



ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан факультету інженерії,
транспорту та архітектури

Віктор ОЛЕКСАНДРЕНКО

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

06

2024 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«Моделювання технологічних процесів підприємств автомобільного транспорту»

Галузь знань – 27 «Транспорт»

Спеціальність – 274 «Автомобільний транспорт»

Рівень вищої освіти – Перший бакалаврський

Освітньо-професійна програма – «Автомобільний транспорт»

Обсяг дисципліни – 5 кредитів ЄКТС, Шифр дисципліни – ОПП.16

Мова навчання – українська

Статус дисципліни – обов'язкова (дисципліна професійної підготовки)

Факультет – інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра – трибології, автомобілів та матеріалознавства

Статус дисципліни	Форма навчання	Курс	Семестр	Загальний обсяг		Кількість годин						Курсовий проект	Курсова робота	Форма семестрового контролю	
				Кредити ЄКТС	Години	Аудиторні заняття				Індивідуальна робота студента	Самостійна робота, в т.ч. ІРС			залік	іспит
						Разом	Лекції	Лабораторні роботи	Практичні заняття						
ОПП	Д	4	7	5	150	68	34	34			82			+	
ОПП	З	4	7	5	150	10	6	4			140			+	

Робоча програма складена на основі освітньо-професійної програми підготовки бакалаврів «Автомобільний транспорт»

Робоча програма складена

[Signature]
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 17 червня 2024 р. № 10

Зав. кафедри трибології, автомобілів та матеріалознавства

[Signature]
Підпис

Олександр ЛИХА

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Робоча програма розглянута та схвалена вченою радою
Факультету інженерії, транспорту та архітектури

Голова вченої ради факультету

[Signature]
Підпис

Віктор ОЛЕКСАНДРЕНКО

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Хмельницький 2024

АНОТАЦІЯ ДИСЦИПЛІНИ

„Моделювання технологічних процесів підприємств автомобільного транспорту”

Назва дисципліни

Тип дисципліни	Обов'язкова
Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Мова навчання	Українська
Семестр	7
Кількість встановлених кредитів ЄКТС	5,0
Форми навчання, для яких читається дисципліна	Денна, заочна

Результати навчання.

Загальні компетентності (ЗК)

ЗК 6. Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології.

Спеціальні (фахові, предметні) компетентності (ФК)

ФК 5. Здатність складати, оформлювати й оперувати технічною документацією технологічних процесів на підприємствах автомобільного транспорту.

ФК 7. Здатність аналізувати технологічні процеси експлуатації, обслуговування й ремонту об'єктів автомобільного транспорту як об'єкта управління, застосовувати експертні оцінки для вироблення управлінських рішень щодо подальшого функціонування підприємства, забезпечувати якість його діяльності

ФК 11. Здатність застосовувати спеціалізоване програмне забезпечення для розв'язання складних спеціалізованих задач автомобільного транспорту

Програмні результати навчання (ПРН)

ПРН 3 Застосовувати спеціалізоване програмне забезпечення, інформаційні та інформаційно-комунікаційні технології для дослідження моделей об'єктів і процесів автомобільного транспорту, експлуатаційних властивостей автомобільних транспортних засобів, здійснення інженерних і техніко-економічних розрахунків, створення проектно-конструкторської документації та розв'язування інших задач автомобільного транспорту.

ПРН 4. Відшукувати необхідну інформацію в науково-технічній літературі, базах даних та інших джерелах; аналізувати та оцінювати цю інформацію.

ПРН 5. Розв'язувати задачі формування трудових ресурсів та професійного розвитку персоналу; виявляти резерви підвищення ефективності праці співробітників об'єктів автомобільного транспорту

ПРН 6. Приймати ефективні рішення, аналізувати і порівнювати альтернативні варіанти з урахуванням цілей та обмежень, питань забезпечення якості, а також технічних, економічних, законодавчих та інших аспектів.

ПРН 7. Аналізувати інформацію, отриману в результаті досліджень, узагальнювати, систематизувати й використовувати її у професійній діяльності

ПРН 11. Розробляти та впроваджувати технологічні процеси, технологічне устаткування і технологічне оснащення, засоби автоматизації та механізації у процесі експлуатації, при ремонті та обслуговуванні об'єктів автомобільного транспорту, їх систем та елементів.

ПРН 12. Розробляти, оформляти та впроваджувати у виробництво документацію щодо технологічних процесів експлуатації, ремонту та обслуговування автомобільних транспортних засобів, їх систем та інших інструктивних вказівок, правил та методик.

ПРН 13. Розробляти технічні завдання і технічні умови на проектування об'єктів автомобільного транспорту, його систем та окремих елементів; складати плани розміщення устаткування, технічного оснащення та організації робочих місць, визначати склад та площі приміщень, розраховувати завантаження устаткування та показники якості продукції

ПРН 15. Брати участь у розробці та реалізації інженерних та/або виробничих проектів у сфері автомобільного транспорту, визначати тривалість та послідовність робіт, потреби у ресурсах, прогнозувати наслідки реалізації проектів.

ПРН 17. Організовувати ефективну виробничу діяльність структурних підрозділів підприємств автомобільного транспорту, малих колективів виконавців (бригад, дільниць, пунктів), щодо експлуатації, ремонту та обслуговування об'єктів автомобільного транспорту, їх систем та елементів

ПРН 20. Збирати та аналізувати діагностичну інформацію про технічний стан автомобільних транспортних засобів

ПРН 21. Організовувати дію системи звітності та обліку (управлінського, статистичного, бухгалтерського та фінансового) роботи об'єктів та систем автомобільного транспорту

ПРН 22. Здійснювати адміністративне діловодство, документування та управління якістю згідно нормативно-правових актів, інструкцій та методик.

ПРН 23. Аналізувати техніко-експлуатаційні та техніко-економічні показники автомобільних транспортних засобів, їх систем та елементів

ПРН 24. Застосовувати математичні та статистичні методи для побудови і дослідження моделей об'єктів і процесів автомобільного транспорту, розрахунку їх характеристик, прогнозування та розв'язання інших складних задач автомобільного транспорту

ПРН 25. Презентувати результати досліджень та професійної діяльності фахівцям і нефахівцям, аргументувати свою позицію.

Зміст навчальної дисципліни. Загальні поняття та класифікація задач обчислювальної механіки. Основні поняття та концепція методу скінченних елементів. Постановка плоскої задачі теорії пружності. Скінченно-елементне формулювання плоскої задачі теорії пружності. Трикутний лінійний скінченний елемент. Чотиристоронні двовимірні елементи. Обчислення матриці градієнтів ізопараметричного елемента. Формування матриці жорсткості ізопараметричного елемента. Формування векторів вузлових сил ізопараметричного елемента. Формування та рішення глобальної системи скінченно-елементних рівнянь. Алгоритм методу скінченних елементів для тривимірної задачі теорії пружності. Сучасні програмні засоби скінченно-елементного аналізу та застосування програмних засобів на прикладах SolidWorks Simulation.

Запланована навчальна діяльність: лекції – 34 год., лабораторні заняття – 34 год., самостійна робота – 82 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 – 7 семестр.

Рекомендована література:

1. Диха О.В. Моделювання технологічних процесів підприємств автомобільного транспорту: методичні вказівки до лабораторних робіт для студентів напряму підготовки “Автомобільний транспорт” / О. В. Диха, О. Ю. Рудик. – Хмельницький: ХНУ, 2018. – 102 с.

2. Голенко К. Е. Моделювання технологічних процесів підприємств автомобільного транспорту: Методичні рекомендації до індивідуального завдання «Моделювання напружено-деформованого стану каркасних елементів» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» / К. Е. Голенко, О. Ю. Рудик. – Хмельницький: ХНУ, 2023. – 82 с.

3. Белов В.І. Конспект лекцій з дисципліни «Моделювання технологічних процесів підприємств автомобільного транспорту» / В.І. Белов. — Харків: ХНАДУ, 2017. – 65 с.

4. Карвацький А.Я. Метод скінченних елементів у задачах механіки суцільних середовищ. Лабораторний практикум з навчальної дисципліни: Навчальний посібник / А. Я. Карвацький. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 391 с.

5. 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.

6. Псьол Сергій. Застосування комп'ютерного моделювання для розрахунків автомобільного транспорту / Сергій Псьол, Олександр Диха, Олександр Рудик, Костянтин Голенко // Збірник наукових праць Національної академії Державної прикордонної служби України. Серія: педагогічні науки / гол. ред. О. В. Діденко. – Хмельницький: Видавництво НАДПСУ, 2023. № 1(32). – С. 148-170.

7. Освітньо-професійна програма «Автомобільний транспорт». Рівень вищої освіти – перший «бакалаврський». Доступ до ресурсу: <https://khmnu.edu.ua/wp-content/uploads/op/b/274-at-2022.pdf>

Навчальні ресурси:

1. Електронна бібліотека університету. Доступ до ресурсу: <http://library.khmnu.edu.ua/>

2. Модульне середовище для навчання MOODLE. Доступ до ресурсу: <https://msn.khmnu.edu.ua/course/view.php?id=7065>

3. Репозитарій ХНУ. Доступ до ресурсу: <https://elar.khmnu.edu.ua/home>

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

1. ВСТУП

Навчальна дисципліна «Моделювання технологічних процесів підприємств автомобільного транспорту» є обов'язковою складовою фахової підготовки здобувачів вищої освіти для спец. 274 «Автомобільний транспорт» (бакалавр). Студент, який успішно завершив вивчення дисципліни, повинен: вміло використовувати понятійний апарат з фаху; розуміти структуру й динаміку технологічних процесів автотранспортних підприємств; уміти використовувати чисельні методи розв'язку статичних і динамічних задач механіки твердого тіла; працювати з пакетом прикладних програм для плоского й твердотілого моделювання SolidWorks; володіти інженерними розрахунками твердотілих моделей на міцність у машинобудуванні (SolidWorks Simulation і Ansys Workbench). Основна увага приділяється теорії й практичному використанню методів скінченних елементів (МСЕ) та набуття навичок у проектуванні та розрахунках деталей і вузлів автомобільного транспорту, а також пристосувань для їх ремонту.

Пререквізити: вступ до спеціальності, інформатика; інженерна та комп'ютерна графіка; деталі машин; автомобілі; інформаційні технології на автомобільному транспорті; автомобільні двигуни.

Кореквізити: кваліфікаційна робота (дипломна робота).

Компетентності. Здатність (ЗК): діяти на основі етичних міркувань (мотивів); застосовувати знання у практичних ситуаціях; здійснювати безпечну діяльність; діяти соціально відповідально та свідомо; спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово; використовувати інформаційні та комунікаційні технології; працювати в команді, спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності); працювати автономно, до адаптації та дії в новій ситуації, виявляти ініціативу та підприємливість, працювати в міжнародному контексті; реалізувати свої права і обов'язки як члена суспільства; усвідомлювати цінності громадянського (вільного демократичного) суспільства та необхідність його сталого розвитку, верховенства права, прав і свобод людини і громадянина в Україні; зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій; використовувати різні види та форми рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя. Здатність (ФК): використовувати у професійній діяльності знання нормативно-правових, законодавчих актів України, Правил технічної експлуатації автомобільного транспорту України, інструкцій та рекомендацій з експлуатації, ремонту та обслуговування об'єктів автомобільного транспорту та їх систем; використовувати у професійній діяльності знання з основ конструкції, експлуатаційних властивостей, робочих процесів і основ розрахунку автомобільних транспортних засобів; проведення вимірального експерименту і обробки його результатів; розробляти технологічні процеси, технологічне устаткування та оснащення, засоби автоматизації та механізації у процесі експлуатації, при ремонті та обслуговуванні об'єктів автомобільного транспорту, їх систем та елементів; складати, оформлювати й оперувати технічною документацією технологічних процесів на підприємствах автомобільного транспорту; розробляти з урахуванням безпекових, економічних, екологічних та естетичних параметрів технічні завдання і технічні умови на проектування об'єктів автомобільного транспорту, його систем та окремих елементів; складати плани розміщення устаткування, технічного оснащення та організації робочих місць, розраховувати завантаження устаткування та показники якості технологічних процесів; застосовувати спеціалізоване програмне забезпечення для розв'язання складних спеціалізованих задач; аналізувати техніку – експлуатаційні показники автомобільних транспортних засобів, їх систем та елементів з метою виявлення та усунення негативних чинників та підвищення ефективності їх використання; брати активну участь у дослідженнях та експериментах, аналізувати, інтерпретувати і моделювати окремі явища і процеси у сфері автомобільного транспорту; застосовувати математичні та статистичні методи збирання, систематизації, узагальнення та обробки інформації.

Результати навчання за складовими професійної компетентності. Мати концептуальні наукові та практичні знання, необхідні для розв'язання спеціалізованих складних задач автомобільного транспорту, критично осмислювати відповідні теорії, принципи, методи і поняття; вільно спілкуватися державною та іноземною мовами усно і письмово при обговоренні професійних питань; застосовувати спеціалізоване програмне забезпечення, інформаційні та інформаційно-комунікаційні технології для дослідження моделей об'єктів і процесів автомобільного транспорту, експлуатаційних властивостей автомобільних транспортних засобів, здійснення інженерних і техніко-економічних розрахунків, створення проектно-конструкторської документації та розв'язування інших задач автомобільного транспорту; відшукувати необхідну інформацію в науково-технічній літературі, базах даних та інших джерелах; аналізувати та оцінювати цю інформацію; аналізувати інформацію, отриману в результаті досліджень, узагальнювати, систематизувати й використовувати її у професійній діяльності; розуміти і застосовувати у професійній діяльності нормативно-правові та законодавчі акти України, міжнародні нормативні документи, Правила технічної експлуатації автомобільного транспорту України, інструкції та рекомендації з експлуатації, ремонту та обслуговування автомобільних транспортних засобів, їх систем та елементів; аналізувати та оцінювати об'єкти автомобільного транспорту, їх системи та елементи; розробляти та впроваджувати технологічні процеси, технологічне устаткування і технологічне оснащення, засоби автоматизації та механізації у процесі експлуатації, при ремонті та обслуговуванні об'єктів автомобільного транспорту, їх систем та елементів; розробляти, оформляти та впроваджувати у виробництво документацію щодо технологічних процесів експлуатації, ремонту та обслуговування автомобільних транспортних засобів, їх систем та інших інструктивних вказівок, правил та методик; розробляти технічні завдання і технічні умови на проектування об'єктів автомобільного транспорту, його систем та окремих елементів; складати плани розміщення устаткування, технічного оснащення та організації робочих місць, визначати склад та площі приміщень, розраховувати завантаження устаткування та показники якості продукції; аналізувати технологі-

чні процеси експлуатації, обслуговування й ремонту об'єктів автомобільного транспорту; брати участь у розробці та реалізації інженерних та/або виробничих проєктів у сфері автомобільного транспорту, визначати тривалість та послідовність робіт, потреби у ресурсах, прогнозувати наслідки реалізації проєктів; розробляти технології виробничих процесів на усіх етапах життєвого циклу об'єктів автомобільного транспорту; застосовувати математичні та статистичні методи для побудови і дослідження моделей об'єктів і процесів автомобільного транспорту, розрахунку їх характеристик, прогнозування та розв'язання інших складних задач автомобільного транспорту; презентувати результати досліджень та професійної діяльності фахівцям і нефахівцям, аргументувати свою позицію.

Мета викладання 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 проєктування в області технологічних процесів автотранспортних підприємств (SolidWorks Simulation, Ansys Workbench).

Предмет дисципліни. Автоматизоване проєктування в області моделювання технологічних процесів підприємств автомобільного транспорту.

Завдання дисципліни. Необхідно сформулювати основні принципи та положення автоматизованого проєктування в області комп'ютерного моделювання деталей, вузлів та агрегатів транспортних засобів, а також імітації різних режимів їх натурних випробувань та умов експлуатації у середовищах SolidWorks Simulation і Ansys Workbench. Обов'язковими елементами досліджень у SolidWorks є: статичний аналіз моделі і процес створення сітки МСЕ; можливість заміни матеріалу деталі; аналіз напруженого стану моделі для економії її матеріалу; зондування напружень у критичних точках; втомна міцність у небезпечному перерізі; можлива втрата стійкості; максимальне навантаження (з допущенням лінійного статичного аналізу), яке здатна витримати змодельована деталь (без її руйнування) при заданому коефіцієнті запасу міцності; вплив кріплень на працездатність деталей, якості сітки на точність розрахунків, зміни напрямку навантаження на стійкість деталей, варіації розмірів окремих елементів деталі на коефіцієнт запасу міцності, удару на стійкість деталей колісних машин; забезпечення прохідності автомобільної техніки. Метою самостійних робіт дисципліни є здобуття практичних навичок щодо особливостей моделювання різних режимів навантажень дорожніх та спеціальних транспортних засобів, а також їх складових, з наступним аналізом напружено-деформованого стану, термічних навантажень, аеродинаміки, теплопередачі, конвекції, тертя, тощо. Студенти в результаті виконання самостійної роботи у середовищі Ansys Workbench: досліджують особливості формування крайових умов імітації натурних випробувань; набувають досвіду роботи з гібридними моделями, представленими стрижневими та оболонковими елементами, експериментують з функціоналом Ansys Workbench при їх імпорті та обробці; отримують практичні навички з формування сітки скінченних елементів, досліджуючи особливості розбиття моделі; аналізують отримані результати напружень, деформацій, переміщень, сил та моментів, енергії деформації тощо, встановлюють закономірності та залежності показників.

Зміст дисципліни. Загальні поняття та класифікація задач обчислювальної механіки. Основні поняття та концепція методу скінченних елементів. Постановка плоскої задачі теорії пружності. Скінченно-елементне формулювання плоскої задачі теорії пружності. Трикутний лінійний скінченний елемент. Чотиристоронні двовимірні елементи. Обчислення матриці градієнтів ізопараметричного елемента. Формування матриці жорсткості ізопараметричного елемента. Формування векторів вузлових сил ізопараметричного елемента. Формування та рішення глобальної системи скінченно-елементних рівнянь. Алгоритм методу скінченних елементів для тривимірної задачі теорії пружності. Сучасні програмні засоби скінченно-елементного аналізу та застосування програмних засобів на прикладах SolidWorks Simulation і Ansys Workbench.

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 методів на персональних комп'ютерах; *уміти працювати* з пакетами прикладних програм для плоского і твердотілого моделювання SolidWorks Simulation і Ansys Workbench. Впровадження інформаційних технологій у вивчення розглянутої дисципліни: *професійально орієнтує слухачів; дає ґрунтовну підготовку за фахом*, яка пов'язана із спадкоємністю у викладанні; *активізує* науково-дослідницьку діяльність, підвищуючи гарантії працевлаштування випускників.

Для досягнення поставленої мети студенту необхідно:

- прослухати обов'язковий курс лекцій з моделювання технологічних процесів підприємств автомобільного транспорту;
- опрацювати методи розрахунків деталей автомобільної техніки на лабораторних заняттях;
- виконати передбачені програмою індивідуальні завдання та самостійні роботи.

2. СТРУКТУРА ЗАЛКОВИХ КРЕДИТІВ ДИСЦИПЛІНИ

Назва розділу (теми)	Кількість годин, відведених на:					
	Денна форма			Заочна форма		
	лекції	лаб. роб.	СРС	лекції	лаб. роб.	СРС
1. ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ МОДЕЛЮВАННЯ. МОДЕЛЮВАННЯ ПОРШНЕВИХ ДВИГУНІВ	4	4	7			18
2. АЛГОРИТМИ РОЗРАХУНКУ СИСТЕМ, ВУЗЛІВ І ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛІВ. МОДЕЛЮВАННЯ ДЕТАЛЕЙ МЕХАНІЗМІВ ГАЗОРОЗПОДІЛУ	4	4	20	1	1	18
3. ЗАСТОСУВАННЯ МСЕ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ПІДПРИЄМСТВ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ. МОДЕЛЮВАННЯ ДЕТАЛЕЙ СИСТЕМ ЗМАЩУВАННЯ ТА ОХОЛОДЖЕННЯ ДВЗ, ПАЛИВНИХ СИСТЕМ	4	4	7	1	1	18
4. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ МСЕ. МОДЕЛЮВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ЗЧЕПЛЕНЬ АВТОМОБІЛІВ	4	4	7	1	1	18
5. АТРИБУТИ І КЛАСИФІКАЦІЯ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ. МОДЕЛЮВАННЯ ДЕТАЛЕЙ КОРОБОК ПЕРЕДАЧ І РОЗДАВАЛЬНИХ КОРОБОК	4	4	7			17
6. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ МОДЕЛЮВАННЯ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ	4	4	7	1		17
7. ФОРМУВАННЯ І РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ГЛОБАЛЬНОЇ СИСТЕМИ СКІНЧЕННО-ЕЛЕМЕНТНИХ РІВНЯНЬ. МОДЕЛЮВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ГОЛОВНИХ ПЕРЕДАЧ І ДИФЕРЕНЦІАЛІВ І НАПІВОСЕЙ	4	4	20	1		17
8. АЛГОРИТМ МСЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПІДПРИЄМСТВ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ. МОДЕЛЮВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ПІДВІСОК, РУЛЬОВОГО КЕРУВАННЯ, ГАЛЬМІВНИХ СИСТЕМ ТА ІНШИХ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ	6	6	7	1	1	17
Разом	34	34	82	6	4	140

3. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ІСЦІПЛІНИ

3.1. Зміст лекційного курсу

№ теми	Перелік тем лекцій, їх анотації	К-ть год.
1	ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ МОДЕЛЮВАННЯ. МОДЕЛЮВАННЯ ПОРШНЕВИХ ДВИГУНІВ Види моделей та моделювання. Функції моделей. Фактори, які впливають на модель об'єкта. Моделювання поршневих двигунів [3-5]	4
2	АЛГОРИТМИ РОЗРАХУНКУ СИСТЕМ, ВУЗЛІВ І ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛІВ. МОДЕЛЮВАННЯ ДЕТАЛЕЙ МЕХАНІЗМІВ ГАЗОРОЗПОДІЛУ Технології моделювання. Алгоритм побудови аналітичної моделі. Алгоритм побудови емпіричної моделі. Коротка характеристика основних етапів алгоритмів побудови аналітичних та емпіричних моделей. Етап виявлення суперечності й формулювання проблеми. Моделювання деталей механізмів газорозподілу [3-5]	4
3	ЗАСТОСУВАННЯ МСЕ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ПІДПРИЄМСТВ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ. МОДЕЛЮВАННЯ ДЕТАЛЕЙ СИСТЕМ ЗМАЩУВАННЯ ТА ОХОЛОДЖЕННЯ ДВЗ, ПАЛИВНИХ СИСТЕМ Визначення методу скінчених елементів. Варіанти методу скінчених елементів. Процес скінченно-елементного аналізу. Переваги і недоліки МСЕ. Моделювання деталей систем змащування та охолодження ДВЗ, паливних систем [3-5]	4
4	ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ МСЕ. МОДЕЛЮВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ЗЧЕПЛЕНЬ АВТОМОБІЛІВ Основні кроки МСЕ. Ідеалізація. Явне і неявне моделювання. Дискретизація. Джерела помилки і апроксимація. Загальна схема алгоритму МСЕ. Моделювання деталей зчеплень автомобілів [3-5]	4

5	АТРИБУТИ І КЛАСИФІКАЦІЯ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ. МОДЕЛЮВАННЯ ДЕТАЛЕЙ КОРОБОК ПЕРЕДАЧ І РОЗДАВАЛЬНИХ КОРОБОК Атрибути елемента. Класифікація скінченних елементів, використовуваних у механіці. Ансамблювання. граничні умови. Моделювання деталей коробок передач і роздавальних коробок [3-5]	4
6	ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ МОДЕЛЮВАННЯ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ Основні поняття плоскої задачі теорії пружності. Математична модель і початкові дані. Шукані функції. Вирішуючі рівняння. граничні умови. Моделювання деталей карданних передач [3-5]	4
7	ФОРМУВАННЯ І РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ГЛОБАЛЬНОЇ СИСТЕМИ СКІНЧЕННО-ЕЛЕМЕНТНИХ РІВНЯНЬ. МОДЕЛЮВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ГОЛОВНИХ ПЕРЕДАЧ І ДИФЕРЕНЦІАЛІВ І НАПІВОСЕЙ Структура глобальної матриці жорсткості. Структура глобального вектора вузлових сил. Розв'язування глобальної системи скінченно-елементних рівнянь. Метод трикутної факторизації. Обчислення напружень. Моделювання деталей головних передач і диференціалів і напівосей [3-5]	4
8	АЛГОРИТМ МСЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПІДПРИЄМСТВ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ. МОДЕЛЮВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ПІДВІСОК, РУЛЬОВОГО КЕРУВАННЯ, ГАЛЬМІВНИХ СИСТЕМ ТА ІНШИХ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ Алгоритм МСЕ для тривимірної задачі теорії пружності. Генерація скінченно-елементної сітки. Апроксимація шуканих функцій. Формування системи алгебраїчних рівнянь. Кінематичне співвідношення. Визначає співвідношення. Формування глобальної системи алгебраїчних рівнянь. Значення деформацій і напружень в довільних точках тіла. Алгоритм МСЕ для динамічного завдання. Розрахунок в'язко-пружних гармонійних коливань. Моделювання деталей підвісок, рульового керування, гальмівних систем та інших деталей автомобільної техніки [3-5]	6
Разом		34

3.2 Зміст лабораторних занять

№ теми	Тема лабораторного заняття	К-ть год.
1	Використання МСЕ для аналізу напруженого стану крюка в SolidWorks Simulation. Розрахунок в SolidWorks Simulation деталей кривошипно-шатунних механізмів [1], с. 6-13	4
2	Використання в SolidWorks Simulation аналізу моделі методом скінченних елементів для економії матеріалу деталі. Розрахунок в SW Simulation деталей механізмів газорозподілу [1], с. 14-20	4
3	Визначення максимальної сили, яку може витримати анкерна плита, з передбаченням коефіцієнта запасу міцності $k=3,0$. Розрахунок в SolidWorks Simulation деталей систем змащування та охолодження ДВЗ, паливних систем [1], с. 21-30	4
4	Аналіз в SolidWorks Simulation напруженого стану хрестовини із застосуванням вилучення обмежень. Розрахунок в SolidWorks Simulation деталей зчеплень [1], с. 31-45	4
5	Вивчення ефекту від вилучення ребра жорсткості сполучної ланки в SolidWorks Simulation. Розрахунок в SolidWorks Simulation деталей коробок передач та роздавальних коробок [1], с. 46-59	4
6	Розрахунок в SolidWorks Simulation значень фронтальних і поперечних горизонтальних сил, які приведуть до деформації. Розрахунок в SolidWorks Simulation деталей карданних передач [1], с. 60-70	4
7	Аналіз втому шасі. Розрахунок в SolidWorks Simulation деталей головних передач і диференціалів [1], с. 71-79	4
8	Перевірка на втому ходової частини автомобіля. Розрахунок в SolidWorks Simulation деталей підвісок, рульового керування, гальмівних систем та інших деталей автомобільної техніки [1], с. 80-98	6
Разом		34

3.3. Зміст індивідуальних завдань і самостійної роботи

Індивідуальні завдання №1, 2:

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 округлень, дзеркальним відображенням половини деталі, створенням площин, кресленням, копіюванням і вставкою профілів, створенням елемента по перетинах (виконання цього пункту оцінюється в 4 бали).

2). У SolidWorks Simulation (виконання цього пункту оцінюється у 5 балів):

- 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 й 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 в SW Simulation.

Самостійна робота. Моделювання напружено-деформованого стану каркасних елементів транспортних засобів у середовищі Ansys Workbench

Здобувачі в результаті проходження самостійної роботи:

- досліджують особливості формування крайових умов імітації натурних випробувань досліджуваних зразків у розрахунковому середовищі Ansys (прикладання в'язей та механічних навантажень тощо);
- набувають досвіду роботи з гібридними моделями, представленими стрижневими (beam) та оболонковими (shell) елементами, експериментують з функціоналом Ansys Workbench при їх імпорті та обробці;
- отримують практичні навички з формування сітки скінченних елементів (CE), досліджуючи особливості розбиття моделі в середовищі Ansys Workbench;
- аналізують отримані результати напружень, деформацій, переміщень, сил та моментів, енергії деформації тощо, встановлюють закономірності та залежності показників.

Для цього потрібно:

- провести розрахунок на згинання, враховуючи коефіцієнт динамічності;
- провести розрахунок на кручення з вивішуванням лівого переднього колеса, а потім правого; порівняти результати;
- оформити звіт по кожному режиму розрахунку із зазначенням найбільш навантажених елементів каркасу кузова та величиною отриманих показників;
- розрахувати жорсткість на згинання та кручення.

3.4. План-графік самостійної роботи

№ теми	Вид самостійної роботи	К-ть год.
1	Опрацювання лекційного матеріалу Захист лабораторної роботи № 1 Опрацювання теоретичного матеріалу (тема самостійної роботи № 1)	7
2	Опрацювання лекційного матеріалу Захист лабораторної роботи № 2 Виконання і захист індивідуального завдання №1	20
3	Опрацювання лекційного матеріалу Захист лабораторної роботи № 3	7
4	Опрацювання лекційного матеріалу Захист лабораторної роботи № 4	7
5	Опрацювання лекційного матеріалу Захист лабораторної роботи № 5	7
6	Опрацювання лекційного матеріалу Захист лабораторної роботи № 6 Опрацювання теоретичного матеріалу (тема самостійної роботи № 2)	7
7	Виконання і захист індивідуального завдання №2	20
8	Опрацювання лекційного матеріалу Захист лабораторної роботи № 7	7
9	Опрацювання лекційного матеріалу Захист лабораторної роботи № 8 Самостійна робота	7
Разом		82

4. МЕТОДИ НАВЧАННЯ

Програма курсу передбачає застосування активних форм проведення навчального процесу, що розвиває просторову уяву слухача, навички самостійної роботи, і вміння знаходити оптимальні розв'язки задач. В навчальному процесі застосовуються наочні засоби, макети, плакати, слайди та комп'ютерна техніка.

На всіх видах занять необхідно розвивати у студентів вміння виділяти головне, узагальнювати результати, робити висновки. Слід заохочувати творчі здібності та ініціативу, чому в значній мірі сприяє вибір оптимальних способів розв'язку задач.

5. ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

5.1. 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 вміння її розширити, тобто додати нові знання.

Визначальним критерієм позитивної оцінки знань є інформаційний рівень. Студент повинен не лише пам'ятати та відтворити заучене, а вміння 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 вміння застосовувати SolidWorks і SW Simulations за найбільш поширеними методиками, вносити свої пропозиції щодо застосування не тільки розглянутих, а й самостійно засвоєних ППП.

6. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

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.

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

Кожний вид роботи оцінюється за чотирибальною шкалою. Семестрова підсумкова оцінка визначається як середньозважена з усіх видів робіт з урахуванням вагових коефіцієнтів. Вагові коефіцієнти можуть змінюватись залежно від структури дисципліни.

Оцінку „відмінно”, за шкалою ECTS – А (див. Шкала оцінок), 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 Simulation.

Оцінка "відмінно" виставляється студенту, який глибоко засвоїв методику роботи з SolidWorks Simulation та вмів 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 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 Simulation відповідають мінімальним критеріям оцінювання.

Оцінка „незадовільно”, за шкалою ECTS – FX, виставляється, коли студент має розрізнені, безсистемні знання, не вмів 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 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.

Шкала оцінок: перехід від вітчизняної шкали оцінювання до європейської (ECTS)

Оцінка ECTS	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 «зараховано», а за шкалою ECTS – оцінка, що відповідає набраній студентом кількості балів.

6.1. Структурування дисципліни за видами робіт і оцінювання результатів навчання студентів у семестрі за ваговими коефіцієнтами

Аудиторна робота	Індивідуальні завдання та самостійна робота	Тестування	Підсумковий контроль
Захист лабораторних робіт	Представлення результатів	Проміжний та підсумковий контроль	Залік
ВК: 0,4	0,5	0,1	за рейтингом

Примітка: ВК – ваговий коефіцієнт;

7. ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

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 й неявне моделювання.
9. Основні поняття і концепція МСЕ: дискретизація.
10. Основні поняття і концепція МСЕ: джерела, помилки й 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. Диха О.В. Моделювання технологічних процесів підприємств автомобільного транспорту: методичні вказівки до лабораторних робіт для студентів напряму підготовки “Автомобільний транспорт” / О. В. Диха, О. Ю. Рудик. – Хмельницький: ХНУ, 2018. – 114 с.

2. Голенко К. Е. Моделювання технологічних процесів підприємств автомобільного транспорту: Методичні рекомендації до індивідуального завдання «Моделювання напружено-деформованого стану каркасних елементів» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» / К. Е. Голенко, – О. Ю. Рудик. – Хмельницький: ХНУ, 2023. – 82 с.

9. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

9.1. Основна

1. Диха О.В. Моделювання технологічних процесів підприємств автомобільного транспорту: методичні вказівки до лабораторних робіт для студентів напряму підготовки “Автомобільний транспорт” / О. В. Диха, О. Ю. Рудик. – Хмельницький: ХНУ, 2018. – 114 с.

2. Голенко К. Е. Моделювання технологічних процесів підприємств автомобільного транспорту: Методичні рекомендації до індивідуального завдання «Моделювання напружено-деформованого стану каркасних елементів» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» / К. Е. Голенко, О. Ю. Рудик. – Хмельницький: ХНУ, 2023. – 82 с.

3. Белов В.І. Конспект лекцій з дисципліни «Моделювання технологічних процесів підприємств автомобільного транспорту» / В.І. Белов. — Харків: ХНАДУ, 2017. – 65 с.

4. Карвацький А. Я. Метод скінченних елементів у задачах механіки суцільних середовищ. Лабораторний практикум з навчальної дисципліни: Навчальний посібник / А. Я. Карвацький. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 391 с.

5. 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.

9.2. Допоміжна

1. Псьол Сергій. Застосування комп'ютерного моделювання для розрахунків автомобільного транспорту / Сергій Псьол, Олександр Диха, Олександр Рудик, Костянтин Голенко // Збірник наукових праць Національної академії Державної прикордонної служби України. Серія: педагогічні науки / гол. ред. О. В. Діденко. – Хмельницький: Видавництво НАДПСУ, 2023. № 1(32). – С. 148-170.

2. Сорочак А.П. Програмне забезпечення інженерних розрахунків: конспект лекцій для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» всіх форм навчання / А.П. Сорочак/ – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2018. – 128 с.

3. Кравченко І.В. Інформаційні технології: Системи комп'ютерної математики [Електронний ресурс] / І.В. Кравченко, В. І. Микитенко. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 243 с.

4. Освітньо-професійна програма «Автомобільний транспорт». Рівень вищої освіти – перший «бакалаврський». Доступ до ресурсу: <https://khnmu.edu.ua/wp-content/uploads/op/b/274-at-2022.pdf>

5. Сайт компанії ANSYS, Inc. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.ansys.com/>

6. Справка по SolidWorks [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://help.solidworks.com/2024/Russian/SolidWorks/sldworks/r_welcome_sw_online_help.htm

9.3. Інформаційні ресурси

1. Електронна бібліотека університету. Доступ до ресурсу: <http://library.khnmu.edu.ua/>

2. Модульне середовище для навчання MOODLE. Доступ до ресурсу: <https://msn.khnmu.edu.ua/course/view.php?id=7065>

3. Репозитарій ХНУ. Доступ до ресурсу: <https://elar.khnmu.edu.ua/home>