Міністерство освіти і науки України
Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Факультет «Транспортна інженерія»
Кафедра «Вагони та вагонне господарство»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ С. С. Довганюк
«____» _____ 2018 р.

МЕХАНІКА ВАГОНІВ

Робоча програма навчальної дисципліни для студентів
із галузі знань 27 «Транспорт»
та спеціальності 273 «Залізничний транспорт»

Розробник робочої програми _____ Рейдемейстер О. Г.

Декан _____ Довбня М. П.

Начальник навчального відділу _____ Андрашко Л. Є.

Дніпро — 2018

Робоча програма з дисципліни *Механіка вагонів*

Ухвалено на засіданні кафедри «__» «_____» 2018 р. протокол № _____

Зав. кафедри _____ С. С. Довганюк

Лектор _____ О. Г. Рейдемейстер

Доповнення/зміни до робочої програми

На 20___/20___н.р._____

_____

_____

«____» _____ 20___ р. протокол № ___ Зав. кафедри _____ _____

Лектор _____ _____

На 20___/20___н.р._____

_____

_____

«____» _____ 20___ р. протокол № ___ Зав. кафедри _____ _____

Лектор _____ _____

На 20___/20___н.р._____

_____

_____

«____» _____ 20___ р. протокол № ___ Зав. кафедри _____ _____

Лектор _____ _____

1 РОЗПОДІЛ НАВЧАЛЬНОГО ЧАСУ ДЛЯ ДЕННОЇ ФОРМИ НАВЧАННЯ

Види навчання	Перший семестр*)				Усього	
	І семестр		ІІ семестр			
	акад. год	кред. ECTS	акад. год	кред. ECTS	акад. год	кред. ECTS
Усього годин за навчальним планом	60	2	60	2	120	4
У тому числі:						
Аудиторні заняття	24		24		48	
з них:						
— лекції	16		16		32	
— лабораторні роботи	8		8		16	
— практичні заняття	—		—		—	
— семінарські заняття	—		—		—	
Самостійна робота:	36		36		72	
у тому числі при:						
— підготовці до лекцій та практичних	8		8		16	
— підготовці до лабораторних робіт	4		4		8	
— виконання і захист курсової роботи	—		—		—	
— виконання і захист індивідуальних завдань	—		—		—	
— опрацювання розділів програм, які не викладаються на лекціях	12		12		24	
— підготовка до контрольних заходів та їх складання	12		12		24	
Підсумковий контроль — екзамен						

*) Нумерація семестрів наскрізна.

Терміни поточного контролю результатів занять та самостійної роботи

Семестр	Вид контролю	Кількість балів за 100-бальною шкалою
Перший	ПК1	20
	МК1	30
	ПК2	20
	МК2	30
	Загалом	*100*

Види навчання	Другий семестр*)				Усього	
	I семестр		II семестр			
	акад. год	кред. ECTS	акад. год	кред. ECTS	акад. год	кред. ECTS
Усього годин за навчальним планом	60	2	60	2	120	4
У тому числі:						
Аудиторні заняття	24		24		48	
з них:						
— лекції	16		16		32	
— лабораторні роботи	8		8		16	
— практичні заняття	—		—		—	
— семінарські заняття	—		—		—	
Самостійна робота:	36		36		72	
у тому числі при:						
— підготовці до лекцій та практичних	8		8		16	
— підготовці до лабораторних робіт	4		4		8	
— виконання і захист курсової роботи	—		—		—	
— виконання і захист індивідуальних завдань	—		—		—	
— опрацювання розділів програм, які не викладаються на лекціях	12		12		24	
— підготовка до контрольних заходів та їх складання	12		12		24	
Підсумковий контроль — залік						

*) Нумерація семестрів наскрізна.

Терміни поточного контролю результатів занять та самостійної роботи

Семестр	Вид контролю	Кількість балів за 100-бальною шкалою
Другий	ПК1	50
	ПК2	50
	Загалом	*100*

2 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛІНИ

Модуль	Тема лекції (заняття)	Обсяг, годин	Види контролю
1	2	3	4
Модуль 1 (І половина І семестру)			
М1	*Лекції*		Поточний контроль ПК1 — 20 балів (тестування за матеріалом лекцій, практичних та лабораторних занять), МК1 — 30 балів
	Лекція 1. Предмет дисципліни — ходові якості вагонів	2	
	Лекція 2. Форми коливань вагонів. Нерівності колії. Моделі коливань вагонів	2	
	Лекція 3. Вільні коливання гармонічного осцилятора	2	
	Лекція 4. Вимушені коливання гармонічного осцилятора. Критична (резонансна) швидкість руху	2	
	Лекція 5. Вільні та вимушені коливання за наявності в’язкого тертя. Затухання коливань	2	
	Лекція 6. Коливання механічної системи з 2 ступенями вільності. Парціальні частоти	2	
	Лекція 7. Коливання механічної системи з декількома ступенями вільності	2	
	Лекція 8. Елементи теорії випадкових процесів	2	
	Лабораторні заняття		
	Лабораторна робота 1. Дослідження вільних коливань гармонічного осцилятора	2	
	Лабораторна робота 2. Дослідження вільних коливань осцилятора за наявності сили в'язкого тертя	2	
	Лабораторна робота 3. Дослідження вимушених коливань осцилятора. Побудова АЧХ	2	
	Лабораторна робота 4. Дослідження вимушених коливань механічної системи з двома ступенями вільності (половина кузова та рама візка)	2	
	Самостійна робота		
	Підготовка до аудиторних занять (лекцій, практичних робіт)	12	
	Опрацювання розділів програми, які не викладаються на лекціях	12	
	Підготовка та складання поточного контролю ПК1	12	
	Загалом	*60 год., 2 кредити ECTS*	

1	2	3	4
Модуль 2 (ІІ половина І семестру)			
М2	*Лекції*		Поточний контроль ПК2 — 20 балів (тестування за матеріалом лекцій, практичних та лабораторних занять), МК2 — 30 балів
	Лекція 9. Перетворення випадкового процесу лінійною системою	2	
	Лекція 10. Схід колісної пари з рейок	2	
	Лекція 11. Поведінка одиночної колісної пари на прямих ділянках колії та в кругових кривих (кінематичне рішення)	2	
	Лекція 12. Елементи контактної механіки	2	
	Лекція 13. Поведінка одиночної колісної пари на прямих ділянках колії (динамічне рішення)	2	
	Лекція 14. Стійкість руху вагонів. Критична швидкість. Елементи загальної теорії стійкості руху. Поперечна стійкість кузова вагона на ресорах	2	
	Лекція 15. Сили, що виникають при ударі. Нормативні показники якості руху вагонів	2	
	Лекція 16. Експериментальні дослідження динаміки рухомого складу	2	
	Лабораторні заняття		
	Лабораторна робота 5. Дослідження вимушених коливань кузова вагона в вертикальній площині	4	
	Лабораторна робота 6. Дослідження руху 4-вісного екіпажу в горизонтальній площині	4	
	Самостійна робота		
	Підготовка до аудиторних занять (лекцій, практичних робіт)	12	
	Опрацювання розділів програми, які не викладаються на лекціях	12	
	Підготовка та складання поточного контролю ПК2	12	
	Загалом	*60 год., 2 кредити ECTS*	

1	2	3	4
Модуль 1 «МСЕ» (І половина ІІ семестру)			
М1	*Лекції*		Поточний контроль ПК1 — 50 балів (тестування за матеріалом лекцій та практичних занять)
	Лекція 1. Поняття методу скінченних елементів (МСЕ)	2	
	Лекція 2. Розрахунок стержневих систем за допомогою принципу мінімуму потенційної енергії	2	
	Лекція 3. Загальний алгоритм МСЕ. Точність результатів	4	
	Лекція 4. Розрахунок балок та рам за допомогою МСЕ	2	
	Лекція 5. Типи скінченних елементів	2	
	Лекція 6. Елементи теорії пружності	2	
	Лекція 7. Плоский напружений та плоский деформований стан	2	
	Лабораторні заняття		
	Лабораторне заняття 1. Розрахунок стержневих систем за допомогою МСЕ	2	
	Лабораторне заняття 2. Розрахунок рам	2	
	Лабораторне заняття 3. Розрахунок пластинки на ЕОМ (універсальний пакет)	4	
	Самостійна робота		
	Підготовка до аудиторних занять (лекцій, практичних робіт)	12	
	Опрацювання розділів програми, які не викладаються а лекціях	12	
	Підготовка та складання поточного контролю ПК1	12	
	Загалом	*60 год., 2 кредити ECTS*	

1	2	3	4
Модуль 2 «Варіаційні методи теорії пружності» (II половина II семестру)			
М2	*Лекції*		Поточний контроль ПК2 — 50 балів (тестування за матеріалом лекцій та практичних занять)
	Лекція 8. Плоский 3-вузловий скінченний елемент	2	
	Лекція 9. Принципи побудови скінченних елементів вищих порядків	2	
	Лекція 10. Метод Рітца. Застосування до розрахунку деформації та коливань пружних систем	2	
	Лекція 11. Застосування методу Рітца до розрахунку стійкості пружних систем	2	
	Лекція 12. Поняття варіаційних методів. Метод Гальоркіна	4	
	Лекція 13. Метод скінченних різниць та його застосування до розрахунку пружних систем	4	
	Лабораторні заняття		
	Лабораторне заняття 4. Розрахунок пластинки за допомогою МСЕ (спеціалізований пакет)	4	
	Лабораторне заняття 5. Розрахунок деформації пружних систем методом Рітца	2	
	Лабораторне заняття 6. Розрахунок власних частот коливань пружних систем методом Рітца	2	
	Самостійна робота		
	Підготовка до аудиторних занять (лекцій, практичних робіт)	12	
	Опрацювання розділів програми, які не викладаються а лекціях	12	
	Підготовка та складання поточного контролю ПК2	12	
	Загалом	*60 год., 2 кредити ECTS*	

3 ЗМІСТ ДИСЦИПЛІНИ

3.1 Лекції (І семестр)

№ теми	Назва розділу (теми) та її зміст	Години	Тестові завдання			
			Кіль-кість	Складність		
				Прості	Середні	Складні
1	2	3	4	5	6	7
1	*1. Предмет дисципліни* 1.1. Ходові якості вагонів. Методи оцінки. Вплив на міцність конструкції вагона, комфорт пасажирів та збереження вантажів. 1.2. Задачі, що стоять перед студентами при вивченні дисципліни.	2				
2	*2. Форми коливань вагонів. Нерівності колії. Моделі коливань вагонів* 2.1. Основні форми коливань вагонів.Термінологія. 2.2. Нерівності колії як основний фактор, що викликає коливання вагонів. Класифікація нерівностей. їх величина. 2.3. Класифікація моделей (від найпростіших з декількома ступенями вільності до повних з десятками ступенів вільності). 2.4. Методи дослідження моделей (аналітичні та чисельні)	2				
3	*3. Вільні коливання гармонічного осцилятора* 3.1. Гармонічний осцилятор як модель коливань підстрибування кузова вагона. 3.2. Рівняння коливань. Його рішення. Власна частота. Залежність від початкових умов.	2				
4	*4. Вимушені коливання гармонічного осцилятора. Критична (резонансна) швидкість руху* 4.1. Рівняння вимушених коливань та його розв’язок 4.2. Амплітудно-частотна характеристика Резонанс. Критична швидкість руху.	2				
5	*5. Вільні та вимушені коливання за наявності в’язкого тертя. Затухання коливань* 5.1. Рівняння коливань. 5.2. Вплив в’язкого тертя на характер руху. Затухання коливань. 5.3. Перехідні та усталені коливання. Резонанс за наявності в’язкого тертя. 5.4. Рівняння коливань та його розв'язок. Швидкість затухання коливань за наявності сухого тертя. 5.5. Принципи раціонального вибору параметрів гасників коливань.	2				

1	2	3	4	5	6	7
6	*6. Коливання механічної системи з 2 ступенями вільності. Парціальні частоти* 6.1. Модель коливань половини кузова та рами візка в вертикальному напрямку. 6.2. Власні частоти та власні форми коливань. 6.3. Вимушені коливання. Резонанс. 6.4. Зведення системи з декількома ступенями вільності до системи з одним ступенем вільності для наближеної оцінки власних частот. 6.5. Точність оцінки. Принципи вибору додаткових зв'язків. 6.6. Приклади визначення парціальних частот.	2				
7	*7. Коливання механічної системи з декількома ступенями вільності* 7.1. Загальна форма рівняння коливань лінійної механічної системи з декількома ступенями вільності. 7.2. Власні частоти та власні форми коливань. 7.3. Вимушені коливання. 7.4. Власні частоти коливань кузова вагона.	2				
8	*8. Елементи теорії випадкових процесів* 8.1. Поняття випадкового процесу. 8.2. Спектральне розкладення випадкового процесу. Функція спектральної густини (ФСГ). 8.3. ФСГ нерівностей колії.	2				
9	*9. Перетворення випадкового процесу лінійною системою* 9.1. Визначення лінійної системи. Інваріантність синусоїд. 9.2. Передаточна функція. Її зв'язок з АЧХ. 9.3. Розрахунок динамічних систем в частотній області.	2				
10	*10. Схід колісної пари з рейок* 10.1. Умова стійкості колеса на рейці. 10.2. Коефіцієнт запасу стійкості колісної пари проти сходу з рейок.	2				

1	2	3	4	5	6	7
11	*11. Поведінка одиночної колісної пари на прямих ділянках колії та в кругових кривих (кінематичне рішення)* 11.1. Рух одиночної колісної пари на прямих ділянках колії (рішення Клінгеля). 11.2. Проходження одиночною колісною парою кругових кривих. Динамічне та кінематичне вписування. Вплив ухилу поверхні кочення на сили, що виникають при проходженні кривих (та знос гребенів).	2				
12	*12. Елементи контактної механіки* 12.1. Площадка контакту, її розміри, розподіл нормальних та дотичних сил. 12.2. Рівень напружень. Напружено-деформований стан тіла поблизу зони контакту. 12.3. Області зчеплення та проковзування. Псевдоковзання (кріп), сили псевдоковзання.	2				
13	*13. Поведінка одиночної колісної пари на прямих ділянках колії (динамічне рішення)* 13.1. Рівняння руху та їх розв’язок. 13.2. Характер руху, поняття стійкості руху. 13.3. Фактори, що впливають на стійкість руху одиночної колісної пари.	2				

1	2	3	4	5	6	7
14	*14. Стійкість руху вагонів. Критична швидкість. Елементи загальної теорії стійкості руху* 14.1. Характер руху вагонів при високих швидкостях. Критична швидкість з точки зору стійкості руху. 14.2. Способи підвищення критичної швидкості. 14.3. Визначення стійкості руху. 14.4. Критерій стійкості за лінійним наближенням. Критерій Рауса-Гурвіца. 14.5. Застосування до вивчення стійкості одиночної колісної пари. 14.6. Умова стійкості. 14.7. Шляхи поліпшення поперечної стійкості (повертаючі пристрої).	2				
15	*15. Сили, що виникают при ударі. Нормативні показники якості руху вагонів* 15.1. Загальна теорія розрахунку сил удару пружних тіл 15.2. Удар колеса з повзуном по рейці. 15.3. Зіткнення вагонів. 15.4. Нормування вимог до якості руху вагонів. 15.5. Динамічні показники (коефіцієнти динаміки, показники плавності ходу, коефіцієнти запасу стійкості проти сходу з рейок, перекидання та ін.).	2				
16	*16. Експериментальні дослідження динаміки рухомого складу* 16.1. Види та порядок проведення випробувань. 16.2. Обладнання. 16.3. Реєстрація та обробка результатів.	2				

Лекції (II семестр)

№ теми	Назва розділу (теми) та її зміст	Години	Тестові завдання			
			Кіль-кість	Складність		
				Прості	Середні	Складні
1	2	3	4	5	6	7
1	*1. Поняття методу скінченних елементів (МСЕ)* 1.1. МСЕ як спосіб розрахунку складних механічних систем за єдиним алгоритмом. 1.2. Принцип мінімуму потенційної енергії. 1.3. Робота зовнішніх сил. Робота внутрішніх сил для пружини та стержня.	2				
2	*2. Розрахунок стержневих систем за допомогою принципу мінімуму потенційної енергії* 2.1. Приклади розрахунків. 2.2. Поняття вузлу, елемента, матриці жорсткості.	2				
3	*3. Загальний алгоритм МСЕ. Точність результатів* 3.1. Загальний алгоритм МСЕ. 3.2. Розрахунок стержневої системи на дію розподіленого навантаження. Оцінка похибки. Висновок про те, що МСЕ — наближений (не точний) метод розрахунку. 3.3. Способи поліпшення точності (зменшення розміру елементів, використання елементів вищих порядків). 3.4. Скінченний елемент типу «стержінь», в якому деформація лінійно змінюється по довжині. елементу. Приклад розрахунку. Оцінка похибки.	4				
4	*4. Розрахунок балок та рам за допомогою МСЕ* 4.1. Скінченний елемент для моделювання балки. 4.2. Приклад розрахунку. 4.3. Метод переміщень як форма методу скінченних елементів.	2				
5	*5. Типи скінченних елементів* 5.1. Використання різних типів скінченних елементів як спосіб зробити придатним загальний алгоритм МСЕ для розрахунку конструкцій різних типів. 5.2. Класифікація скінченних елементів (лінійні, плоскі, просторові, за формою, за типом напруженого стану). 5.3. Типи скінченних елементів, що використовуються при розрахунках вагонів.	2				

1	2	3	4	5	6	7
6	*6. Елементи теорії пружності* 6.1. Переміщення, деформації як похідні переміщень. 6.2. Напруження. Закон Гука. 6.3. Загальна правило для визначення роботи внутрішніх сил.	2				
7	*7. Плоский напружений та плоский деформований стан* 7.1. Визначення плоского напруженого та плоского деформованого стану. 7.2. Основні співвідношення теорії пружності (закон Гука, робота внутрішніх сил) для плоского напруженого та плоского деформованого стану.	2				
8	*8. Плоский 3-вузловий скінченний елемент* 8.1. Геометрія. Однорідні координати. 8.2. Переміщення довільної точки як лінійна функція координат. 8.3. Робота внутрішніх сил та матриця жорсткості 8.4. Напруження в елементі.	2				
9	*9. Принципи побудови скінченних елементів вищих порядків* 9.1. Елементи вищих порядків дозволяють отримати точніші результати. 9.2. Трикутні елементи з проміжними вузлами. 9.3. Чотирикутний плоский елемент другого порядку.	2				
10	*10. Метод Рітца. Застосування для розрахунку деформацій та коливань механічних систем* 10.1. Метод Рітца як спосіб звести довільну систему до системи з скінченним числом ступенів вільності. 10.2. Розрахунок деформацій пружної системи. Потенційна енергія як (наближена) функція прогинів в фіксованих точках. Принципи вибору базисних функцій. 10.3. Визначення власних частот коливань пружних систем.	2				

1	2	3	4	5	6	7
11	*11. Застосування методу Рітца до розрахунку стійкості пружних систем* 11.1. Вплив прогину стержня на поздовжні переміщення його кінців. 11.2. Визначення критичної сили для стиснутого стержня (рішення Тимошенко).	2				
12	*12. Поняття варіаційних методів. Метод Гальоркіна* 12.1. Варіаційне формулювання умови рівноваги. 12.2. Метод Гальоркіна. 12.3. Приклад розрахунку пластинки.	4				
13	*13. Метод скінченних різниць* 13.1. Ідея методу. Скінченнорізничні шаблони для деяких диференціальних операторів. 13.2. Приклад розрахунку (жорсткість стержня прямокутного перерізу при крученні).	4				

3.2 Лабораторні заняття (І семестр)

№ теми	Назва розділу (теми) та її зміст	Години	Тестові завдання			
			Кіль-кість	Складність		
				Прості	Середні	Складні
1	2	3	4	5	6	7
1	*1. Дослідження вільних коливань гармонічного осциллятора* 1.1. Розробка моделі коливань та схеми АОМ. 1.2. Власна частота. 1.3. Характер руху при різних початкових умовах.	2				
2	*2. Дослідження вільних коливань осцилятора за наявності сили в'язкого тертя* 2.1. Розробка моделі та схеми АОМ. 2.2. Швидкість зменшення амплітуди коливань. 2.3. Вибір раціонального значення коефіцієнта тертя.	2				
3	*3. Дослідження вимушених коливань осцилятора. Побудова АЧХ* 3.1. Розробка моделі кінематичного збудження. 3.2. Відгук (сила в ресорному підвішуванні) при різних швидкостях руху.	2				
4	*4. Дослідження вимушених коливань механічної системи з двома ступенями вільності (половина кузова та рама візка)* 4.1. Розробка моделі та схеми АОМ. 4.2. Сили в обох ступенях ресорного підвішування як функція швидкості руху (побудова графіків, аналіз результатів).	2				
5	*5. Дослідження вимушених коливань вагона в вертикальній площині* 5.1. Розробка моделі та схеми АОМ. 5.2. Проведення розрахунків та побудова графіків залежності вертикальних сил в ресорному підвішування від швидкості руху при різних типах нерівностей (гармонічна, стикова, випадкова). 5.3. Аналіз результатів.	4				
6	*6. Дослідження руху 4-вісного екіпажа в горизонтальній площині* 6.1. Розробка моделі та схеми АОМ. 6.2. Поперечні сили при русі по прямим ділянкам колії та в кругових кривих. 6.3. Критична швидкість руху, при якій відбувається втрата стійкості.	4				

Лабораторні заняття (II семестр)

№ теми	Назва розділу (теми) та її зміст	Години	Тестові завдання			
			Кіль-кість	Складність		
				Прості	Середні	Складні
1	2	3	4	5	6	7
1	*1. Розрахунок стержневих систем за допомогою МСЕ* 1.1. Внутрішні зусилля є кусково-постійною функцією координати. 1.2. Внутрішні зусилля є кусково-лінійною функцією координати.	2				
2	*2. Розрахунок рам* 2.1. 3–4 ступені вільності, зовнішні навантаження — лише сили та моменти сил.	2				
3	*3. Розрахунок пластинки на ЕОМ (універсальний пакет)* 3.1. Зовнішні навантаження діють в площині пластинки прямокутної форми з 1–2 отворами. 3.2. Розбити пластинку на 15–30 скінченних елементів, визначити ступені вільності. 3.3. Підготувати командний файл, що формує матрицю жорсткості, вектор зовнішніх навантажень, визначає переміщення та напруження. 3.4. Провести розрахунки, оформити та проаналізувати результати.	4				
4	*4. Розрахунок пластинки за допомогою МСЕ (спеціалізований пакет)* 4.1. Вихідні дані ті ж, що і для задачі практичного заняття 3. 4.2. Сформувати скінченно-елементну модель, задати опори та зовнішні навантаження, розбити пластинку на скінченні елементи (≈100 шт.). 4.3. Визначити напруження, проаналізувати результати, порівняти їх з тими, що були отримані раніше, зробити висновки про точність моделей, що розглядались.	4				
5	*5. Розрахунок деформації пружних систем методом Рітца* 5.1. Балка. 5.2. Пластинка, що працює на згин.	2				
6	*6. Розрахунок власних частот коливань пружних систем методом Рітца* 6.1. Балка. 6.2. Пластинка.	2				

3.3 Опрацювання розділів програми, які не викладаються на лекціях

№ теми	Назва розділу (теми) та її зміст	Години	Тестові завдання			
			Кіль-кість	Складність		
				Прості	Середні	Складні
1	2	3	4	5	6	7
1	Коливання пружних систем з розподіленими параметрами	6				
2	Застосування комплексних функцій для представлення коливального процесу	6				
3	Лінійна теорія проковзування Калкера	6				
4	Основні закономірності коливань нелінійних систем	6				
5	Сплайн-функції	6				
6	Лагранжеві скінченні елементи	6				
7	Скінченні елементи для представлення пластин та оболонок	6				
8	Об'ємні скінченні елементи	6				

4 МЕТОДИ НАВЧАННЯ

Методи навчання є словесні, наочні та практичні.

При викладанні дисципліни передбачені наступні види заняття: лекційні, практичні, поточні консультації, самостійне опрацювання тем, що не викладаються на лекціях. Для підвищення якості навчальної діяльності студентів протягом всього семестру доцільним є впровадження у навчальний процес активних методів навчання.

При викладанні навчальної дисципліни «Механіка вагонів» для активізації навчально-пізнавальної діяльності студентів передбачено застосування таких навчальних технологій, як проблемна лекція; робота в малих групах; презентації; мозкова атака; ділова і рольова гра; банки візуального супроводження та кейс-метод (таблиця 4.1).

Під час проведення практичних робіт доцільно використовувати методи аналізу конкретних ситуацій. У процесі проведення занять доцільно використовувати бригадний метод роботи. Студенти поділяються на групи відповідно до їх рівня підготовки зі шкільного курсу інформатики. Всі студенти отримують аналогічні завдання, однак різним типологічним групам викладач надає різний вид допомоги з метою розвитку їх індивідуальних здібностей. Вид допомоги, а саме надання опорної лекції, алгоритму розв'язання завдання даного типу, визначення типових помилок у процесі розв'язання аналогічних завдань тощо, залежить від того, до якої типологічної групи належить студент. Після завершення розв'язання задачі в кожній групі проходить обговорення отриманого результату, допущених помилок, проводиться оцінювання результатів навчальної діяльності кожного студента.

Самостійна пізнавальна діяльність студентів, що проводиться у позаурочний час, повинна бути спрямована на розвиток творчих здібностей студентів. З цією метою створюється комплект творчих завдань підвищеного рівня складності. Залежно від рівня підготовки студентів робота з творчими завданнями зорганізується індивідуально або у малих групах. Студенти з високим рівнем підготовки працюють самостійно, а інші використовують бригадний метод роботи. Результати виконання творчих завдань презентуються на лабораторних роботах.

Таблиця 4.1 — Використання навчальних технологій для активізації процесу навчання

Методики активізації процесу навчання	*Практичне застовування навчальних технологій*
Робота в малих групах дає змогу студентам структурувати лабораторні заняття за формою і змістом таким чином, щоб дати можливість кожному студенту брати участь у рішенні завдань на персональних комп'ютерах за темою заняття, що забезпечує формування особистісних якостей та досвіду роботі за ПК	Робота в малих групах при проведенні лабораторних робіт щодо створення і використання списків даних (бази даних) MS Excel підвищує рівень розробки під впливом факторів обміну суспільної думки.
Презентація включає виступи перед аудиторією, в яких використовуються мультимедійні засоби для подання певних результатів лабораторних робіт, а також звітів з виконання індивідуальних завдань	Презентація звіту з виконаного індивідуального завдання. Презентація результатів розв'язання завдань з лабораторних робіт на ПК. Демонстрація та обговорення результатів роботи в малих групах при проведенні лабораторних робіт на ПК
Мозкова атака — метод розв'язання невідкладних завдань, сутність якого полягає в тому, щоб висловити якомога більшу кількість ідей за дуже обмежений інтервал часу, обговорити і здійснити їх селекцію	Мозкова атака щодо виявлення, всебічної оцінки та ранжирування можливих причин виникнення проблеми при роботі комп'ютера.
Рольова гра — форма активізації студентів для прийняття рішень у ролі безпосередніх учасників подій за правилами, що вже розроблені або виробляються самими учасниками і реалізується через самостійне вирішення студентами за допомогою комп'ютерної техніки	Комплексне лабораторне заняття у вигляді ділової гри. Вхідні дані – інформація, отримана від викладача та з інших джерел, наприклад із методичної літературі. Студенти проводять за допомогою комп'ютерів комплексну оцінку ситуації і готують вихідні дані в вигляді рішень, розроблених кожною групою.
Банки візуального супроводження навчального процесу сприяють активізації творчого сприйняття змісту дисципліни за допомогою наочності та отриманої допоміжної інформації	Слайди зі створення списків даних (бази даних) за допомогою MS Excel. Слайди зі створення звітів зведених таблиць і діаграм засобами MS Excel для обробки та аналізу економічної інформації. Слайди таблиць, що використовуються під час проведення лабораторних занять.
Кейс-метод — метод аналізу конкретних ситуацій, який дає змогу наблизити процес навчання до реальної практичної діяльності спеціалістів і передбачає розгляд виробничих, управлінських та інших ситуацій, складних конфліктних випадків, проблемних ситуацій, інцидентів у процесі вивчення навчального матеріалу	Управлінська ситуація при роботі зі списками даних (базами даних).

5 МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

Система оцінювання знань, умінь і навичок студентів ураховує види занять, які передбачені програмою навчальної дисципліни (практичні роботи і самостійна робота у вигляді індивідуальних завдань) та проводиться за накопичувальною 100-бальною шкалою. Контрольні заходи передбачають поточний контроль.

Перевірка й оцінювання знань здійснюється в таких формах: оцінювання знань під час проведення контролю підготовленості студентів до виконання практичних робіт; оцінювання результатів виконання індивідуального завдання; проведення поточного тестового контролю з кожного розділу навчальної дисципліни.

Оцінювання проводиться за критеріями:

1) розуміння, ступінь освоєння теорії й практики досліджуваної теми;

2) ступінь вивчення матеріалів рекомендованої літератури, а також сучасної літератури з досліджуваних питань;

3) уміння застосовувати теорію при розв'язанні практичних задач на базі сучасних комп'ютерних технологій, уміння обґрунтовувати прийняті технічні рішення;

4) логіка, структура, стиль викладення матеріалу усно або письмово, уміння робити обґрунтовані висновки з питань, що викладаються.

Оцінювання знань студентів під час прийому індивідуальних завдань виконується із застосуванням таких критеріїв:

1) якість виконання індивідуального завдання та типового розрахунку;
2) ступінь самостійності виконання завдання;
3) обґрунтованість прийнятих у роботі технічних рішень;
4) повнота й глибина аналізу отриманих результатів;
5) наявність і повнота ілюстрацій (діалогові вікна, таблиці, графіки, формули та ін.);
6) якість оформлення звіту, якщо він потрібен.

Поточний тестовий контроль проводиться із застосуванням комп'ютера. У процесі виконання такого контролю визначається рівень знань студентів з теоретичних питань навчальної дисципліни. Бази тестових завдань охоплюють основні теми навчальної дисципліни і згруповані за розділами, кожний з яких складається з набору тестових запитань і можливих відповідей. Кількість варіантів відповідей з кожного запитання може досягати до 5. При цьому обмеження на кількість правильних і неправильних відповідей не накладаються. Кількість запитань при кожному тестуванні та час, що відводиться на нього, визначається програмно (для тестування кількість запитань до 15, час тестування – до 25 хвилин).

При виставленні балів за поточний контроль оцінці підлягають: рівень теоретичних знань та практичні навички з тем, включених до змістових модулів; самостійне опрацювання тем; виконання лабораторних та контрольних робіт. У таблиці 5.1 наведено оцінювання результатів поточного контролю знань, умінь та навичок за 100-бальною шкалою, національною шкалою та шкалою університету, які відображаються у відповідних відомостях.

Таблиця 5.1 — Шкала оцінювання

Бали	Оцінка		Визначення
	чотирибальна	ECTS	
90–100	5 — відмінно	A	відмінна відповідь, виконання роботи лише з незначною кількістю помилок
82–89	4 — дуже добре	B	вище середнього рівня з кількома помилками
75–81	4 — добре	C	в загальному правильна відповідь, робота з певною кількістю грубих помилок
67–74	3 — задовільно	D	непогано, але зі великою кількістю недоліків
60–66	3 — достатньо	E	відповідь, робота задовольняє мінімальні критерії
0–59	2 — незадовільно	Fx, F	незадовільно
60–100	Зараховано	—	

Терміни поточного контролю результатів занять та самостійної роботи

Семестр	Вид контролю	Кількість балів за 100-бальною шкалою
Перший	ПК1	20
	МК1	30
	ПК2	20
	МК2	30
	Загалом	*100*
Другий	ПК1	50
	ПК2	50
	Загалом	*100*

6 ДІАГНОСТУВАННЯ РІВНЯ УСПІШНОСТІ

Результати навчання виявляють через визначення рівня сформованості компетентностей, що слугує критерієм оцінювання за схемою додатка до диплома європейського зразка:

Оцінка			Рівень компетентності
ECTS	бали	національна	
A	90–100	5	*Вищий рівень компетентності*: студент глибоко і в повному обсязі засвоїв програмний матеріал, грамотно, вичерпно та логічно викладає його в усній або письмовій формі, знає рекомендовану літературу, виявляє творчий підхід і правильно обґрунтовує прийняті рішення, добре володіє різносторонніми уміннями та навичками при виконанні практичних задач, відмінно виконує текстові та графічні матеріали.
B	82–89	4	*Високий рівень компетентності*: студент знає програмний матеріал, грамотно і за суттю викладає його в усній або письмовій формі, припускаючи незначні помилки у доказах, трактовці понять та категорій; при цьому володіє необхідними уміннями та навичками при виконанні практичних задач, відмінно виконує текстові та графічні матеріали, мають місце деякі помарки.
C	75–81	4	*Середній рівень компетентності*: студент знає програмний матеріал, грамотно викладає його в усній або письмовій формі, припускаючи неточності в доказах, трактовці понять та категорій; при цьому володіє необхідними уміннями та навичками при виконанні практичних задач, добре виконує текстові та графічні матеріали.
D	67–74	3	*Достатній рівень компетентності*: — студент знає тільки основний програмний матеріал, припускає неточності, недостатньо чіткі формулювання, непослідовність у викладанні відповідей в усній або письмовій формі; при цьому невпевнено володіє уміннями та навичками виконання практичних завдань, задовільно виконує текстові та графічні матеріали;
E	60–66	3	— студент знає тільки основний програмний матеріал, припускає грубі неточності, нечітко формулює і непослідовно дає відповіді в усній або письмовій формі; при цьому невпевнено володіє уміннями та навичками виконання практичних задач, задовільно виконує текстові та графічні матеріали.
F, Fx	0–59	2	*Недостатній рівень компетентності*: — студент не володіє основним програмним матеріалом, допускає грубі помилки, які свідчать про нерозуміння матеріалу, у розрахунках отримані неправильні результати, на запитання дає неправильні відповіді; припускає принципові помилки у доказах, трактовці понять та категорій, не володіє основними уміннями та навичками при виконанні практичних задач, потрібна додаткова навчальна робота з дисципліни; — студент не розуміє і не орієнтується у матеріалі, розрахунки не доводить до кінця, не дає відповіді на запитання; потрібний повторний курс вивчення дисципліни.

7 ІНФОРМАЦІЙНО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

3. Тексти лекцій (друкований та електронний варіанти).
4. Тематичний план проведення дисципліни.
5. Комплект тестів для ПК1–2 та МК1–2.

8 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Вериго М. Ф. Динамика вагонов. — М.: ВЗИИТ.
2. Вершинский С. В., Данилов В. Н., Хусидов В. Д. Динамика вагона. — М.: Транспорт, 1990.
3. Дьомін Ю. В., Черняк А. Ю. Динамика вагонів. — К., 2003.
4. Лазарян В. А. Динамика вагонов. — М.: Транспорт, 1964.
5. Деммель Дж. Вычислительная линейная алгебра. — М.: Мир, 2001. — 430 с.
6. Зельдович Я. Б., Мышкис А. Д. Элементы прикладной математики. — М.: Наука, 1972. — 592 с.
7. Зенкевич. О. Метод конечных элементов в технике. — М.: Мир, 1975.
8. Пустыльник Е. И. Статистические методы анализа и обработки наблюдений. — М.: Наука, 1968. — 244 с.
9. Сегерлинд. Л. Применение метода конечных элементов. — М.: Мир, 1979. — 392 с.
10. Тимошенко С. П. Колебания в инженерном деле. — М.: Наука, 1967. — 444 с.
11. Тимошенко С. П. Устойчивость упругих систем. — М.: ГИТТЛ, 1955. — 568 с.

Додаткова

1. Гарг В. К., Дуккипати Р. В. Динамика подвижного состава. — М.: Транспорт, 1988. — 391 с.
2. Хан. Х. Теория упругости. — М.: Мир, 1988. — 344 с.
3. Блехман И. И., Мышкис А. Д., Пановко Я. Г. Механика и прикладная математика. Логика и особенности приложения математики. — М.: Наука, 1990. — 360 с.

Інформаційні ресурси

1. Видеоуроки CADFEM [Електронний ресурс]. – Режим доступу https://www.cadfem-cis.ru/knowledge/video-cadfem.
2. Wolfgang Bangerth's video lectures. Finite element methods in scientific computing [Електронний ресурс]. – Режим доступу http://www.math.colostate.edu/~bangerth/videos.html.