

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан факультету інженерії,
транспорту та архітектури



Віктор ОЛЕКСАНДРЕНКО
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

2023 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«Комп'ютерне забезпечення процесів відновлення»

Галузь знань – 13 Механічна інженерія
Спеціальність – 132 Матеріалознавство
Рівень вищої освіти – Перший бакалаврський
Освітньо-професійна програма – Відновлення та технічний сервіс автомобілів
Обсяг дисципліни – 5 (6) кредитів ЄКТС
Шифр дисципліни для форм навчання – ОПП 17 (Д), ВПП1 (З), ОПП 21 (Дс)
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
			Європейські кредити	Години	Аудиторні заняття									
					Всього	Лекції	Лабораторні роботи	Практичні заняття	Індивідуальна робота студента	Самостійна робота студента				
Д	3	6	5.0	150	72	36	36	-	-	78	-	-	+	-
З	4	8	6.0	180	4	2	2	-	-	176	-	-	+	-
Дс	2	4	5.0	150	72	36	36	-	-	78	-	-	+	-

Д – денна форма навчання; З – заочна форма навчання; Дс – денна скорочена форма навчання


Робоча програма складена на основі освітньо-професійної програми підготовки бакалаврів

Робоча програма складена  к.т.н., доцент Олександр РУДИК
Підпис автора Ступінь, вчене звання, Ім'я, ПРІЗВИЩЕ автора

Схвалена на засіданні кафедри Трибології, автомобілів та матеріалознавства

Протокол від 9 лютого 2023 р. № 6. Зав. кафедри  Олександр ДИХА
Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Робоча програма розглянута та схвалена вченою радою факультету трибології, автомобілів та матеріалознавства

Протокол від 22 лютого 2023 р. № 8. Голова вченої ради факультету  Віктор ОЛЕКСАНДРЕНКО
Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

2 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, AutoCAD, DWGeditor).

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 AutoCAD, DWGeditor, 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.

3 Структура залікових кредитів дисципліни

Назва теми	Кількість годин					
	Денна форма			Заочна форма		
	Лекції	Лабораторні роботи	СРС	Лекції	Лабораторні роботи	СРС
Змістовий модуль 1. Метод скінченних елементів (МСЕ), задачі теорії пружності						
1. Загальні поняття і класифікація задач обчислювальної механіки. Основні поняття і концепція МСЕ. Термінологія	2	2	4	2	2	10
2. Поняття про скінченні елементи. Постановка плоскої задачі теорії пружності	2	2	4			10
3. Скінченно-елементне формулювання плоскої задачі теорії пружності: базові співвідношення	2	2	4			10
4. Трикутний лінійний скінченний елемент	2	2	4			10
5. Ізопараметричний підхід в МСЕ	2	2	6			10
6. Чотирісторонні двовимірні елементи	2	2	4			10
7. Обчислення матриці градієнтів ізопараметричного елемента	2	2	4			10
8. Формування матриці жорсткості ізопараметричного елемента	2	2	4			10
9. Формування векторів вузлових сил ізопараметричного елемента	2	2	4			10
10. Рішення глобальної системи скінченно-елементних рівнянь	2	2	4			10
11. Алгоритм МСЕ для тривимірної задачі теорії пружності	4	4	8			16
Змістовий модуль 2. Застосування AutoCAD для комп'ютерного забезпечення процесів відновлення						
12. Вступ та опис елементів програми AutoCAD	2	2	6			10
13. Шари, інструменти, графічні об'єкти AutoCAD	2	2	4			10
14. Діалог, вибір об'єктів, основні операції редагування в AutoCAD	2	2	4			10
15. Складні об'єкти AutoCAD	2	2	6			10
16. Інструмент "Очистка", підготовка і випуск креслень в AutoCAD	2	2	4			10
17. Робота з OLE-об'єктами, настройки в AutoCAD	2	2	4			10
Разом:	36	36	78	2	2	176

4 Програма навчальної дисципліни

4.1 Зміст лекційного курсу для студентів денної форми навчання

№ теми	Перелік тем лекцій, їх анотації	К-ть год.
Змістовий модуль 1. Метод скінченних елементів (МСЕ), задачі теорії пружності		
1	<p>Загальні поняття і класифікація задач обчислювальної механіки. Основні поняття і концепція МСЕ. Термінологія</p> <p>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. 6-19]</p>	2

2	Поняття про скінченні елементи. Постановка плоскої задачі теорії пружності 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 Літ.: [1, с. 19-34]	2
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. 34-45]	2
4	Трикутний лінійний скінченний елемент 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. Визначаючи співвідношення. Елементні матриці жорсткості, вектори вузлових сил Літ.: [1, с. 45-58]	2
5	Ізопараметричний підхід в МСЕ Загальне ізопараметричне формулювання пружного двовимірного елемента. Лінійний та квадратичний ізопараметричний трикутний елемент. Одновимірний квадратичний ізопараметричний елемент Літ.: [1, с. 58-64]	2
6	Чотиристоронні двовимірні елементи Природні координати елемента. Чотиристоронній білінійний елемент. Чотиристоронні елементи вищого порядку. Властивість повноти Літ.: [1, с. 64-71]	2
7	Обчислення матриці градієнтів ізопараметричного елемента Матриця градієнтів. Матриці Якобі. Обмеження на геометрію елементів Літ.: [1, с. 71-77]	2
8	Формування матриці жорсткості ізопараметричного елемента Структура матриці жорсткості. Матриця пружних модулів. Вираз компонент матриці жорсткості елемента. Чисельна інтеграція Літ.: [1, с. 77-84]	2
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. 84-90]	2
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 Холецького. Обчислення напружень Літ.: [1, с. 90-97]	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. 97-114]	4
Змістовий модуль 2. Застосування AutoCAD для комп'ютерного забезпечення процесів відновлення		
12	Вступ та опис елементів програми AutoCAD Вступ. Матриця градієнтів. Матриці Якобі. Обмеження на геометрію елементів [1, 71-77] Коло завдань, які вирішуються AutoCAD. Командний рядок. Управління кресленням. Методи забезпечення точного креслення. Системи координат. Об'єктні прив'язки. Полярне відстежування. Відстежування об'єктних прив'язок Літ.: [1, с. 115-127]	2

13	Шари, інструменти, графічні об'єкти AutoCAD Основні типи графічних об'єктів AutoCAD. Відрізок. Пряма. Мультилінія. Полілінія. Кола і дуги. Еліпси і еліптичні дуги. Сплайн. Точка. Однорядковий текст Літ.: [1, с. 127-144]	2
14	Діалог, вибір об'єктів, основні операції редагування в AutoCAD Діалог користувача і програми. Вибір об'єктів в AutoCAD. Основні операції редагування Літ.: [1, с. 144-159]	2
15	Складні об'єкти AutoCAD Штрихування. Багаторядковий текст. Розміри. Блоки. Операція «Розбивання». Редагування Літ.: [1, с. 159-170]	2
16	Інструмент "Очистка", підготовка і випуск креслень в AutoCAD Інструмент «Очистка». Ідеологія створення креслень в AutoCAD із застосуванням видових екранів. Простір моделі і листа. Видові екрани. Асоціативні розміри. Виведення на друк Літ.: [1, с. 170-188]	2
17	Робота з OLE-об'єктами, настройки в AutoCAD Технологія впровадження об'єктів (OLE). Специфіка роботи з OLE-об'єктами в AutoCAD. Вставка растрових зображень. Настройки. Створення і редагування шаблонів креслення Літ.: [1, с. 188-203]	2
Разом		36

4.2 Перелік оглядових лекцій для студентів заочної форми навчання

Номер лекції	Тема лекції	Кількість годин
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. 6-19]	2
Разом:		2

4.3 Зміст лабораторних занять

4.3.1 Перелік лабораторних занять для студентів денної форми навчання

№ 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)	2
2	Статичний аналіз з використанням комбінованої сітки	2
3	Оптимізація конструкції рукояті	2
4	Оптимізація топології ротора дискового гальма	2
5	Використання контактної зварювання для з'єднання даху та бокової обшивки моделі автомобіля	2
6	Статичний аналіз складання кривошипа	2
7	Аналіз пружнопластичної струбцини	2
8	Статичний аналіз деталі з листового металу	2

9	Лінії та полілінії AutoCAD	2
10	Команди креслення в AutoCAD	2
11	Інші команди креслення в AutoCAD	2
12	Команди редагування AutoCAD	2
13	Додаткові команди редагування AutoCAD	2
14	Блоки AutoCAD	2
15	Побудова тривимірних об'єктів командами меню SOLIDS	2
16	Команди меню SURFACES	2
17	Робота в DWGeditor	4
18		
Разом		36

4.3.2 Перелік лабораторних робіт для студентів заочної форми навчання

Номер лаб. роб.	Тема лабораторної роботи	Кількість годин
1	Використання методу скінченних елементів (МСЕ) для статичного аналізу кронштейна пристосування для відновлення деталей автомобілів в SolidWorks Simulation (SWS)	2
Разом:		2

У процесі виконання лабораторних робіт набуваються наступні практичні навички:

- використання МСЕ для статичного аналізу деталей автомобільної техніки та їх оптимізації в SWS;
- застосування AutoCAD для побудови 2D і 3D об'єктів автомобільної техніки.

Типізована навичка проєктування деталей автомобільної техніки з необхідними обґрунтуваннями та розрахунками набуваються також на виробничих практиках та у процесі курсового і дипломного проєктування.

4.4 Зміст самостійної (у т.ч. індивідуальної) роботи студента

Самостійна робота студента полягає в:

- опрацюванні теоретичного матеріалу (конспект лекцій, навчальна література);
- підготовці до аудиторних занять (лекцій, лабораторних тощо);
- виконанні домашніх контрольних робіт (для студентів заочної форми навчання);
- підготовці та виконанні індивідуальних завдань, передбачених програмою (самостійної роботи – домашніх завдань);
- підготовці до усіх видів поточного і підсумкового контролів;
- 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 стендів 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.

Студенти заочної форми навчання виконують контрольну роботу. Вимоги до її виконання та варіанти визначаються методичними рекомендаціями до виконання контрольних робіт, які кожний студент отримує на кафедрі у період настановної сесії.

4.4.1 Структура домашнього завдання для студентів денної і завдань контрольної роботи для студентів заочної форми навчання

№ Дз	Вид самостійної роботи	К-ть год.
1	<p>У SolidWorks:</p> <ul style="list-style-type: none"> – 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. <p>У SolidWorks Simulation:</p> <ul style="list-style-type: none"> – 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
2	Виконати креслення в AutoCAD (DWGeditor).	10

Примітка: Дз – домашнє завдання

4.4.2 Зміст самостійної роботи студентів денної форми навчання

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	8
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	8
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	8
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	8
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	8

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	10
17, 18	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т17, 18, підготовка до захисту лабораторної роботи №15, 16 та виконання і захисту лабораторної роботи №17, 18. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу й індивідуальної роботи. Підготовка до підсумкового тестового контролю	8
Разом:		78

4.4.3 Орієнтовна тематика індивідуального завдання для студентів денної і завдання контрольної роботи для студентів заочної форми навчання

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

4.4.4 Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу

№ теми	Зміст теми самостійної роботи	Об'єм в год.	Неділя, на якій пров. перевірка
2	Огляд SolidWorks Simulation Огляд аналізу проектних рішень. Метод скінченних елементів. Допущення лінійного статичного аналізу. Використання SolidWorks Simulation. Кроки аналізу. Застосування обмежень. Застосування навантажень. Аналіз деталі. Перегляд результатів. Аналітична інформація [SolidWorks SP0.0, функціональні інструкції]	2	2
11	Сучасні програмні засоби скінчено-елементного аналізу Програмні системи. Короткі характеристики деяких програмних комплексів. Додаткова література [1, с. 107-111] Приклади застосування програмних засобів скінчено-елементного аналізу Вступ. Дослідження напруженого стану рами причепа автомобіля	2	12
Всього		4	

5 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.

6 Методи контролю

6.1 Система поточного та підсумкового 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 засвоєнні 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 засвоєнні 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.

7 Оцінювання результатів навчання студентів у семестрі

При викладанні дисципліни використовуються такі види навчальних занять, як лекції, лабораторні роботи, індивідуальне консультування і керівництво самостійною роботою студента, в т.ч. за індивідуальним завданням.

При оцінюванні знань студентів використовуються різні засоби контролю, зокрема:

- допуск до виконання лабораторної роботи здійснюється на її початку усним опитуванням кожного студента;
- засвоєння теоретичного матеріалу перевіряється тестовим контролем;
- якість виконання, набуття теоретичних знань і практичних навичок перевіряється шляхом захисту кожної лабораторної роботи та індивідуального завдання згідно з робочим планом;

Оцінка, яка виставляється за лабораторне заняття, складається з таких елементів:

- усне опитування студентів перед допуском до виконання лабораторної роботи;
- знання теоретичного матеріалу з теми;
- якість оформлення протоколу і графічної частини;
- вміння обґрунтувати прийняті конструктивні рішення;
- своєчасний захист лабораторної роботи.

Термін захисту лабораторної роботи вважається своєчасним, якщо студент виконав її на занятті. За несвоечасний захист лабораторної роботи виставляється оцінка "задовільно".

Пропущене з поважної причини лабораторне заняття студент повинен відпрацювати у встановлений викладачем термін.

Оцінювання знань студентів здійснюється за такими критеріями:

Оцінка за інституційною шкалою	Узагальнений критерій
Відмінно	Студент 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 державною мовою (в усній або у письмовій формі), демонструє якісне оформлення роботи і володіння спеціальними інструментами. Студент не вагається при видозміні запитання, вміє робити детальні та узагальнюючі висновки. При відповіді допустив дві–три несуттєві <i>помилки</i> .
Добре	Студент виявив повне засвоєння навчального матеріалу, володіє понятійним апаратом і фаховою термінологією, орієнтується у вивченому матеріалі; свідомо використовує теоретичні знання для вирішення практичних завдань; виклад відповіді грамотний, але у змісті і формі відповіді можуть мати місце окремі неточності, нечіткі формулювання закономірностей тощо. Відповідь студента будується на основі самостійного мислення. Студент у відповіді допустив дві–три <i>несуттєві помилки</i> .

Задовільно	Студент 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 студента будується на рівні репродуктивного мислення, студент має слабкі знання структури курсу, 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	Студент виявив розрізнені, безсистемні знання, не вміє виділяти головне і другорядне, допускається помилок у визначенні понять, перекичує їх зміст, хаотично і невпевнено викладає матеріал, не може використовувати теоретичні знання при вирішенні практичних завдань. Як правило, оцінка "незадовільно" виставляється студенту, який не може продовжити навчання без додаткової роботи з вивчення дисципліни.

Кожний вид роботи оцінюється за чотирибальною шкалою.

Оцінку „відмінно”, за шкалою ECTS – A, отримує студент за глибоке і повне опанування змісту навчального матеріалу, в якому він легко орієнтується, понятійного апарату, за уміння зв’язувати теорію з практикою, вирішувати практичні завдання, висловлювати і обґрунтовувати свої судження. Відмінна оцінка передбачає грамотний, логічний виклад відповіді (як в усній, так і в письмовій формі), якісне зовнішнє оформлення. Студент повинен набути практичних навичок з користування SolidWorks.

Оцінка "відмінно" виставляється студенту, який глибоко засвоїв методику роботи з SolidWorks та вміє їх раціонально застосувати. Студент не повинен вагатися при видозміні запитання, повинен робити детальні та узагальнюючі висновки.

Оцінку „добре”, за шкалою ECTS – B, отримує студент за повне засвоєння навчального матеріалу, володіння понятійним апаратом, орієнтування в вивченому матеріалі, свідоме використання знань для вирішення практичних завдань, грамотний виклад відповіді, але у змісті і формі відповіді мали місце окремі неточності (похибки), нечіткі формулювання закономірностей тощо. Відповідь студента повинна будуватись на основі самостійного мислення.

Оцінку „добре”, за шкалою ECTS – C, отримує студент за правильну відповідь з двома-трьома суттєвими помилками.

Оцінки "задовільно", за шкалою ECTS – D, заслуговує студент, який виявив знання основного навчально-програмного матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання та практичної діяльності за професією, що справляється з виконанням практичних завдань, передбачених програмою. Як правило, відповідь студента будується на рівні репродуктивного мислення, студент слабо знає структуру курсу, допускає помилки у відповіді, засвоїв і набув практичних навичок у проектуванні взуття типових конструкцій, але допустив неточності. Вагається при відповіді на видозмінене запитання, разом з тим студент володіє знаннями, що дозволяють йому під керівництвом викладача усунути неточності у відповіді.

Оцінки "задовільно", за шкалою ECTS – E, заслуговує студент за неповне опанування програмного матеріалу, але отримані знання і набуті практичні навички з використання SolidWorks відповідають мінімальним критеріям оцінювання.

Оцінка „незадовільно”, за шкалою ECTS – FX, виставляється, коли студент має розрізнені, безсистемні знання, не вміє виділяти головне і другорядне, допускається помилок у визначенні понять, перекичує їх зміст, хаотично і невпевнено викладає матеріал, не може використовувати знання при вирішенні практичних завдань. Як правило, оцінка "незадовільно" виставляється студенту, який не може продовжити навчання без додаткових знань з курсу..

Оцінка „незадовільно”, за шкалою ECTS – F, виставляється студенту за повне незнання і нерозуміння навчального матеріалу або відмову від відповіді і передбачає повторне навчання студента з дисципліни.

Семестрова підсумкова оцінка визначається як середньозважена з усіх видів робіт з урахуванням вагових коефіцієнтів. Вагові коефіцієнти можуть змінюватись залежно від структури дисципліни. Вагові коефіцієнти приведені в таблиці.

Структурування дисципліни за видами робіт і оцінювання результатів навчання студентів денної форми навчання у семестрі за ваговими коефіцієнтами

Аудиторна робота	Самостійна робота	Контрольні заходи	Семестровий контроль, залік
Захист лабораторних робіт	Захист Дз1 і Дз2	Проміжний та підсумковий контроль	За рейтингом
ВК: 0,4	0,5	0,1	0

Примітка: ВК – ваговий коефіцієнт; Дз – домашнє завдання

Структурування дисципліни за видами робіт та оцінювання результатів навчання студентів заочної форми навчання у семестрі за ваговими коефіцієнтами

Аудиторна робота	Контрольна робота	Контрольні заходи	Семестровий контроль: залік
Лаб. робота	КР	Тестовий контроль	За рейтингом
ВК*: 0,1	0,8	0,1	0

Оцінювання тестових завдань

Тестове завдання для кожного студента складається з двадцяти тестів, кожен з яких оцінюється за чотирибальною шкалою у МСН.

Якщо студент отримав негативну оцінку, то він повинен перездати її у встановленому порядку, але обов'язково до терміну наступного контролю. У випадку, коли студент не виконав індивідуальний план з дисципліни у заплановані терміни без поважних причин, то під час відпрацювання заборгованості при позитивній відповіді йому виставляється мінімальна оцінка „задовільно”.

Екзаменаційна оцінка виставляється, якщо середньозважений бал, який отримав студент з дисципліни, знаходиться у межах від 3,00 до 5,00 балів. При цьому за вітчизняною шкалою ставиться оцінка, а за шкалою ЄКТС – буквене позначення оцінки, що відповідає набраній студентом кількості балів відповідно до таблиці “Співвідношення вітчизняної шкали оцінювання та шкали оцінювання ЄКТС”.

Співвідношення вітчизняної шкали оцінювання і шкали оцінювання ЄКТС

Оцінка ЄКТС	Бали	Вітчизняна оцінка	
A	4,75-5,00	5	ВІДМІННО – глибоке і повне опанування навчального матеріалу і виявлення відповідних умінь та навиків
B	4,25-4,74	4	ДОБРЕ – повне знання навчального матеріалу з кількома незначними помилками
C	3,75-4,24	4	ДОБРЕ – в загальному правильна відповідь з двома-трьома суттєвими помилками
D	3,25-3,74	3	ЗАДОВІЛЬНО – неповне опанування програмного матеріалу, але достатнє для практичної діяльності за професією
E	2,75-3,24	3	ЗАДОВІЛЬНО – неповне опанування програмного матеріалу, що задовольняє мінімальні критерії оцінювання
FX	2,00 -2,74	2	НЕЗАДОВІЛЬНО – безсистемність одержаних знань і неможливість продовжити навчання без додаткових знань з дисципліни
F	0,00-1,99	2	НЕЗАДОВІЛЬНО – необхідна серйозна подальша робота і повторне вивчення дисципліни

Залік виставляється при отриманні студентом з дисципліни від 2,75 до 5,00 балів. При цьому за вітчизняною шкалою ставиться «зарховано», а за шкалою ЄКТС – оцінка, що відповідає набраній студентом кількості балів.

7 Питання для самоконтролю студентів форм 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.

8 Методичне забезпечення

1. Комп'ютерне забезпечення процесів відновлення: курс лекцій для студентів спеціальності «Матеріалознавство»/ О. Ю. Рудик. - Хмельницький: ХНУ, 2013. – 204 с.

9 Рекомендована література

Основна

1. Комп'ютерне забезпечення процесів відновлення: курс лекцій для студентів спеціальності «Матеріалознавство»/ О. Ю. Рудик. - Хмельницький: ХНУ, 2013. – 204 с.

Допоміжна

2. 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>
3. Дубенець В.Г. Обчислювальна механіка (Курс лекцій. Частина 2) / В.Г. Дубенець, О.В. Савченко. – Чернігів: ЧДТУ, 2007. – 188 с. – Режим доступу: http://sopromat.org.ua/sopromat_files/%D0%9B%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D1%97%20%D0%9E%D0%9C10%D0%9A.pdf
4. Єршов С.В. Конспект лекцій з дисципліни " Методи аналізу, моделювання та оптимізації процесів ОМТ " Частина 3 «Теоретичні методи розрахунку процесів ОМТ» / С.В. Єршов. – Кам'янське: ДДТУ, 2016. – 61 с. – Режим доступу: <http://www.dstu.dp.ua/Portal/Data/5/26/5-26-k149.pdf>
5. Метод скінчених елементів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://om.univ.kiev.ua/users_upload/15/upload/file/cm_lecture_04.pdf
6. 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
7. Використання чисельних методів для визначення напруженого стану при наявності тріщин. Метод скінченних елементів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://docplayer.net/78125106-Lekciya-11-vikoristannya-chiselnih-metodiv-dlya-viznachennya-napruzhenogo-stanu-pri-nayavnosti-trishchin-metod-skinchennih-elementiv.html>
8. Метод кінцевих елементів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://stud.com.ua/137029/prirodnavstvo/metod_kintsevih_elementiv

9. Кіндибалюк А. А. Чисельне дослідження динамічних систем на основі методу скінченних елементів і лінійно-алгебричних дискретних апроксимацій / А. А. Кіндибалюк. – Львів: ЛНУ, 2015. – 168 с. – Режим доступу: https://lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2015/12/v_kindybaliuk.pdf

10. Інженерна та комп'ютерна графіка. AutoCAD : навч. посіб. / Л. І. Цвіркун, Л. В. Бешта ; під. заг. ред. Л.І. Цвіркуна ; М-во освіти і науки України, НТУ “Дніпровська політехніка”. – Дніпро: НТУ “ДП”, 2018. – 209 с.

11. Павловський С. М. Основи автоматизованого проектування: лабораторні роботи в середовищі AutoCAD : навчальний посібник / С. М. Павловський, А. В. Бабков. – Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2021. – 598 с.

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_fpage_lib.php
3. Репозитарій ХНУ. – Режим доступу: <https://library.khmnmu.edu.ua/#>.