

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан факультету інженерії,
транспорту та архітектури

Назва факультету

Олег ПОЛІЩУК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Підпис

вересня 2025 р.



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«Комп'ютерне забезпечення процесів відновлення»

Назва дисципліни

Галузь знань – 13 Механічна інженерія

Спеціальність – 132 Матеріалознавство

Рівень вищої освіти – Перший бакалаврський

Освітньо-професійна програма – Відновлення та технічний сервіс автомобілів

Обсяг дисципліни – 5 кредитів ЄКТС

Шифр дисципліни для форм навчання – ОПП 17 (Д)

Мова навчання – українська

Статус дисципліни – обов'язкова (дисципліна професійної підготовки)

Факультет – інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра – трибології, автомобілів та матеріалознавства

Форма навчання	Курс	Семестр	Загальне навантаження		Кількість годин						Курсовий проект	Курсова робота	Залік	Іспит
					Аудиторні заняття				Індивідуальна робота студента	Самостійна робота студента				
			Європейські кредити	Години	Всього	Лекції	Лабораторні роботи	Практичні заняття						
Д	3	6	5.0	150	66	32	34	–	–	84	–		+	–

Д – денна форма навчання

Робоча програма складена на основі освітньо-професійної програми підготовки бакалаврів

Робоча програма складена

Підпис автора

к.т.н., доцент Олександр РУДИК

Ступінь, вчене звання, Ім'я, ПРІЗВИЩЕ автора

Схвалена на засіданні кафедри

Трибології, автомобілів та матеріалознавства

Протокол від 28 серпня 2025 р. № 1.

Зав. кафедри

Підпис

Олександр ДИХА

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Робоча програма розглянута та схвалена вченою радою факультету Інженерії, транспорту та архітектури

Протокол від 29 серпня 2025 р. № 1.

Голова вченої ради факультету

Підпис

Олег ПОЛІЩУК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Хмельницький 2025

2 ЛИСТ ПОГОДЖЕННЯ

Посада	Назва кафедри	Підпис	Ім'я, ПРІЗВИЩЕ
Зав. кафедри	трибології, автомобілів та матеріалознавства		Олександр ДИХА
Гарант ОП	трибології, автомобілів та матеріалознавства		Павло КАПЛУН

«Комп'ютерне забезпечення процесів відновлення»

Тип (статус) дисципліни	Обов'язкова професійної підготовки
Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Мова викладання	Українська
Семестр	Шостий
Кількість призначених кредитів ЄКТС	5
Форми навчання, для яких викладається дисципліна	Денна

Результати навчання. Студент, який успішно завершив вивчення дисципліни, повинен:

– знати основи теорії чисельних методів розв'язку статичних і динамічних задач механіки твердого тіла і практики використання інформаційних технологій на персональних комп'ютерах;

– вміти працювати з пакетами прикладних програм для плоского і твердотілого моделювання SolidWorks.

Для досягнення поставленої мети студенту необхідно:

– активно прослухати обов'язковий курс лекцій з комп'ютерного забезпечення процесів відновлення деталей машин загального призначення та автомобільної техніки на лабораторних заняттях;

– розв'язати передбачені програмою домашні задачі.

Зміст навчальної дисципліни. Обчислювальна механіка. Статика і динаміка. Лінійність і нелінійність. Методи дискретизації. Варіанти МСЕ. Процес скінченно-елементного аналізу. Основні кроки МСЕ. Ідеалізація. Явне і неявне моделювання. Дискретизація. Джерела помилок і апроксимація. Загальна схема алгоритму МСЕ. Визначення. Атрибути елемента. Класифікація скінченних елементів, які використовуються в механіці. Ансамблювання. Граничні умови. Основні поняття. Математична модель. Початкові дані. Шукані функції. Вирішуючі рівняння. Граничні умови. Базові співвідношення. Ослаблене формулювання задачі теорії пружності. Повна потенційна енергія тіла. Скінченно-елементна інтерполяція. Виведення системи лінійних алгебраїчних рівнянь МСЕ. Принцип мінімуму потенційної енергії. Виведення вирішуючих рівнянь. Вступ. Параметричне представлення функцій. Система координат трикутного елемента. Інтерполяційні співвідношення лінійного трикутного елемента. Перетворення координат. Виведення рівнянь трикутного лінійного скінченного елемента. Інтерполяція переміщень. Кінематичні рівняння. Визначаючі співвідношення. Елементні матриці жорсткості, вектори вузлових сил. Загальне ізопараметричне формулювання пружного двовимірного елемента. Лінійний та квадратичний ізопараметричний трикутний елемент. Одновимірний квадратичний ізопараметричний елемент. Природні координати елемента. Чотиристоронній білінійний елемент. Чотиристоронні елементи вищого порядку. Властивість повноти. Матриця градієнтів. Матриці Якобі. Обмеження на геометрію елементів. Структура матриці жорсткості. Матриця пружних модулів. Вираз компонент матриці жорсткості елемента. Чисельна інтеграція. Вступ. Структура елементних векторів сил. Обчислення компонент елементного вектора об'ємних сил. Обчислення компонент елементного вектора поверхневих сил. Чисельне інтегрування. Структура глобальної матриці жорсткості та глобального вектора вузлових сил. Вирішення глобальної системи скінченно-елементних рівнянь. Метод трикутної факторизації Холецкого. Обчислення напружень. Генерація скінченно-елементної сітки. Апроксимація шуканих функцій. Формування системи алгебраїчних рівнянь. Значення деформацій і напружень у довільних точках тіла. Алгоритм МСЕ для динамічної задачі. Розрахунок в'язко-пружних гармонійних коливань.

Пререквізити – вступ до спеціальності, матеріалознавство, персональні комп'ютери та пакети прикладних програм, автоматизація розрахунків у машинобудуванні, механічна обробка при ремонті і відновленні деталей машин.

Кореквізити – контроль якості покриттів, ремонт і відновлення машин, відновлювальні технології на транспорті.

Запланована навчальна діяльність: лекції – 32 год., лабораторні заняття – 34 год., самостійна робота – 84 год., разом – 150 год.

Форми (методи) навчання: лекції (з використанням методу візуалізації); лабораторні заняття (з використанням методів комп'ютерного моделювання), виконання індивідуальних завдань, самостійна робота.

Форми оцінювання результатів навчання: захист лабораторних робіт; представлення результатів виконання індивідуальних завдань; представлення результатів самостійної роботи; опитування (тестування).

Вид семестрового контролю: залік – 6 семестр.

Навчальні ресурси:

1. Комп'ютерне забезпечення процесів відновлення: курс лекцій для студентів напряму підготовки “Зварювання” / О. Ю. Рудик. - Хмельницький: ХНУ, 2025. – 114 с.

2. Комп'ютерне забезпечення процесів відновлення: Методичні рекомендації до лабораторних робіт для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 132 «Матеріалознавство» / О. В. Диха, О. Ю. Рудик. – Хмельницький: ХНУ, 2023. – 92 с.

3. Модульне середовище для навчання MOODLE. Доступ до ресурсу: <https://msn.khmnpu.edu.ua/course/view.php?id=1067>

Викладач: канд. техн. наук, доцент Олександр РУДИК.

3 Пояснювальна записка

Дисципліна «Комп'ютерне забезпечення процесів відновлення» є однією з дисциплін циклу загальної підготовки фахівців освітнього рівня «бакалавр» за спеціальністю 132 «Матеріалознавство» (освітньо-професійна програма «Відновлення та технічний сервіс автомобілів»).

Пререквізити – вступ до спеціальності, матеріалознавство, персональні комп'ютери та пакети прикладних програм, автоматизація розрахунків у машинобудуванні, механічна обробка при ремонті і відновленні деталей машин.

Кореквізити – контроль якості покриттів, ремонт і відновлення машин, відновлювальні технології на транспорті.

Відповідно до стандарту вищої освіти із зазначеної спеціальності та освітньої програми дисципліна має забезпечити:

Інтегральна компетентність: здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та проблеми, пов'язані з розробкою, застосуванням, виробництвом та випробуванням металевих, неметалевих та композиційних матеріалів та виробів на їх основі, у професійній діяльності та у процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів фізики, хімії та механічної інженерії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

Загальні компетентності: ЗК.03. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями. ЗК.07. Здатність використання інформаційних і комунікаційних технологій.

Спеціальні (фахові, предметні) компетентності: ФК.03. Здатність ефективно використовувати технічну літературу та інші джерела інформації в галузі матеріалознавства.

Програмні результати навчання: ПРН 3. Володіти засобами сучасних інформаційних та комунікаційних технологій та професійної діяльності. ПРН 9. Уміти експериментувати та аналізувати дані.

Мета дисципліни:

- дати уявлення про основи чисельних методів розв'язку статичних і динамічних задач механіки твердого тіла, а також про алгоритми та особливості чисельної реалізації даних методів;

- навчити застосовувати наближені методи для вирішення конкретних задач, які виникають в науково-технічній практиці;

- оволодіти навичками використання систем автоматизованого проектування в області комп'ютерного забезпечення процесів відновлення деталей машин загального призначення та автомобільної техніки (SolidWorks).

Предмет дисципліни. Автоматизоване проектування в області комп'ютерного забезпечення процесів відновлення деталей машин загального призначення та автомобільної техніки.

Завдання дисципліни. Курс направлений на розвиток у студентів навичок застосування сучасних чисельних методів розрахунку складних механічних конструкцій. Основна увага приділяється теорії та практичному використанню методів скінченних елементів та набуття навичок у створенні 2D і 3D креслень курсового та дипломного проектування.

Результати навчання. Студент, який успішно завершив вивчення дисципліни, повинен:

- знати основи теорії чисельних методів розв'язку статичних і динамічних задач механіки твердого тіла і практики використання інформаційних технологій на персональних комп'ютерах;

- вміти працювати з пакетами прикладних програм для плоского і твердотілого моделювання SolidWorks.

Для досягнення поставленої мети студенту необхідно:

- активно прослухати обов'язковий курс лекцій з комп'ютерного забезпечення процесів відновлення деталей машин загального призначення та автомобільної техніки на лабораторних заняттях;

- розв'язати передбачені програмою домашні задачі.

4 Структура залікових кредитів дисципліни

Назва теми	Кількість годин		
	Денна форма		
	Лекції	Лабораторні роботи	СРС
1. Загальні поняття і класифікація задач обчислювальної механіки. Основні поняття і концепції МСЕ. Термінологія	3	4	8
2. Поняття про скінченні елементи. Постановка плоскої задачі теорії пружності	3	4	8
3. Скінченно-елементне формулювання плоскої задачі теорії пружності: базові співвідношення	3	4	8
4. Трикутний лінійний скінченний елемент	3	4	8
5. Ізопараметричний підхід в МСЕ	3		8

6. Чотиристоронні двовимірні елементи	3	4	8
7. Обчислення матриці градієнтів ізопараметричного елементу	3		8
8. Формування матриці жорсткості ізопараметричного елементу	3	4	6
9. Формування векторів вузлових сил ізопараметричного елементу	3		6
10. Рішення глобальної системи скінченно-елементних рівнянь	2	4	6
11. Алгоритм МСЕ для тривимірної задачі теорії пружності	2	6	6
12. Сучасні програмні засоби скінченно-елементного аналізу	1		4
Разом:	32	34	84

5. Програма навчальної дисципліни

5.1. Зміст лекційного курсу

№ теми	Перелік тем лекцій, їх анотації	К-ть год.
Змістовий модуль 1. Метод скінченних елементів (МСЕ), задачі теорії пружності		
1	Загальні поняття і класифікація задач обчислювальної механіки. Основні поняття і концепція МСЕ. Термінологія Обчислювальна механіка. Статика і динаміка. Лінійність і нелінійність. Методи дискретизації. Варіанти МСЕ. Процес скінченно-елементного аналізу. Основні кроки МСЕ. Ідеалізація. Явне і неявне моделювання. Дискретизація. Джерела помилки і апроксимація. Загальна схема алгоритму МСЕ Літ.: [1, с. 7-20]	3
2	Поняття про скінченні елементи. Постановка плоскої задачі теорії пружності Визначення. Атрибути елементу. Класифікація скінченних елементів, які використовуються в механіці. Ансамблювання. Граничні умови. Основні поняття. Математична модель. Початкові дані. Шукані функції. Вирішуючі рівняння. Граничні умови Літ.: [1, с. 20-35]	3
3	Скінченно-елементне формулювання плоскої задачі теорії пружності: базові співвідношення Базові співвідношення. Ослаблене формулювання задачі теорії пружності. Повна потенційна енергія тіла. Скінченно-елементна інтерполяція. Виведення системи лінійних алгебраїчних рівнянь МСЕ. Принцип мінімуму потенційної енергії. Виведення вирішуючих рівнянь Літ.: [1, с. 35-43]	3
4	Трикутний лінійний скінченний елемент Вступ. Параметричне представлення функцій. Система координат трикутного елементу. Інтерполяційні співвідношення лінійного трикутного елементу. Перетворення координат. Виведення рівнянь трикутного лінійного скінченного елементу. Інтерполяція переміщень. Кінематичні рівняння. Визначаючи співвідношення. Елементні матриці жорсткості, вектори вузлових сил Літ.: [1, с. 47-58]	3
5	Ізопараметричний підхід в МСЕ Загальне ізопараметричне формулювання пружного двовимірного елементу. Лінійний та квадратичний ізопараметричний трикутний елемент. Одновимірний квадратичний ізопараметричний елемент Літ.: [1, с. 59-65]	3
6	Чотиристоронні двовимірні елементи Природні координати елементу. Чотиристоронній білінійний елемент. Чотиристоронні елементи вищого порядку. Властивість повноти Літ.: [1, с. 66-72]	3
7	Обчислення матриці градієнтів ізопараметричного елементу Матриця градієнтів. Матриці Якобі. Обмеження на геометрію елементів Літ.: [1, с. 73-79]	3

8	Формування матриці жорсткості ізопараметричного елемента Структура матриці жорсткості. Матриця пружних модулів. Вираз компонент матриці жорсткості елемента. Чисельна інтеграція Літ.: [1, с. 79-85]	3
9	Формування векторів вузлових сил ізопараметричного елемента Вступ. Структура елементних векторів сил. Обчислення компонент елементного вектора об'ємних сил. Обчислення компонент елементного вектора поверхневих сил. Чисельне інтегрування Літ.: [1, с. 85-92]	3
10	Рішення глобальної системи скінченно-елементних рівнянь Структура глобальної матриці жорсткості та глобального вектора вузлових сил. Вирішення глобальної системи скінченно-елементних рівнянь. Метод трикутної факторизації Холецкого. Обчислення напружень Літ.: [1, с. 92-99]	2
11	Алгоритм МСЕ для тривимірної задачі теорії пружності Генерація скінченно-елементної сітки. Апроксимація шуканих функцій. Формування системи алгебраїчних рівнянь. Значення деформацій і напружень у довільних точках тіла. Алгоритм МСЕ для динамічної задачі. Розрахунок в'язко-пружних гармонійних коливань Літ.: [1, с. 99-109]	2
12	Сучасні програмні засоби скінченно-елементного аналізу Літ.: [1, с. 109-113]	1
Разом		32

5.2. Зміст лабораторних занять

№ п/п	Найменування тем лабораторних занять та їх зміст	К-ть год.
1	Використання методу скінченних елементів (МСЕ) для статичного аналізу кронштейна пристосування для відновлення деталей автомобілів в SolidWorks Simulation (SWS)	4
2	Статичний аналіз з використанням комбінованої сітки	4
3	Оптимізація конструкції рукояті	4
4	Оптимізація топології ротора дискового гальма	4
5	Використання контактної зварювання для з'єднання даху та бокової обшивки моделі автомобіля	4
6	Статичний аналіз складання кривошипа	4
7	Аналіз пружнопластичної струбини	4
8	Статичний аналіз деталі з листового металу	6
Разом		34

5.3. Зміст самостійної роботи

Самостійна робота студента полягає в: опрацюванні теоретичного матеріалу (конспект лекцій, навчальна література); підготовці до аудиторних занять (лекцій, лабораторних тощо); підготовці та виконанні індивідуальних завдань, передбачених програмою (самостійної роботи – домашніх завдань); підготовці до усіх видів поточного і підсумкового контролю; роботі у проведенні наукових експериментів; участі у студентському науковому гуртку “Дослідження працездатності деталей автомобільної техніки” (статичний аналіз, зондування напружень у небезпечному перерізі поблизу їх максимальних значень; визначення міцнісних і стійкісних характеристик деталей автомобільної техніки та пристосувань для їх ремонту, відновлення та зміцнення; 3D-моделювання стелів діагностики, знімачів, піднімачів транспортних засобів з наступним використанням методу скінченних елементів для їх оптимізації; підвищення експлуатаційної надійності деталей та комп'ютерне моделювання безпечного руху автомобіля; застосування SolidWorks Simulation в енергоресурсозбереженні, зокрема, для заміни матеріалів деталей автомобільної техніки);

– участі у роботі факультативів, наукових і науково-практичних конференціях, олімпіадах тощо.

5.3.1 Структура домашнього завдання

№ Дз	Вид самостійної роботи	К-ть год.
1	У SolidWorks: – створити модель деталі із застосуванням об'єктів ескізу (багатокутник, коло, лінія, вісь), створенням основи, нанесенням і зміною розмірів, додаванням бобишок, вирізів, зміною елементів, додаванням скруглень, дзеркальним відображенням половини деталі, створенням площин, кресленням, копіюванням і вставкою профілів, створенням елементу по перетинах. У SolidWorks Simulation: – вибрати параметри аналізу напруженого стану деталі методом скінченних елементів (МСЕ); – призначити матеріал деталі; – застосувати обмеження для розрахунку деталі МСЕ; – прикласти навантаження до певних площин, граней чи елементів деталі; – провести аналіз моделі і процес створення сітки МСЕ; – переглянути результати розрахунків; – розрахувати максимальну силу (з допущенням лінійного статичного аналізу), яку може витримати деталь не руйнуючись; – розрахувати запас міцності; – провести розрахунки впливу зміни розмірів елементів деталі на коефіцієнт запасу міцності; – провести розрахунки впливу вилучення матеріалу з деталі на коефіцієнт запасу міцності; – провести розрахунки впливу вилучення одного з обмежень на коефіцієнт запасу міцності; – дослідити ефект від зміни напрямку сили на протилежну; – провести аналіз розрахунків напруженого стану зміненої деталі; – створити епюру еквівалентних напружень; – створити епюру результуючого переміщення; – відобразити деформовану форму моделі; – створити звіт HTML про аналіз напруженого стану деталі методом скінченних елементів; – створити файл eDrawings результатів аналізу; – зберегти сеанс аналізу.	20

5.3.2 Зміст самостійної роботи

Номер тижня	Вид самостійної роботи	Кіль- кість годин
1, 2	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т1, 2, підготовка до виконання лабораторної роботи №1, 2. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу й індивідуальної роботи	10
3, 4	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т3, 4, підготовка до захисту лабораторної роботи №1, 2 та до виконання лабораторної роботи №3, 4. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу й індивідуальної роботи	10
5, 6	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т5, 6, підготовка до захисту лабораторної роботи №3, 4 та до виконання лабораторної роботи №5, 6. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу й індивідуальної роботи	10
7, 8	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т7, 8, підготовка до захисту лабораторної роботи №5, 6 та до виконання лабораторної роботи №7, 8. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу й індивідуальної роботи	10
9, 10	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т9, 10, підготовка до захисту лабораторної роботи №7, 8 та до виконання лабораторної роботи №9, 10. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу й індивідуальної роботи. Підготовка до тестового контролю з тем 1-10	10
11, 12	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т11, 12, підготовка до захисту лабораторної роботи №9, 10 та до виконання лабораторної роботи №11, 12. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу й індивідуальної роботи	10
13, 14	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т13, 14, підготовка до захисту лабораторної роботи №11, 12 та до виконання лабораторної роботи №13, 14. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу й індивідуальної роботи	10
15, 16	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т15, 16, підготовка до захисту лабораторної роботи №13, 14 та виконання і захисту лабораторної роботи №15, 16. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу й індивідуальної роботи	14
Разом:		84

5.3.3 Орієнтовна тематика індивідуального завдання

Маточини, хрестовини, штоки, клапани, кулачки, важелі, вал-шестерні, зубчасті колеса, шківни, муфти, пальці, корпуси, гальмівні колодки, напрямні, кришки та інші деталі автомобільної техніки.

6 Технології та методи навчання

Процес навчання з дисципліни ґрунтується на використанні традиційних та сучасних технологій, зокрема: лекції (з використанням методів проблемного навчання і візуалізації); лабораторні заняття (з використанням методів комп'ютерного моделювання, майстер-класів, практикумів), самостійна робота (індивідуальні завдання) і мають за мету оволодіння студентами спеціальною термінологією і набуття ними практичних навичок з проектування та розрахунку типових деталей автомобільної техніки за різними методиками тощо.

Необхідні інструменти, обладнання, програмне забезпечення: комп'ютерна техніка та засоби машинної графіки, пакети прикладних програм.

7 Методи контролю

Поточний контроль здійснюється під час лекційних та лабораторних занять, а також у дні проведення контрольних заходів, встановлених робочим планом дисципліни. Семестровий контроль проводиться у формі заліку. При цьому при виведенні остаточної оцінки враховуються результати поточного контролю.

Процес оцінювання підготовленості студента можна розділити на такі етапи: перевірка знань і розуміння фізичної суті інформаційного мінімуму з курсу; вміння використати цей мінімум для вирішення практичних завдань; творчо проникнути в зміст інформації і вміти її розширити, тобто додати нові знання.

Визначальним критерієм позитивної оцінки знань є інформаційний рівень. Студент повинен не лише пам'ятати та відтворити заучене, а вміти творчо осмислити повний обсяг інформації.

Перший етап оцінювання направлений на визначення знань інформаційного мінімуму. Якщо студент твердо засвоїв визначену навчальним планом суму формальних знань, то це означає, що він вміє використати їх при вирішенні різних питань, вміє розширити їх.

Перед вивченням дисципліни, як правило, проводиться вхідний контроль знань з дисциплін, що їй передують і забезпечують. При цьому необхідно встановити рівні та критерії сформованості знань щодо змісту навчальних елементів. Такими рівнями є:

Ознайомчо-орієнтовний (ОО) – особа має орієнтовне уявлення щодо понять, які вивчаються, здатна: відтворювати формулювання основних визначень; орієнтуватись в методиках створення документів; знати теоретичні основи офісного програмування.

Понятійно-аналітичний (ПА) – особа має чітке уявлення щодо навчального об'єкту, здатна здійснювати смислове виділення, пояснення вибору пакетів прикладних програм для вирішення тих чи інших задач. Може чітко визначити, яку програму застосувати, тобто здатна перенести раніше засвоєні знання на типові ситуації.

Продуктивно-синтетичний (ПС) – особа має глибоке розуміння щодо навчального об'єкту, здатна здійснювати синтез, генерувати нові ідеї та уявлення, переносити раніше засвоєні знання на нетипові, нестандартні ситуації. Тобто на цьому рівні студент повинен на основі теоретичних знань вміти застосовувати SolidWorks і SolidWorks Simulation за найбільш поширеними методиками, вносити свої пропозиції щодо застосування не тільки розглянутих, а й самостійно засвоєних ППП.

Студент, який набрав позитивний середньозважений бал за поточну роботу і не здав підсумковий контрольний захід, вважається невстигаючим.

8. Політика дисципліни

Політика навчальної дисципліни загалом визначається системою вимог до здобувача вищої освіти, що передбачені чинними положеннями Університету про організацію і навчально-методичне забезпечення освітнього процесу. Зокрема, проходження інструктажу з техніки безпеки; відвідування занять з дисципліни є обов'язковим. За об'єктивних причин (підтверджених документально) теоретичне навчання за погодженням із лектором може відбуватись в он-лайн режимі. Успішне опанування дисципліни та формування фахових компетентностей і програмних результатів навчання передбачає необхідність підготовки до лабораторного заняття (вивчення теоретичного матеріалу з теми роботи, попередню підготовку протоколу роботи, підготовку до усного опитування для допуску до заняття (наведені у Методичних рекомендаціях до лабораторних занять), активно працювати на занятті, якісно підготувати звіт (креслення і протокол роботи відповідно до теми), захистити результати виконаної роботи, брати участь у дискусіях щодо прийнятих конструктивних рішень при виконанні здобувачами лабораторних робіт тощо.

Здобувачі вищої освіти зобов'язані дотримуватися термінів виконання усіх видів робіт у встановлені терміни, передбачені робочою програмою навчальної дисципліни. Термін захисту лабораторної роботи вважається своєчасним, якщо здобувач вищої освіти захистив її на наступному після виконання роботи занятті. Пропущене лабораторне заняття здобувач вищої освіти зобов'язаний відпрацювати в лабораторіях кафедри у встановлений викладачем термін, але не пізніше, ніж за два тижні до кінця теоретичних занять у семестрі. Засвоєння здобувачем вищої освіти теоретичного матеріалу з дисципліни оцінюється за результатами тестування.

Здобувач вищої освіти, виконуючи самостійну або індивідуальну роботу з дисципліни, має дотримуватися політики доброчесності (заборонені списування, плагіат (у т.ч. із використанням мобільних девайсів)). У разі виявлення плагіату в будь-яких видах навчальної роботи здобувач вищої освіти отримує незадовільну оцінку і має повторно виконати завдання з відповідної теми (виду роботи), які передбачені робочою програмою. Будь-які форми порушення академічної доброчесності **не допускаються**.

У межах вивчення навчальної дисципліни здобувачем вищої освіти передбачено визнання і зарахування результатів навчання, набутих шляхом неформальної освіти, що розміщені на доступних платформах, які сприяють формування компетентностей і поглибленню результатів навчання, визначених робочою програмою дисципліни, або забезпечують вивчення відповідної теми та/або виду робіт з програми навчальної дисципліни (детальніше у Положенні про порядок визнання та зарахування результатів навчання здобувачів вищої освіти у ХНУ).

9. Оцінювання результатів навчання студентів у семестрі

Оцінювання академічних досягнень здобувача вищої освіти здійснюється відповідно до «Положення про контроль і оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти у ХНУ». Залежно від важливості окремих видів навчальної роботи, та їх ролі у формуванні компетентностей і результатів навчання, визначених освітньою програмою, розробники Робочої програми присвоюють кожному виду навчальної роботи (структурній одиниці) з дисципліни певну кількість балів. При поточному оцінюванні виконаної здобувачем роботи з кожної структурної одиниці і отриманих ним результатів викладач виставляє йому певну кількість балів із встановлених Робочою програмою для цього виду роботи. При цьому кожна структурна одиниця навчальної роботи може бути зарахована, якщо здобувач набрав не менше 60 відсотків (мінімальний рівень для позитивної оцінки) від максимально можливої суми балів, призначеної структурній одиниці.

Будь-які форми порушення академічної доброчесності **не допускаються**.

При оцінюванні результатів навчання здобувачів вищої освіти з будь-якого виду навчальної роботи (структурної одиниці) рекомендується використовувати узагальнені критерії (табл. 1).

Таблиця 1 – Критерії оцінювання навчальних досягнень здобувача вищої освіти

Оцінка та рівень досягнення здобувачем запланованих ПРН та сформованих компетентностей	Узагальнений зміст критерія оцінювання
Відмінно (високий)	Здобувач вищої освіти глибоко і у повному обсязі опанував зміст навчального матеріалу, легко в ньому орієнтується і вміло використовує понятійний апарат; уміє пов'язувати теорію з практикою, вирішувати практичні завдання, впевнено висловлювати і обґрунтовувати свої судження. Відмінна оцінка передбачає логічний виклад відповіді мовою викладання (в усній або у письмовій формі), демонструє якісне оформлення роботи і володіння спеціальними приладами та інструментами, прикладними програмами. Здобувач не вагається при видозміні запитання, вміє робити детальні та узагальнюючі висновки, демонструє практичні навички з вирішення фахових завдань. При відповіді допустив дві–три несуттєві похибки .
Добре (середній)	Здобувач вищої освіти виявив повне засвоєння навчального матеріалу, володіє понятійним апаратом, орієнтується у вивченому матеріалі; свідомо використовує теоретичні знання для вирішення практичних задач; виклад відповіді грамотний, але у змісті і формі відповіді можуть мати місце окремі неточності, нечіткі формулювання правил, закономірностей тощо. Відповідь здобувача вищої освіти будується на основі самостійного мислення. Здобувач вищої освіти у відповіді допустив дві–три несуттєві помилки .
Задовільно (достатній)	Здобувач вищої освіти виявив знання основного програмного матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання та практичної діяльності за професією, справляється з виконанням практичних завдань, передбачених програмою. Як правило, відповідь здобувача вищої освіти будується на рівні репродуктивного мислення, здобувач вищої освіти має слабкі знання структури навчальної дисципліни, допускає неточності і суттєві помилки у відповіді, вагається при відповіді на видозмінене запитання. Разом з тим, набув навичок, необхідних для виконання нескладних практичних завдань, які відповідають мінімальним критеріям оцінювання і володіє знаннями, що дозволяють йому під керівництвом викладача усунути неточності у відповіді.
Незадовільно (недостатній)	Здобувач вищої освіти виявив розрізнені, безсистемні знання, не вміє виділяти головне і другорядне, допускається помилок у визначенні понять, перекручує їх зміст, хаотично і невпевнено викладає матеріал, не може використовувати знання при вирішенні практичних завдань. Як правило, оцінка «незадовільно» виставляється здобувачеві вищої освіти, який не може продовжити навчання без додаткової роботи з вивчення навчальної дисципліни.

Допуском здобувача вищої освіти до підсумкового оцінювання та критерієм його успішного проходження може бути досягнення ним **мінімального** порогового рівня балів встановленого кожному із запланованих результатів навчання з освітнього компоненту (структурної одиниці), тобто 60 відсотків від максимально можливого балу (табл. 2).

Таблиця 2 – Співвідношення інституційної шкали оцінювання і шкали оцінювання ЄКТС

Оцінка ЄКТС	Рейтингова шкала балів	Інституційна оцінка (опис рівня досягнення здобувачем вищої освіти запланованих результатів навчання з освітнього компонента)	
		Залік	
A	90-100	Зараховано	
B	83-89		
C	73-82		
D	66-72		
E	60-65		
FX	40-59	Незараховано	
F	0-39		

Залік виставляється, якщо здобувач вищої освіти досяг мінімального порогового рівня балів, а загальна сума балів, яку він набрав за результатами поточного контролю з освітнього компонента, знаходиться у межах від 60 до 100 балів. При цьому за інституційною шкалою виставляється оцінка «зараховано», а за шкалою ЄКТС – буквене позначення оцінки, що відповідає набраній студентом сумі балів відповідно до табл. 2.

Структурування дисципліни за видами навчальної роботи і оцінювання результатів навчання студентів *денної* форми здобуття освіти у семестрі

Аудиторна робота								Контрольні заходи		Самостійна робота		Семестровий контроль
Лабораторні роботи №:								Тестовий контроль		ІДЗ*		Залік
1	2	3	4	5	6	7	8	T** 1-4	T** 5-8	1	2	
Кількість балів за кожний вид навчальної роботи (мінімум-максимум)												
3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	15-25	15-25	За рейтингом
24-40								6-10		30-50		60-100***

Примітка : *ІДЗ – індивідуальне домашнє завдання (самостійна робота); T** – тема навчальної дисципліни; ***За набрану з будь-якого виду навчальної роботи з дисципліни кількість балів, нижче встановленого мінімуму, здобувач отримує незадовільну оцінку і має її перездати у встановлений викладачем (деканом) термін. Інституційна оцінка встановлюється відповідно до таблиці «Співвідношення інституційної шкали оцінювання і шкали оцінювання ЄКТС».

Оцінювання результатів захисту лабораторної роботи

Виконана й оформлена відповідно до встановлених Методичними рекомендаціями вимог лабораторна робота комплексно оцінюється викладачем при її захисті з урахуванням таких критеріїв: самостійність та правильність виконання; повнота відповіді та знання методик моделювання технологічних процесів підприємств автомобільного транспорту.

Результат виконання і захисту здобувачем вищої освіти кожної лабораторної роботи оцінюється відповідно до таблиці Критеріїв оцінювання навчальних досягнень здобувача вищої освіти та рівня досягнення здобувачем запланованих ПРН та сформованих компетентностей з присвоєнням йому відповідної суми балів.

У випадку виявлення здобувачем рівня знань, нижчого ніж 60 відсотків від максимального балу, встановленого Робочою програмою для кожної структурної одиниці, лабораторна робота йому **не зараховується** і для її захисту він має детальніше опрацювати матеріал з теми роботи, методики її виконання, виправити грубі помилки та повторно вийти на її захист у призначений для цього викладачем час.

Оцінювання результатів навчання з теоретичного матеріалу (тестовий контроль)

Кожний з двох тестів, передбачених Робочою програмою, складається із 20 тестових завдань, кожне з яких є рівнозначним. Максимальна сума балів, яку може набрати студент, складає 20 (кількість набраних балів за тестове завдання може бути різною).

Відповідність набраних балів за тестове завдання оцінці, що виставляється здобувачеві (20 тестових питань, максимум – 20 балів)

Кількість правильних відповідей	0-11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Відсоток правильних відповідей	0-59	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Кількість отриманих балів	0	12	13	14	15	16	17	18	19	20

На тестування в он-лайн режимі у МСН відводиться 20 хв.. При отриманні негативної оцінки тест слід перездати до терміну *наступного* контролю.

Розподіл балів в залежності від наданих правильних відповідей на тестові завдання

Кількість правильних відповідей	0-11	12-13	14	15-16	17	18-20
Відсоток правильних відповідей	0-59	60-65	66-72	73-82	83-89	90-100
Кількість отриманих балів	0	12-13	14	16	18	20

На тестування в он-лайн режимі у МСН відводиться 20 хв.. При отриманні негативної оцінки тест слід перездати до терміну *наступного* контролю.

10 Питання для самоконтролю результатів навчання

1. Загальні поняття обчислювальної механіки.
2. Загальні поняття і класифікація задач обчислювальної механіки: лінійність і нелінійність.
3. Загальні поняття і класифікація задач обчислювальної механіки: методи дискретизації.
4. Варіанти МСЕ.
5. Процес скінченно-елементного аналізу.
6. Основні кроки МСЕ.
7. Основні поняття і концепція МСЕ: ідеалізація.
8. Основні поняття і концепція МСЕ: явне і неявне моделювання.
9. Основні поняття і концепція МСЕ: дискретизація.
10. Основні поняття і концепція МСЕ: джерела помилки і апроксимація.
11. Загальна схема алгоритму МСЕ.
12. Визначення скінченних елементів.
13. Атрибути скінченного елемента.
14. Класифікація скінченних елементів, використовуваних в механіці.
15. Основні поняття і концепція МСЕ: ансамблювання.
16. Основні поняття і концепція МСЕ: граничні умови.
17. Основні поняття плоскої задачі теорії пружності.
18. Математична модель плоскої задачі теорії пружності.
19. Початкові дані плоскої задачі теорії пружності.
20. Шукані функції плоскої задачі теорії пружності.
21. Вирішуючі рівняння плоскої задачі теорії пружності.
22. Граничні умови плоскої задачі теорії пружності.
23. Базові співвідношення скінченно-елементного формулювання плоскої задачі теорії пружності.
24. Ослаблене формулювання задачі теорії пружності.
25. Повна потенційна енергія тіла.
26. Скінченно-елементна інтерполяція.
27. Виведення системи лінійних алгебраїчних рівнянь МСЕ.
28. Принцип мінімуму потенційної енергії.
29. Виведення вирішуючих рівнянь МСЕ.
30. Алгоритм МСЕ для тривимірної задачі теорії пружності.
31. Генерація скінченно-елементної сітки для тривимірної задачі теорії пружності.
32. Апроксимація шуканих функцій для тривимірної задачі теорії пружності.
33. Формування системи алгебраїчних рівнянь для тривимірної задачі теорії пружності.
34. Кінематичне співвідношення для тривимірної задачі теорії пружності.

35. Визначаюче співвідношення для тривимірної задачі теорії пружності.
36. Формування глобальної системи алгебраїчних рівнянь для тривимірної задачі теорії пружності.
37. Значення деформацій і напружень в довільних точках тіла.
38. Алгоритм МСЕ для динамічного завдання.
39. Розрахунок в'язко-пружних гармонійних коливань.
40. Сучасні програмні засоби скінченно-елементного аналізу.
41. Приклади застосування програмних засобів скінченно-елементного аналізу.

11 Навчально-методичне забезпечення

Навчальний процес з дисципліни «Комп'ютерне забезпечення процесів відновлення» повністю і в достатній кількості забезпечений необхідною навчально-методичною літературою. Зокрема, викладачами кафедри підготовлені і видані такі роботи:

1. Комп'ютерне забезпечення процесів відновлення: курс лекцій для студентів напряму підготовки «Зварювання» / О. Ю. Рудик. - Хмельницький: ХНУ, 2025. – 114 с.
2. Комп'ютерне забезпечення процесів відновлення: Методичні рекомендації до лабораторних робіт для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 132 «Матеріалознавство» / О. В. Диха, О. Ю. Рудик. – Хмельницький: ХНУ, 2023. – 92 с.

12. Матеріально-технічне та програмне забезпечення дисципліни

Інформаційна та комп'ютерна підтримка: ПК, планшет, смартфон або інший мобільний пристрій; проектор. Програмне забезпечення: SolidWorks, SolidWorks Simulation, доступ до мережі Інтернет, робота з презентаціями.

13 Рекомендована література

Основна

1. Комп'ютерне забезпечення процесів відновлення: курс лекцій для студентів напряму підготовки «Зварювання» / О. Ю. Рудик. - Хмельницький: ХНУ, 2025. – 114 с.
2. Комп'ютерне забезпечення процесів відновлення: Методичні рекомендації до лабораторних робіт для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 132 «Матеріалознавство» / О. В. Диха, О. Ю. Рудик. – Хмельницький: ХНУ, 2023. – 92 с.

Додаткова

3. Метод скінченних елементів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Метод_скінченних_елементів
4. Метод скінченних елементів у механіці конструкцій [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Метод_скінченних_елементів_у_механіці_конструкцій
5. Легостаєв А.Д. Метод скінченних елементів. Конспект лекцій / А. Д. Легостаєв. – К: КНУБА, 2004. – 112 с. – Режим доступу: <http://www.knuba.edu.ua/doc/bm/mce.pdf>
6. Дубенець В.Г. Обчислювальна механіка (Курс лекцій. Частина 2) / В.Г. Дубенець, В. В. Хільчевський, О.В. Савченко. – Чернівці: ЧДТУ, 2007. – 188 с. – Режим доступу: <https://ir.stu.cn.ua/server/api/core/bitstreams/826e4fb5-f1e8-44a2-95b3-6a12dee28b7d/content>
7. Єршов С. В. Конспект лекцій з дисципліни "Методи аналізу, моделювання та оптимізації процесів ОМТ": Частина 3 «Теоретичні методи розрахунку процесів ОМТ» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня зі спеціальності 136 «Металургія» за освітньо-науковою програмою «Обробка металів тиском» / С. В. Єршов. - Кам'янське, ДДТУ. - 2016. - 60 с. – Режим доступу: <https://www.dstu.dp.ua/Portal/Data/5/26/5-26-kl49.pdf>
8. Метод скінчених елементів, Київ, 2021 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://om.univ.kiev.ua/users_upload/15/upload/file/cm_lecture_04.pdf
9. Математичні основи методу скінченних елементів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://elearn.nubip.edu.ua/pluginfile.php/748589/mod_resource/content/0/Тема%202.pdf
10. Овчаренко В. А. Основи методу кінцевих елементів і його застосування в інженерних розрахунках. Навчальний посібник / В. А. Овчаренко, С. В. Подлесний, С. М. Зінченко. – Краматорськ: ДДМА, 2008. – 380 с. – Режим доступу: http://www.dgma.donetsk.ua/metod/texmex/mke/cae_ing.pdf
11. Гребенюк С. М. Чисельні методи розв'язання механічних задач: навчальний посібник для здобувачів третього освітньо-наукового рівня спеціальності «Прикладна математика» освітньо-наукової програми «Прикладна математика». / С. М. Гребенюк, С. І. Гоменюк. – Запоріжжя : Запорізький національний університет, 2022. – 80 с.

12. Кузьменко В.І. Конспект лекцій із курсу "Числові методи математичної фізики" / В.І.Кузьменко, Н.Л.Козакова. – Дніпропетровськ: РВВ ДНУ, 2013. – 49 с. – Режим доступу: <http://repository.dnu.dp.ua:1100/upload/4975f9fe589d8c07a06f073949eb5a2fKonspektChisMetodMF.pdf>

13. Метод скінченних елементів у задачах механіки суцільних середовищ. Лабораторний практикум з навчальної дисципліни [Електронний ресурс]: навч. посіб. / А. Я. Карвацький. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 391 с.

14. Rudyk Oleksandr. Computer design of technological processes strengthening and recovery of parts for automobile transport / Oleksandr Rudyk, Pavlo Kaplun, Volodymyr Gonchar // *Rozwój nowoczesnej edukacji i nauki – stan, problemy, perspektywy. Tom XVI: Miejsce i znaczenie kognitywistyki w rozwoju nauki i edukacji* / [Red.: J. Grzesiak, I. Zymomrya, W. Plynyskyj]. Konin – Użhorod – Przemyśl – Chersoń: Poswit, 2024. – Pp. 133-134.

15. Болюх Д. В. Використання методу скінченних елементів для розв'язання професійно-прикладних задач / Д. В. Болюх, І. С. Максимчук, О. Ю.Рудик // Математичні дослідження здобувачів вищої освіти і молодих учених як підгрунтя технічного та економічного відновлення України: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти та молодих вчених. – Харків: ХНАДУ, 2024. – С. 149-153

16. Трасковецька Л. М. Математичне моделювання працездатності деталей методом скінченних елементів / Л. М. Трасковецька, О. Ю. Рудик, О. В. Бірюков // Інформатика, інформаційні системи та технології: тези доповідей шістнадцятої всеукраїнської конференції студентів і молодих науковців. Одеса, 19 квітня 2019 р. – Одеса: ОНУ. – С. 96-97.

17. Боярин А. С. Застосування методу скінченних елементів для заміни матеріалів деталей автомобільної техніки / А. С. Боярин, Л. В. Боровик, О. Ю. Рудик // Класичні та прикладні проблеми у наукових дослідженнях здобувачів вищої освіти і молодих вчених: історичний та сучасний аспекти: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти та молодих вчених. – Харків: ХНАДУ. – 2020. – С. 98-100.

18. Максимчук О. В. 3D-моделювання редукторів автокранів з використанням методу скінченних елементів / О. В. Максимчук, Л. М. Трасковецька, О. Ю. Рудик // Класичні та прикладні проблеми у наукових дослідженнях здобувачів вищої освіти і молодих вчених: історичний та сучасний аспекти: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти та молодих вчених. – Харків: ХНАДУ. – 2020.

19. Вовк В. Ю. Розрахунок пристосування для заміни сайлентблоків із застосуванням методу скінченних елементів / В. Ю. Вовк, Е. Р. Собко, О. Ю. Рудик // Класичні та прикладні аспекти спадкоємної математичної підготовки у ЗВО : історичний та сучасний погляд молодих вчених і здобувачів вищої освіти : матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти та молодих вчених. – Харків: ХНАДУ. – 2021. – С. 123-126.

20. Болюх Д. В. Використання методу скінченних елементів для розв'язання професійно-прикладних задач / Д. В. Болюх, І. С. Максимчук, О. Ю.Рудик // Математичні дослідження здобувачів вищої освіти і молодих учених як підгрунтя технічного та економічного відновлення України: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти та молодих вчених. – Харків: ХНАДУ, 2024. – С. 149-153.

21. Войтюк С. В. Комп'ютерне моделювання пристрою для контролю прогину валів з використанням методу скінченних елементів / С. В. Войтюк, А. В. Красний, О. Ю. Рудик / Фундаментальна основа стратегічно важливих напрямів діяльності ЗВО у творчих математичних здобутках університетської молоді: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих вчених. – Харків: ХНАДУ. – 2025. – С. 157-160.

Інформаційні ресурси

1. Модульне середовище для навчання. – Режим доступу: <https://msn.khnu.km.ua/course/view.php?id=1067>
2. Електронна бібліотека університету. – Режим доступу: http://lib.khnu.km.ua/asp/php_f/page_lib.php
3. Репозитарій ХНУ. – Режим доступу: <https://library.khmnua.edu.ua/#>.