

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
 Факультет інженерії, транспорту та архітектури  
 Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан факультету інженерії, транспорту та



Віктор ОЛЕКСАНДРЕНКО

2023 р.

СИЛАБУС

Навчальна дисципліна **Комп'ютерне забезпечення процесів відновлення**  
 Освітньо-професійна програма **Відновлення та технічний сервіс автомобілів**  
 Рівень вищої освіти **перший (бакалаврський)**

**Загальна інформація**

Позиція	Зміст інформації
Викладач(і)	Рудик Олександр Юхимович
Профайл викладача	<a href="http://znm.khnu.km.ua/vykladatskyj-sklad/">http://znm.khnu.km.ua/vykladatskyj-sklad/</a>
E-mail викладач(ів)	<a href="mailto:yuhymovych@gmail.com">yuhymovych@gmail.com</a>
Контактний телефон	Заповнюється за домовленістю
Сторінка дисципліни в ІСУ	<a href="https://msn.khnu.km.ua/course/view.php?id=1067">https://msn.khnu.km.ua/course/view.php?id=1067</a>
Навчальний рік	2022-2023
Консультації	<b>Очні:</b> середа, 3-а пара, 4-304, 4-219; <b>он-лайн:</b> за необхідністю та попередньою домовленістю

**Характеристика дисципліни**

Форма навчання	Курс	Семестр	Загальне навантаження		Кількість годин							Залік	Іспит	
			Європейські кредити	Години	Аудиторні заняття				Індивідуальна робота студента	Самостійна робота студента	Курсовий проект			Курсова робота
					Всього	Лекції	Лабораторні роботи	Практичні заняття						
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

**Анотація навчальної дисципліни**

Модернізація системи вищої освіти в Україні як імператив освітньої політики Української держави на сучасному етапі передбачає активізацію участі всіх суб'єктів освітньої діяльності в організації та здійсненні наукових досліджень. У Законі України «Про вищу освіту» зазначено, що наукова і науково-технічна діяльність у закладах вищої освіти є невід'ємною складовою освітньої діяльності й здійснюється з метою інтеграції наукової, навчальної і виробничої діяльності в системі вищої освіти. Суб'єктами наукової, науково-технічної та інноваційної діяльності є насамперед науково-педагогічні працівники, а також студенти – здобувачі вищої освіти. Як засвідчує досвід, широкий вибір форм організації науково-дослідної роботи здобувачів вищої освіти має велике значення для створення в університеті атмосфери творчості. Залучення студентів до наукових досліджень сприяє активізації їх розумової діяльності, самовдосконаленню, самореалізації та розвитку «soft skills». На основі загальних понять з інформатики та можливостей персональних комп'ютерів і пакетів прикладних програм, відновлювальних технологій на транспорті дисципліна розглядає автоматизоване проектування в області комп'ютерного забезпечення процесів відновлення деталей машин загального призначення та автомобільної техніки.

**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.

### Мета і завдання дисципліни

**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).

**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.

### Очікувані 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.

### Тематичний і календарний план вивчення дисципліни

№ тижня	Тема лекції	Тема лаб. заняття*	Самостійна робота студентів**		
			Зміст	Год.	Літ.
1	2	3	4	5	6
1	<b>Загальні поняття і класифікація задач обчислювальної механіки. Основні поняття і концепція МСЕ. Термінологія</b> 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	Використання методу скінченних елементів (МСЕ) для статичного аналізу кронштейна пристосування для відновлення деталей автомобілів в SolidWorks Simulation (SWS)	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т1, 2, підготовка до виконання лабораторної роботи №1, 2. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу й індивідуальної роботи	4	[1, с. 6-19]
2	<b>Поняття про скінченні елементи. Постановка плоскої задачі теорії пружності</b> 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	Статичний аналіз з використанням комбінованої сітки		4	[1, с. 19-34]
3	<b>Скінченно-елементне формулювання плоскої задачі теорії пружності: базові співвідношення</b> 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	Оптимізація конструкції рукояті	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	4	[1, с. 34-45]
4	<b>Трикутний лінійний скінченний елемент</b> Вступ. Параметричне представлення функцій. Система координат трикутного елемента. Інтерполяційні співвідношення лінійного трикутного елемента. Перетворення координат. Виведення рівнянь трикутного лінійного скінченного	Оптимізація топології ротора дискового гальма		4	[1, с. 45-58]

	елементу. Інтерполяція переміщень. Кінематичні рівняння. Визначаючі співвідношення. Елементні матриці жорсткості, вектори вузлових сил				
5	<b>Ізопараметричний підхід в МСЕ</b> Загальне ізопараметричне формулювання пружного двовимірного елемента. Лінійний та квадратичний ізопараметричний трикутний елемент. Одновимірний квадратичний ізопараметричний елемент	Використання контактної зварювання для з'єднання даху та бокової обшивки моделі автомобіля	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	5	[1, с. 58-64]
6	<b>Чотиристоронні двовимірні елементи</b> Природні координати елемента. Чотиристоронній білінійний елемент. Чотиристоронні елементи вищого порядку. Властивість повноти	Статичний аналіз складання кривошипа		5	[1, с. 64-71]
7	<b>Обчислення матриці градієнтів ізопараметричного елемента</b> Матриця градієнтів. Матриці Якобі. Обмеження на геометрію елементів	Аналіз пружнопластичної струбцини	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	4	[1, с. 71-77]
8	<b>Формування матриці жорсткості ізопараметричного елемента</b> Структура матриці жорсткості. Матриця пружних модулів. Вираз компонент матриці жорсткості елемента. Чисельна інтеграція	Статичний аналіз деталі з листового металу		4	[1, с. 77-84]
9	<b>Формування векторів вузлових сил ізопараметричного елемента</b> Вступ. Структура елементних векторів сил. Обчислення компонент елементного вектора об'ємних сил. Обчислення компонент елементного вектора поверхневих сил. Чисельне інтегрування	Лінії та полілінії AutoCAD	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	4	[1, с. 84-90]
10	<b>Рішення глобальної системи скінченно-елементних рівнянь</b> Структура глобальної матриці жорсткості та глобального вектора вузлових сил. Вирішення глобальної системи скінченно-елементних рівнянь. Метод трикутної факторизації Холецкого. Обчислення напружень	Команди креслення в AutoCAD		4	[1, с. 90-97]
11	<b>Алгоритм МСЕ для тривимірної задачі теорії пружності</b> 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	Інші команди креслення в AutoCAD	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	4	[1, с. 97-114]
12	<b>Вступ та опис елементів програми AutoCAD</b> 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	Команди редагування AutoCAD		4	[1, с. 115-127]

13	<b>Шари, інструменти, графічні об'єкти AutoCAD</b> Основні типи графічних об'єктів AutoCAD. Відрізок. Пряма. Мультилінія. Полілінія. Кола і дуги. Еліпси і еліптичні дуги. Сплайн. Точка. Однорядковий текст	Додаткові команди редагування AutoCAD	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т13, 14, підготовка до захисту лабораторної роботи №11, 12 та до виконання	5	[1, с. 127-144]
14	<b>Діалог, вибір об'єктів, основні операції редагування в AutoCAD</b> Діалог користувача і програми. Вибір об'єктів в AutoCAD. Основні операції редагування	Блоки AutoCAD	лабораторної роботи №13, 14. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу й індивідуальної роботи	5	[1, с. 144-159]
15	<b>Складні об'єкти AutoCAD</b> Штрихування. Багаторядковий текст. Розміри. Блоки. Операція «Розбивання». Редагування	Побудова тривимірних об'єктів командами меню SOLIDS	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т15, 16, підготовка до захисту лабораторної роботи №13, 14 та виконання і захисту	5	[1, с. 159-170]
16	<b>Інструмент "Очистка", підготовка і випуск креслень в AutoCAD</b> Інструмент «Очистка». Ідеологія створення креслень в AutoCAD із застосуванням видових екранів. Простір моделі і листа. Видові екрани. Асоціативні розміри. Виведення на друк	Команди меню SURFACES	лабораторної роботи №15, 16. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу й індивідуальної роботи	5	[1, с. 170-188]
17, 18	Технологія впровадження об'єктів (OLE). Специфіка роботи з OLE-об'єктами в AutoCAD. Вставка растрових зображень. Налаштування. Створення і редагування шаблонів креслення	Робота в DWGeditor	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	[1, с. 188-203]

**Примітка:** \* Лекційні та лабораторні заняття проводяться щотижня

**Примітка:** \*\* 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 та підсумкового контролю;
- роботі у проведенні наукових експериментів, участі у студентському науковому гуртку;
- участі у роботі факультативів, наукових і науково-практичних конференціях, олімпіадах тощо.

### **Політика дисципліни**

Організація освітнього процесу в Університеті відповідає вимогам положень про організаційне і навчально-методичне забезпечення освітнього процесу, освітній програмі та навчальному плану. Здобувач зобов'язаний відвідувати лекції і лабораторна заняття згідно з розкладом, не запізнюватися на заняття, виконувати завдання якісно і відповідно до графіка.

Термін захисту лабораторної роботи вважається своєчасним, якщо здобувач захистив її на наступному занятті після виконання роботи. Пропущене лабораторне заняття здобувач зобов'язаний опрацювати в лабораторіях кафедри у встановлений викладачем термін, але не пізніше, ніж за тиждень до кінця теоретичних занять в університеті.

Набутті особою знання з дисципліни або її окремих розділів у неформальній освіті зараховуються відповідно до Положення про порядок перезарахування результатів навчання у ХНУ (вебсайт Університету (<https://khmnu.edu.ua/>): розділ «Нормативні документи», рубрика – «Положення», сторінка – «Положення про організацію освітньої діяльності».).

Лабораторні роботи виконуються індивідуально або групами. Під час робіт над індивідуальним завданням недопустимі порушення правил академічної доброчесності. У разі наявності плагіату (спроба представити до захисту лабораторну роботу іншого варіанту) здобувач отримує незадовільну оцінку і має повторно виконати лабораторну роботу згідно з його варіантом.

Окремі результати вивчення курсу можуть бути зараховані у випадку отримання здобувачем результатів навчання у неформальній освіті, що підтверджено відповідним документом (сертифікат, свідоцтво, освітня програма

тощо). Підставою для виконання є відповідність виконаного завдання відповідної лабораторної роботи, а також можливість демонстрації результатів виконаного завдання відповідно до Положення про порядок перезарахування результатів навчання у ХНУ.

### **Критерії оцінювання результатів навчання**

Кожний вид роботи з дисципліни оцінюється за **чотирибальною** шкалою. Семестрова підсумкова оцінка визначається як середньозважена з усіх видів навчальної роботи, виконаних і зданих **позитивно** з урахуванням коефіцієнта вагомості. Вагові коефіцієнти змінюються залежно від структури дисципліни і важливості окремих видів її робіт.

Поточний контроль здійснюється під час лекційних та лабораторних занять, а також у дні проведення контрольних заходів, встановлених робочою програмою і графіком навчального процесу. Оцінка, яка виставляється за лабораторне заняття, складається з таких елементів: усне опитування здобувачів перед допуском до виконання лабораторної роботи; знання теоретичного матеріалу з теми; якість оформлення звіту; вільне володіння здобувачем спеціальною термінологією і уміння професійно обґрунтувати прийняті рішення; своєчасний захист лабораторної роботи. При цьому використовуються методи поточного контролю: усне опитування перед допуском до лабораторного заняття; захист лабораторних робіт; колоквиум (усне опитування по всьому курсу).

Засвоєння здобувачем теоретичного матеріалу з дисципліни оцінюється під час захисту лабораторних робіт, вміння обґрунтувати прийняті рішення, своєчасне виконання домашніх завдань.

При виведенні підсумкової семестрової оцінки враховуються результати як поточного контролю, так і підсумкового контрольного заходу, який проводиться тестуванням з усього матеріалу дисципліни. Студент, який набрав позитивний середньозважений бал за поточну роботу і не здав підсумковий контрольний захід (іспит), вважається нестигаючим. Засвоєння студентом теоретичного матеріалу з дисципліни оцінюється тестуванням.

### **Структурування дисципліни за видами робіт та оцінювання результатів навчання здобувачів 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

### **Оцінювання тестових завдань**

Тематичний тест для кожного студента складається з двадцяти тестових завдань, кожне з яких оцінюється одним балом. Максимальна сума балів, яку може набрати студент, складає двадцять.

Тестові завдання для кожного студента випадково генеруються із загального банку питань у середовищі для навчання Moodle. Оцінювання відповідей студента здійснюється в автоматичному режимі. Оцінювання здійснюється за чотирибальною шкалою. Сума балів пропорційна кількості правильних відповідей. На тестування відводиться 20 хв. Якщо студент отримав негативну оцінку, то він має перездати її в установленому порядку, але обов'язково до терміну наступного контролю.

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

## **Питання для підсумкового контролю з дисципліни**

### **Теоретична частина**

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.

### **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](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-kl49.pdf>

5. Метод скінчених елементів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://om.univ.kiev.ua/users\\_upload/15/upload/file/cm\\_lecture\\_04.pdf](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](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/prirodoznnavstvo/metod\\_kintsevih\\_elementiv](https://stud.com.ua/137029/prirodoznnavstvo/metod_kintsevih_elementiv)

9. Кіндибалує А. А. Чисельне дослідження динамічних систем на основі методу скінченних елементів і лінійно-алгебричних дискретних апроксимацій / А. А. Кіндибалує. – Львів: ЛНУ, 2015. – 168 с. – Режим доступу: [https://lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2015/12/v\\_kindybaliuk.pdf](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\\_f/page\\_lib.php](http://lib.khnu.km.ua/asp/php_f/page_lib.php)

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

Розробник \_\_\_\_\_ к.т.н., доц. Рудик О.Ю.

Погоджено:

Гарант ОП \_\_\_\_\_ д.т.н., проф. Диха О.В.

Зав. каф. ТАМ \_\_\_\_\_ д.т.н., проф. Диха О.В.