

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан факультету Інженерної механіки



[Signature] Олександренко В.П.
(підпис, прізвище та ініціали)

“ 7 ” 02 2020 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

„Моделювання технологічних процесів підприємств автомобільного транспорту”
Назва

Галузь знань – 27 Транспорт
Напрямок підготовки – 274 Автомобільний транспорт
Шифр дисципліни – СВ.10
Статус дисципліни – Самостійного вибору вищого навчального закладу
Факультет – Інженерної механіки
Кафедра – Трибології, автомобілів і матеріалознавства

Форма навчання	Курс	Семестр	Загальне авантаж.		Кількість годин						Курсовий проєкт	Курсова робота	Залік	Іспит
			Європейські кредити	Год.	Аудиторні заняття				Індивідуальна робота студента	Самостійна робота студента, в т.ч. ІРС				
					Всього	Лекції	Лаб. роботи	Практ. заняття						
Д	III	5	3	90	34	17	17	-	-	56	-	-	+	-

Робоча програма складена на основі освітньо-професійної програми бакалаврів

Програма складена О.Ю.Рудик
Ініціали, прізвище викладача(ів)

Схвалено на засіданні кафедри трибології, автомобілів та матеріалознавства

Протокол № 5 від “ 5 лютого ” 2020 р.

Зав. кафедрою трибології, автомобілів та матеріалознавства О.В.Диха
Ініціали, прізвище

Робоча програма розглянута та схвалена Вченою радою факультету Інженерної механіки

Голова Вченої ради

[Signature]
Ініціали, прізвище

В.П.Олександренко
Ініціали, прізвище

Хмельницький 2020

АНОТАЦІЯ ДИСЦИПЛІНИ
„Моделювання технологічних процесів підприємств автомобільного транспорту”
Назва дисципліни

Тип дисципліни	Вибіркова
Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Мова навчання	Українська
Семестр	6
Кількість встановлених кредитів ЄКТС	3,0
Форми навчання, для яких читається дисципліна	Денна

Результати навчання

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 (напружений стан деталей та вузлів; визначення деформацій; оптимізація конструкції тощо – SolidWorks Simulation).

Програмні результати навчання

ПРН 7. Здійснювати професійну діяльність використовуючи інформаційні технології, «Інформаційні бази даних», Internet-ресурси, програмні засоби та інші інформаційно-комунікаційні технології

ПРН 17. Розробляти та впроваджувати технологічні процеси, технологічне устаткування і технологічне оснащення, засоби автоматизації та механізації при виробництві, експлуатації, ремонті та обслуговуванні дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту, їх систем та елементів

ПРН 18. Розробляти, оформляти та впроваджувати у виробництво документацію щодо визначеності технологічних процесів виробництва, експлуатації, ремонту та обслуговування дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту, їх систем та інших інструктивних вказівок, правил та методик

ПРН 19. 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 20. Аналізувати технологічні процеси виробництва й ремонту дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту як об'єкта управління

ПРН 26. Використовувати сучасні програмні засоби для розробки проектно-конструкторської та технологічної документації зі створення, експлуатації, ремонту та обслуговування дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту, їх систем та елементів

ПРН 32. Застосовувати математичні та статистичні методи при зборі, систематизації, узагальненні та обробці науково-технічної інформації

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 – 17 год., лабораторні заняття – 17 год., самостійна робота – 56 год., разом – 90 год.

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

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

Вид семестрового контролю: залік – 5 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. Белов В.І. Конспект лекцій з дисципліни «Моделювання технологічних процесів підприємств автомобільного транспорту» / В.І. Белов. — Харків: ХНАДУ, 2017. – 65 с.

3. 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.

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.

Навчальні ресурси:

1. Електронна бібліотека університету. Доступ до ресурсу: http://lib.khnu.km.ua/asp/php_f/page_lib.php

2. Модульне середовище для навчання MOODLE. Доступ до ресурсу: <https://msn.khnu.km.ua/course/view.php?id=5795>

3. Репозитарій ХНУ. Доступ до ресурсу: <http://elar.khnu.km.ua/jspui/?locale=uk>.

Викладач: канд. техн. наук, доцент Рудик О. Ю.

Вступ

Мета і завдання дисципліни

Мета дисципліни:

- дати уявлення про основи чисельних методів розв'язку статичних і динамічних задач механіки твердого тіла;
- дати уявлення 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 технологічних процесів автотранспортних підприємств (SolidWorks Simulation).

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

Завдання дисципліни. Курс направлений на розвиток у студентів навичок застосування сучасних чисельних методів розрахунку складних механічних конструкцій автомобілів. Основна увага приділяється теорії й практичному використанню методів скінченних елементів та набуття навичок у розрахунках деталей автомобільного транспорту.

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 пакетом прикладних програм для плоского і твердотільного моделювання SolidWorks.

Програмні результати навчання

ПРН 7. Здійснювати професійну діяльність використовуючи інформаційні технології, «Інформаційні бази даних», Internet-ресурси, програмні засоби та інші інформаційно-комунікаційні технології

ПРН 17. Розробляти та впроваджувати технологічні процеси, технологічне устаткування і технологічне оснащення, засоби автоматизації та механізації при виробництві, експлуатації, ремонті та обслуговуванні дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту, їх систем та елементів

ПРН 18. Розробляти, оформляти та впроваджувати у виробництво документацію щодо визначеності технологічних процесів виробництва, експлуатації, ремонту та обслуговування дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту, їх систем та інших інструктивних вказівок, правил та методик

ПРН 19. 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 20. Аналізувати технологічні процеси виробництва й ремонту дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту як об'єкта управління

ПРН 26. Використовувати сучасні програмні засоби для розробки проектно-конструкторської та технологічної документації зі створення, експлуатації, ремонту та обслуговування дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту, їх систем та елементів

ПРН 32. Застосовувати математичні та статистичні методи при зборі, систематизації, узагальненні та обробці науково-технічної інформації

Для досягнення поставленої мети студенту необхідно:

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

Структура залікових кредитів дисципліни

Назва теми	Кількість годин, відведених на:		
	лекції	лабораторні роботи	самостійну роботу
1. Загальні поняття і класифікація задач обчислювальної механіки. Основні поняття і концепція МСЕ. Термінологія	3	2	10
2. Поняття про скінченні елементи. Постановка плоскої задачі теорії пружності	3	2	10
3. Скінченно-елементне формулювання плоскої задачі теорії пружності: базові співвідношення	2	2	6
4. Трикутний лінійний скінченний елемент	2	2	6
5. Ізопараметричний підхід в МСЕ	1	1	4
6. Чотиристоронні двовимірні елементи	1	1	4
7. Обчислення матриці градієнтів ізопараметричного елемента	1	1	4
8. Формування матриці жорсткості ізопараметричного елемента	1	1	3
9. Формування векторів вузлових сил ізопараметричного елемента	1	1	3
10. Формування та рішення глобальної системи скінченно-елементних рівнянь	1	2	3
11. Алгоритм МСЕ для тривимірної задачі теорії пружності	1	2	3
Разом	17	17	56

Зміст лекційного курсу

№ теми	Перелік тем лекцій, їх анотації	К-ть год.
1	<p style="text-align: center;">ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ І КЛАСИФІКАЦІЯ ЗАДАЧ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ МЕХАНІКИ</p> <p>Обчислювальна механіка. Статика і динаміка. Лінійність і нелінійність. Методи дискретизації. Варіанти МСЕ. Процес скінченно-елементного аналізу</p> <p style="text-align: center;">ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ І КОНЦЕПЦІЯ МСЕ. ТЕРМІНОЛОГІЯ</p> <p>Основні кроки МСЕ. Ідеалізація. Явне і неявне моделювання. Дискретизація. Джерела помилки і апроксимація. Загальна схема алгоритму МСЕ</p>	3
2	<p style="text-align: center;">ПОНЯТТЯ ПРО СКІНЧЕННІ ЕЛЕМЕНТИ</p> <p>Визначення. Атрибути елемента. Класифікація скінченних елементів, використовуваних в механіці. Ансамблювання. Граничні умови</p> <p style="text-align: center;">ПОСТАНОВКА ПЛОСКОЇ ЗАДАЧІ ТЕОРІЇ ПРУЖНОСТІ</p> <p>Основні поняття. Математична модель. Початкові дані. Шукані функції. Вирішуючі рівняння. Граничні умови</p>	3
3	<p style="text-align: center;">СКІНЧЕННО-ЕЛЕМЕНТНЕ ФОРМУЛЮВАННЯ ПЛОСКОЇ ЗАДАЧІ ТЕОРІЇ ПРУЖНОСТІ: базові співвідношення</p> <p>Ослаблене формулювання задачі теорії пружності. Повна потенційна енергія тіла. Скінченно-елементна інтерполяція. Принцип мінімуму потенційної енергії. Виведення вирішуючих рівнянь</p>	2
4	<p style="text-align: center;">ТРИКУТНИЙ ЛІНІЙНИЙ СКІНЧЕННИЙ ЕЛЕМЕНТ</p> <p>Вступ. Параметричне представлення функцій. Система координат трикутного елемента. Інтерполяційні співвідношення лінійного трикутного елемента. Перетворення координат. Обчислення часткових похідних. Виведення рівнянь трикутного лінійного скінченного елемента. Інтерполяція переміщень. Кінематичні рівняння. Визначаючі співвідношення. Елементні матриці жорсткості. Елементні вектори вузлових сил</p>	2
5	<p style="text-align: center;">ІЗОПАРАМЕТРИЧНИЙ ПІДХІД В МСЕ</p> <p>Вступ. Початкові поняття. Загальне ізопараметричне формулювання пружного двовимірного елемента. Лінійний ізопараметричний трикутний елемент. Квадратичний ізопараметричний трикутний елемент. Одновимірний квадратичний ізопараметричний елемент</p>	1
6	<p style="text-align: center;">ЧОТИРИСТОРОННІ ДВОВИМІРНІ ЕЛЕМЕНТИ</p> <p>Природні координати елемента. Чотиристоронній білінійний елемент. Чотиристоронні елементи вищого порядку. Властивість повноти</p>	1
7	<p style="text-align: center;">ОБЧИСЛЕННЯ МАТРИЦІ ГРАДІЄНТІВ ІЗОПАРАМЕТРИЧНОГО ЕЛЕМЕНТУ</p> <p>Вступ. Матриця градієнтів. Матриці Якобі. Обмеження на геометрію елементів</p>	1

8	ФОРМУВАННЯ МАТРИЦІ ЖОРСТКОСТІ ІЗОПАРАМЕТРИЧНОГО ЕЛЕМЕНТУ Вступ. Структура матриці жорсткості. Матриця пружних модулів. Вираз компонент матриці жорсткості елемента. Чисельна інтеграція	1
9	ФОРМУВАННЯ ВЕКТОРІВ ВУЗЛОВИХ СИЛ ІЗОПАРАМЕТРИЧНОГО ЕЛЕМЕНТУ Вступ. Структура елементних векторів сил. Обчислення компонент елементного вектора об'ємних сил. Обчислення компонент елементного вектора поверхневих сил. Чисельне інтегрування	1
10	ФОРМУВАННЯ І РІШЕННЯ ГЛОБАЛЬНОЇ СИСТЕМИ СКІНЧЕННО-ЕЛЕМЕНТНИХ РІВНЯНЬ Вступ. Структура глобальної матриці жорсткості. Структура глобального вектора вузлових сил. Вирішення глобальної системи скінченно-елементних рівнянь. Метод трикутної факторизації Холецького. Обчислення напружень	1
11	АЛГОРИТМ МСЕ ДЛЯ ТРИВИМІРНОЇ ЗАДАЧІ ТЕОРІЇ ПРУЖНОСТІ Вступ. 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 динамічної задачі. Розрахунок в'язко-пружних гармонійних коливань	1
Разом		17

Перелік лабораторних занять

№ теми	Тема лабораторного заняття	К-ть год.
1	Використання МСЕ для аналізу напруженого стану крюка в SW Simulation. Розрахунок в SW Simulation деталей кривошипно-шатунних механізмів]	2
2	Використання в SW Simulation аналізу моделі методом скінченних елементів для економії матеріалу деталі. Розрахунок в SW Simulation деталей механізмів газорозподілу	2
3	Визначення максимальної сили, яку може витримати анкерна плита, з передбаченням коефіцієнта запасу міцності $k=3,0$. Розрахунок в SW Simulation деталей систем змащування та охолодження ДВЗ, паливних систем	2
4	Аналіз в SW Simulation напруженого стану хрестовини із застосуванням вилучення обмежень. Розрахунок в SW Simulation деталей зчеплень	2
5	Вивчення ефекту від вилучення ребра жорсткості сполучної ланки в SW Simulation. Розрахунок в SW Simulation деталей коробок передач та роздавальних коробок	2
6	Розрахунок в SW Simulation значень фронтальних і поперечних горизонтальних сил, які приведуть до деформації. Розрахунок в SW Simulation деталей карданних передач	2
7	Аналіз втому шасі. Розрахунок в SW Simulation деталей головних передач і диференціалів	2
8	Перевірка на втому ходової частини автомобіля. Розрахунок в SW Simulation деталей підвісок, рульового керування, гальмівних систем та інших деталей автомобільної техніки	3
Разом		17

Зміст самостійної (індивідуальної) роботи (теоретичний матеріал)

№ теми	Зміст теми самостійної роботи	Об'єм в год.	Неділя, на якій пров. перевірка
2	ОГЛЯД SW Simulation Огляд аналізу проектних рішень. Метод скінченних елементів. Допущення лінійного статичного аналізу. Використання SW 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 ПРИКЛАДИ ЗАСТОСУВАННЯ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ СКІНЧЕНО-ЕЛЕМЕНТНОГО АНАЛІЗУ Вступ. Дослідження напруженого стану рами причепа автомобіля	1	12
Всього		4	

План-графік самостійної роботи студентів

№ теми	Вид самостійної роботи	К-ть год.
1	Опрацювання лекційного матеріалу	2
	Захист лабораторної роботи № 1	1
	Опрацювання теоретичного матеріалу (тема самостійної роботи № 1)	2
2	Опрацювання лекційного матеріалу	2
	Захист лабораторної роботи № 2	1
3	Опрацювання лекційного матеріалу	2
	Захист лабораторної роботи № 3	1
4	Опрацювання лекційного матеріалу	2
	Захист лабораторної роботи № 4	1
	Виконання і захист Дз1	13
5	Опрацювання лекційного матеріалу	2
	Захист лабораторної роботи № 5	1
6	Опрацювання лекційного матеріалу	2
	Захист лабораторної роботи № 6	1
	Опрацювання теоретичного матеріалу (тема самостійної роботи № 2)	2
7	Опрацювання лекційного матеріалу	2
	Захист лабораторної роботи № 7	1
8	Опрацювання лекційного матеріалу	2
	Захист лабораторної роботи № 8	2
	Виконання і захист Дз2	14
Разом		56

Структура домашніх завдань (Дз1, Дз2)

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.

У **SW Simulations**:

- 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.

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.

Критерії оцінювання знань студентів з дисципліни „Моделювання технологічних процесів підприємств автомобільного транспорту”

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 несвоєчасний захист лабораторної роботи виставляється оцінка "задовільно".

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. Шкалу 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 вміє їх раціонально застосувати. Студент не повинен вагатися при видозміні запитання, повинен робити детальні та узагальнюючі висновки.

Оцінку „добре”, за шкалою ECTS – В, 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 – С, 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 вміє виділяти головне і другорядне, допускається помилок у визначенні понять, перекручує їх зміст, хаотично і непевнено 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.

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

Аудиторна робота	Самостійна робота	Тестування	Підсумковий контроль
Захист лабораторних робіт	Захист Дз1 і Дз2	Проміжний та підсумковий контроль	Залік
ВК: 0,4	0,5	0,1	за рейтингом

Примітка: ВК – ваговий коефіцієнт;

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 навичок
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 достатне 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.

Контрольні питання

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.

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.

Рекомендована література

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. – 102 с.

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

3. 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.

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.

Допоміжна

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

6. Калінін Є.І. Основи роботи в скінченно-елементному програмному комплексі ANSYS. Конспект лекцій. Частина 2 / Є.І. Калінін. – Харків: Видавництво ХНАДУ, 2013. — 135 с.

7. Волков В.П. Проектування підприємств автомобільного транспорту: Підручник / В.П. Волков, І.А. Мармут, С.І. Кривошапов, В.І. Белов. Під загальною редакцією В.П. Волкова // Харків: ХНАДУ, 2013. – 288 с.

8. Коробкін В.Ф. Технічна експлуатація автомобілів. Курс лекцій / В.Ф. Коробкін. — Краматорськ: Донбаська нац. академія будівництва і архітектури, 2010. — 411 с.

9. Волков В.П. Технологічне обладнання для підприємств автомобільного транспорту: Підручник / В.П. Волков, В.М. Міщенко, О.П. Кравченко, І.К. Шаша, І.А. Мармут, А.В. Міщенко, М.В. Байцур, І.Ю. Сараєва. Під загальною редакцією В.П. Волкова. – Харків: ХНАДУ, 2010. – 556 с.

Інформаційні ресурси

1. Електронна бібліотека університету. Доступ до ресурсу: http://lib.khnu.km.ua/asp/php_f/plage_lib.php
2. Модульне середовище для навчання MOODLE. Доступ до ресурсу: <https://msn.khnu.km.ua/course/view.php?id=5795>
3. Репозитарій ХНУ. Доступ до ресурсу: <http://elar.khnu.km.ua/jspui/?locale=uk>