінематичний синтез механізму «Мальтійський хрест».

Побудова твердотілих моделей деталей збірки «мальтійський хрест» та складення збірки. Створення нового дослідження руху. Встановлення контакту кривих. Створення другого контакту кривих. Призначення двигуна. Установка властивостей аналізу руху. Запуск моделювання на 4.235 секунди. Відображення епюр контактних сил. Дослідження кінематики обертання веденого колеса. Створення нового дослідження руху для контакту твердих.

Змістовий модуль 2. Податливість з'єднань та точність кінематичних досліджень SolidWorks Motion

Тема 1. Крен, тангаж, розворот та гнучкі з'єднання.

Ознайомлення з короткими теоретичними відомостями. Крен, тангаж і розворот в результатах. Податливі втулки в SolidWorks Motion. Виконання дослідження крену, тангажу та розвороту в площині. Відкриття деталей моделі підвіски й створення збірки. Створення дослідження руху. Побудова епюр результатів. Використання податливих втулок в дослідженні та аналіз результатів. Створення втулок між компонентами. Запуск дослідження та аналіз результатів.

Тема 2. Імітаційне моделювання процесу плоского фрезерування торцевою фрезою.

Підготовка геометричної моделі. Створення лінійного і обертового двигунів, налаштування часу досліджень, кількості кадрів в секунду. Запуск дослідження. Побудова траєкторії руху вершини різальної кромки. Редагування деталі заготовки в контексті збірки. Визначення площі зрізу. Вирізання по перерізах з направляючими кривими. Визначення об'єму зрізу.

Модуль 2. Динамічний аналіз механізмів.

Змістовий модуль 1. Визначення навантажень у ланках та динамічне урівноважування механізмів

Тема 1. Визначення потужності приводу гвинтового домкрата.

Створення двигунів. Прикладення сили 8900 N, для імітації ваги автомобіля на домкраті. Визначення крутного моменту, який необхідний, щоб підняти вагу автомобіля. Потужність яка затрачується на піднімання підняти ваги 8900 N. Визначення вертикального положення опори.

Тема 2. Динамічне урівноважування механізмів.

Адаптація моделі - видалення або переведення в погашений стан деталей та вузлів котрі є нерухомими і ними можна знехтувати в динамічному аналізі. Видалення/погашення та переведення в стан заблокувати всіх спряжень нерухомих деталей. Створення деталі «Фланець» та додавання даної деталі в розрахункову геометричну модель. Створення контакту (Контакт 3D) між вузлом між опорними деталями. Призначення двигуна. Призначення сили тяжіння. Налаштування дослідження. Запуск дослідження. Аналіз результатів. Визначити параметри компенсаційної маси. Проведення дослідження Motion та визначення сили протидії деталі Supporting Cup. Підготовка деталі для імітації навантаження в Simulation. Аналіз опорної чаші дробарки в Simulation

Тема 3. Імпортування навантажень з SolidWorks Motion.

Призначення несучих поверхонь для передачі навантаження. Запуск моделювання руху та збереження результатів. Імпорт навантажень руху в SolidWorks Simulation. Визначення побудови графіка етапів проектування для напруг по Мизесу. Перегляд результатів критичних сценаріїв проектування.

Тема 4. Аналіз та синтез кулачкових механізмів

Ознайомитися з теоретичними відомостями по аналізу та синтезу кулачкових механізмів. Створення нової збірки з кулачковим механізмом. Створення дослідження руху SolidWorks Motion та здійснення аналізу кулачкового механізму. Формування закону переміщення вихідної ланки (клапана) в файлі CSV. Синтез профілю кулачка. Динамічний аналіз кулачкового механізму.

Змістовий модуль 2. Надлишковість обмежень та деталізований 3D контакт з'єднань.

Тема 1. Надлишковість зв'язків (обмежень) при динамічному дослідженні механізмів.

Ознайомлення з наступними теоретичними відомостями: степені свободи твердого тіла; кількість обмежень, які накладаються різними спряженнями та примітивні спряжень; кінематичні та динамічні механізми. Дослідження впливу спряжень на обмеження степенів рухомості на прикладі повзункового механізму. Дослідження впливу надлишковості зв'язків на достовірність результатів дослідження на прикладні шарнірного механізму кріплення дверей. Ознайомлення з теоретичними відомостями про податливі втулки між рухомими з'єднаннями. Узагальнення способів усунення надлишковості зв'язків на прикладі гідравлічного піднімаючого пристрою.

Тема 2. Деталізований контакт та використання конструктора функцій двигунів.

Ознайомлення з теоретичними відомостями про формування 3D контакту в модулі Motion, межі використання 3D контакту. Використання різноманітних математичних функцій для формування руху двигунів, зміни значення зусилля в конструкторі функцій Motion. Створення двигунів, задання параметрів дослідження. Визначення пружин та демпферів. Використання точного 3D контакту. Функціональні можливості різних типів інтеграторів Motion.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
л		п	лаб	інд	с.р.	л		п	лаб	інд	с.р.	
1	2	3	4	5	6	7	-	-	-	-	-	-
Модуль 1. Кінематичний аналіз та синтез механізмів												
Змістовий модуль 1. Анімація, базовий рух та длідження кінематичних параметрів руху механізмів												
Тема 1. Анімація, базовий рух та дослідження руху в середовищі SolidWorks Motion.	14	2		4		8		2	2			
Тема 2. Моделювання руху вздовж траєкторії.	8			2		6						
Тема 3. Моделювання руху на основі подій. Синтез та дослідження кінематики сортувального пристрою	16	2		4		10		2	2			
Тема 4. Розрахунок та кінематичний синтез механізму «Мальтійський хрест».	10			2		8			2			
Разом за змістовим модулем 1	48	4		12		32		4	6			
Змістовий модуль 2. Податливість з'єднань та точність кінематичних досліджень SolidWorks Motion												
Тема 1. Крен, тангаж, розворот та гнучкі з'єднання.	18	2		4		12			2			
Тема 2. Імітаційне моделювання процесу плоского фрезерування торцевою фрезою.	16	2		4		10						
Разом за змістовим модулем 2	34	4		8		22						
Разом за модулем 1.	82	8		20		54		4	8			
Модуль 2. Динамічний аналіз механізмів.												
Змістовий модуль 1. Визначення навантажень у ланках та динамічне урівноважування механізмів												

ЖДТУ	Міністерство освіти і науки України Житомирський державний технологічний університет
------	---

Тема 1. Визначення потужності приводу гвинтового домкрата.	8			2		6		2	2			
Тема 2. Динамічне урівноважування механізмів.	20	2		6		12			2			
Тема 3. Імпортування навантажень з SolidWorks Motion.	12			4		8						
Тема 4. Аналіз та синтез кулачкових механізмів	20	2		6		12						
Разом за змістовним модулем 1	60	4		18		38		2	4			
Змістовий модуль 2. Надлишковість обмежень та деталізований 3D контакт з'єднань.												
Тема 1. Надлишковість зв'язків (обмежень) при динамічному дослідженні механізмів.	18	2		4		12						
Тема 2. Деталізований контакт та використання конструктора функцій двигунів.	20	2		6		12						
Разом за змістовним модулем 2	38	4		10		24						
Разом за модулем 2.	98	8		28		62		2	4			
Разом	180	16		48		116		6	12			

5. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма навчання	Заочна форма навчання
1	Анімація та базовий рух в середовищі SolidWorks Motion.	8	15
2	Моделювання руху вздовж траєкторії: створення траєкторії руху та двигунів руху	6	12
3	Моделювання руху на основі подій. Створення тригерів подій, закони керування сервоприводами.	10	10
4	Розрахунок та кінематичний синтез механізму «Мальтійський хрест».	8	15
5	Характеристики гнучких з'єднань (податливих втулок)	12	16
6	Імітаційне моделювання процесів металообробки з аналізом траєкторії руху різальних кромок	10	17
7	Визначення потужності приводів піднімальних пристроїв	8	23
8	Динамічне урівноважування механізмів: статичне, динамічне та моментне урівноваження	14	16
9	Імпортування навантажень з SolidWorks Motion	10	17
10	Динамічний аналіз кулачкових механізмів	15	18
11	Примітиви спряжень, жорсткі групи та податливі втулки.	15	19
12	Деталізований контакт та використання конструктора функцій двигунів.	15	17
	Разом	131	195

6. Лабораторні роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма навчання	Заочна форма навчання
1	Анімація, базовий рух та дослідження руху в середовищі SolidWorks Motion.	4	-
2	Моделювання руху вздовж траєкторії	2	-
3	Моделювання руху на основі подій. Синтез та дослідження кінематики сортувального пристрою	4	-
4	Розрахунок та кінематичний синтез механізму «Мальтійський хрест».	2	-
5	Крен, тангаж, розворот та гнучкі з'єднання	4	-
6	Імітаційне моделювання процесу плоского фрезерування торцевою фрезою.	4	-
7	Визначення потужності приводу гвинтового домкрата	2	-
8	Динамічне урівноважування механізмів	6	-
9	Імпортування навантажень з SolidWorks Motion	4	-
10	Аналіз та синтез кулачкових механізмів	6	-
11	Надлишковість зв'язків (обмежень) при динамічному дослідженні механізмів	4	-
12	Деталізований контакт та використання конструктора функцій двигунів.	6	-
	Разом	48	-

7. Методи навчання

Мета і завдання дисципліни щодо формування компетенції майбутнього фахівця визначають вибір форм і методів організації навчального процесу. Важливим орієнтиром створення сучасних систем навчання сьогодні є провадження новітніх освітніх технологій, які базуються на інтерактивних методах навчання.

Арсенал таких методів достатньо різноманітний. В ЖДТУ сьогодні визначився в основному такий перелік інтерактивних методів навчання, як інформаційно-комунікаційні технології, проблемна лекція, робота у малих групах, кейс-метод, проектний метод, тренінг. Загальна схема організації навчального процесу з використанням інтерактивних методів навчання наведено у таблиці 1. Цю схему доповнює і конкретизує плани лекційних і практичних занять з навчальної дисципліни (додаються).

Таблиця 1.

Загальна схема організації навчального процесу з використанням інтерактивних методів навчання з дисципліни **«Комп'ютерний аналіз та синтез механізмів»**

Організаційні форми навчання	Лекція	Практичне заняття	Самостійна робота
Методи навчання			
Інформаційно-комунікаційні технології	+	+	+
Робота в малих групах		+	
Проблемне навчання			+
Кейс-метод		+	

8. Методи контролю

Оцінювання знань студентів з дисципліни здійснюється на основі результатів:

- поточного контролю знань;
- індивідуального завдання;
- вхідного, поточного і підсумкового тестування;
- іспиту.

Об'єктом оцінювання знань студентів є програмний матеріал дисципліни, засвоєння якого перевіряється під час поточного контролю, модульного контролю і заліку.

Завданням поточного контролю є перевірка розуміння та засвоєння теоретичного матеріалу, набуття практичних навичок використання програмного забезпечення під час обробки експериментальних даних дослідження, уміння самостійно здійснювати дослідження, спостереження, аналіз.

Завданням іспиту є перевірка розуміння студентом програмного матеріалу в цілому, здатності логічно та послідовно висловлювати власні думки як вербально так і математично, уміння використовувати спеціальні програмні засоби.

Оцінювання здійснюється за 100-бальною шкалою. Завдання поточного контролю оцінюються в діапазоні від 0 до 100 балів (включно). Результати поточного контролю знань студентів вносяться до відомостей обліку поточної і підсумкової успішності.

Об'єктами поточного контролю знань студентів є:

- систематичність, активність та результативність роботи на заняттях (відвідування лекційних, лабораторних занять; активна участь в дискусіях; своєчасний захист лабораторних робіт);
- виконання модульних контрольних завдань;
- виконання індивідуальної роботи;
- логічність та послідовність захисту індивідуальних і лабораторних робіт.

Підсумковий контроль знань студентів здійснюється у формі іспиту, який проводиться у відповідності до Наказу ректора ЖДТУ. Наказом ректора ЖДТУ установлені вимоги до складання білетів, регламентовані порядок і час проведення заліків.

За кожним змістовим модулем здійснюється контроль роботи студента на лекційних і лабораторних заняттях, за що студент одержує максимально 48 балів.

За виконання підсумкової модульної контрольної роботи студент одержує 52 балів. Таким чином за умов якісного виконання усіх завдань накопичується – 100 балів.

9. Схема нарахування балів

Поточне тестування та самостійна робота				Підсум-ковий тест (екзамен)	Сума
Модуль 1				50	100
Змістовий модуль 1					
Лекції і поточні контрольні роботи					
Т1	Т2	Т1	Т2		
2	-	2	-		
Лабораторні роботи					
3	2	3	2		
Змістовий модуль 2					
Т1		Т1			
1		1			
Лабораторні роботи					
3		3			
Модуль 2					
Змістовий модуль 1					
Лекції і поточні контрольні роботи					
Т1	Т2	Т3	Т4		
-	2	-	2		
Лабораторні роботи					
2	4	3	3		
Змістовий модуль 2					
Лекції і поточні контрольні роботи					
Т1		Т2			
2		2			
Лабораторні роботи					
4		4			

T1, T2 ... T4 – теми змістових модулів.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
82-89	B	добре	
74-81	C		
64-73	D	задовільно	
60-63	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

10. Методичне забезпечення

1. Мельник О.Л. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни **«Комп'ютерний аналіз та синтез механізмів»** 133 «Галузеве машинобудування». – Житомир: ЖДТУ, 2016.

11. Література

Основна

1. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Системи САЕ/CAD» / НТУУ "КПІ". – Київ : НТУУ "КПІ", 2012 р., – 63 с.
2. Алямовський А.А. SolidWorks 2007/2008. Компьютерное моделирование в инженерной практике / А.А. Алямовський / БХВ-Петербург, 2008 - 1019 стор.

Додаткова

1. Алямовський А.А. SolidWorks Simulation. Как решать практические задачи / А.А. Алямовський / БХВ-Петербург, 2012 - 448 стор.
2. Алямовський А.А. Инженерные расчеты в Solidworks Simulation / А.А. Алямовський / ДМК пресс. Электронные книги, 2013 р. - 464 стор.

13. Інформаційні ресурси

1. <http://help.solidworks.com/HelpProducts.aspx> SOLIDWORKS Web Help.