



ІНЖЕНЕРНО-НАУКОВІ ОБЧИСЛЮВАЛЬНІ КОМПЛЕКСИ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>131 Прикладна механіка</i>
Освітня програма	<i>Технології та інжиніринг у зварюванні</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1-й курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>120 годин / 4 кредити (лекції – 36 год.; комп'ютерний практикум – 36 год.; самостійна робота – 48 год.)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік</i>
Розклад занять	<i>https://kpi.ua/#rozkladModal</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н., доцент, Коваль Віктор Вікторович, mdpm@ukr.net Комп'ютерний практикум: к.т.н., доцент, Коваль Віктор Вікторович, mdpm@ukr.net.</i>
Розміщення курсу	

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

В теперішній час широке коло машинобудівних конструкцій можна класифікувати, як складні системи, проектування яких вимагає від спеціалістів максимально повного врахування специфіки роботи конструкції в нормальних та екстремальних режимах. Знаходження режимів ефективної роботи конструкцій, одним з основних елементів яких слугують зварні з'єднання, неможливо без аналізу пружно-деформованого стану під дією механічних та термічних навантажень. Складна форма виробу та стан навантаження не завжди дають можливість аналітично визначити максимальні напруження в реальних конструктивних елементах машин. Для розв'язання подібних задач використовують програмні комплекси, базою для яких слугує метод скінчених елементів.

Основні задачі курсу “Інженерно-наукові обчислювальні комплекси” - оволодіти базовими теоретичними знаннями з теорії термопружності, теорії термопластичності, чисельних методів механіки для подальшого вивчення загальних принципів та здобуття практичних навичок проведення розрахунків конструктивних елементів машин та зварних з'єднань на міцність за допомогою сучасних систем інженерного комп'ютерного проектування (CAE - Computer Aided Engineering систем) з урахуванням реальних умов навантаження під час роботи конструкції та відповідних граничних умов.

Курс “Інженерно-наукові обчислювальні комплекси” складається із лекційних занять та занять з комп'ютерного практикуму, що дозволяє студентам оволодіти практичними навичками

користування сучасними системами інженерного комп'ютерного проектування (CAE систем) та вирішення актуальних практичних задач в галузі розрахунків на міцність та надійність.

Заключним етапом вивчення даного курсу являється складання заліку.

Метою навчальної дисципліни, є надбання знань і умінь, які дозволяють вирішувати такі типові задачі діяльності і проблеми:

- Розв'язання задачі теорії термопружності за допомогою сучасних програмних комплексів (CAE систем),
- Розв'язання задачі теорії термопластичності за допомогою сучасних програмних комплексів (CAE систем),
- Постановка задачі в вісесиметричній, одновимірній, двовимірній, трьохвимірній формі,
- Отримання результатів та розробка технічного висновку,
- Створення геометричної моделі конструктивного елемента,
- Розбиття геометричної моделі на сітку скінчених елементів,
- Прикладання навантаження та граничних умов,
- Врахування різних властивостей конструктивних матеріалів при скінченно-елементних розрахунках (ізотропії, характеристик пластичності, теплопровідності тощо),
- Отримання результатів розрахунку, оцінка їх адекватності.

Знання

1. Історії розвитку та класифікації інженерних комп'ютерних систем.
2. Бібліографії основної технічної літератури з дисципліни (підручники, монографії, часописи та ін.).
3. Основні тенденції розвитку та можливості сучасних CAE систем.
4. Основи чисельних методів, які застосовуються при розрахунках на міцність.
5. Основи теорії пружності.
6. Основи теорії пластичності.

Уміння

1. Розробка, згідно технічного завдання, геометричної моделі конструктивного елемента.
2. Розбивка моделі на скінченні елементи, вибір типу елементів та алгоритму розбиття для отримання найбільш точного рішення.
3. Прикладання граничних умов, зовнішніх навантажень, механічних властивостей матеріалу.
4. Виявлення помилок в розрахунковій моделі, запуск розрахункової моделі на обчислення.
5. Генерація бази даних результатів. Адекватна інтерпретація отриманих даних.
6. Складання технічного висновку, згідно отриманих результатів
7. Розв'язувати задачу теорії термопружності, теорії термопластичності.
8. Використовувати в роботі електронні посібники, вітчизняну та іноземну технічну літературу, рекламні буклети, проспекти, каталоги фірм та ін.

Навички

1. Робота з науково-технічною, нормативною, довідковою літературою, бібліографічними джерелами, галузевими стандартами за тематикою дисципліни.
2. Виконання розрахунків на міцність і надійність за допомогою сучасних систем інженерного комп'ютерного проектування (CAE систем)
3. Самостійне розуміння та осмислювання технічного завдання, побудова розрахункової моделі конструктивного елемента, запуск розрахунку, отримання результатів та створення рекомендацій щодо подальшого застосування даного конструктивного елемента.

Компетентності

1. Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми.
2. Здатність критичного аналізу та прогнозування параметрів працездатності нових та існуючих механічних конструкцій, машин, матеріалів і виробничих процесів

машинобудування на основі знання та використання сучасних аналітичних та/або комп'ютеризованих методів і методик.

3. Застосування відповідних методів і ресурсів сучасної інженерії на основі інформаційних технологій для вирішення широкого кола інженерних задач із застосуванням новітніх підходів, методів прогнозування з усвідомленням інваріантності розв'язків.
4. Здатність критичного осмислення проблем у навчанні, професійній і дослідницькій діяльності на рівні новітніх досягнень інженерних наук та на межі предметних галузей.
5. Здатність застосовувати відповідні математичні, наукові і технічні методи, інформаційні технології та прикладне комп'ютерне програмне забезпечення для вирішення інженерних і наукових завдань з прикладної механіки.
6. Здатність описати, класифікувати та змодельовати широке коло технічних об'єктів та процесів, що ґрунтується на глибокому знанні та розумінні механічних теорій та практик, а також базових знаннях суміжних наук.

Програмні результати навчання

1. Знання основних принципів і методик розрахунку на міцність, оцінювання надійності зварних конструкцій в процесі статичного та динамічного навантаження
2. Знання з використання сучасних методів пошуку оптимальних параметрів технічних систем засобами системного аналізу, математичного, імітаційного та комп'ютерного моделювання, зокрема і за умов неповної та суперечливої інформації.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни

Курс “Інженерно-наукові обчислювальні комплекси.” базується на знаннях одержаних при вивченні таких курсів, як: “Вища математика”, “Загальна фізика”, “Теоретична механіка”, “Механіка матеріалів і конструкцій”.

Знання, здобуті студентами при вивченні цієї дисципліни, використовуються в подальшому при виконанні магістерської дисертації.

3. Зміст навчальної дисципліни

Тема 1. Місце обчислювальних систем в сучасній системі виробництва, основні виробники програмного забезпечення. Основні можливості сучасної CAE системи, структура CAE системи, поняття про розрахункову модель

Тема 2. Основні етапи вирішення інженерної (наукової) задачі за допомогою сучасних систем інженерного комп'ютерного проектування.

Тема 3. Основні наближені методи вирішення задач механіки: класифікація, порівняльний аналіз. Основні положення методу скінчених елементів. Поняття про вузлові ступені вільності.

Тема 4. Неявний метод скінчено-елементного аналізу.

Тема 5. Явний метод скінчено-елементного аналізу.

Тема 6. Поняття про функцію форми елемента.

Тема 7. Визначення функцій форми для одновимірного, двовимірного, тривимірного випадків. Класифікація скінчених елементів. Умовні позначення типів скінчених елементів в системі Abaqus. Особливості застосування різних типів скінчених елементів.

Тема 8. Створення скінчено-елементних сіток, основні алгоритми. Аналіз якості скінчено-елементної сітки. Вплив густини сітки на точність розв'язку.

Тема 9. Поняття про нелінійні системи. Метод Ньютона-Рафсона. Структура розрахункового кроку.

Тема 10. Основи теорії пружності. Теорія напруженого стану в точці навантаженого тіла. Вектор та тензор напружень.

Тема 11. Головні напруження. Шаровий тензор та девіатор напружень. Інтенсивність напружень.

- Тема 12.** Диференціальні рівняння рівноваги в точці навантаженого тіла. Закон парності дотичних напружень. Максимальні дотичні напруження.
- Тема 13.** Деформований стану в точці навантаженого тіла. Тензор деформацій. Головні деформації. Інтенсивність деформацій.
- Тема 14.** Компоненти вектора переміщення та їх взаємозв'язок з компонентами тензора деформацій. Диференціальні залежності між компонентами тензора деформацій.
- Тема 15.** Загальна теорія взаємозв'язку між компонентами тензора напружень і компонентами тензора деформацій у точці навантаженого тіла. Узагальнений закон Гука для випадку лінійно-пружного тіла. Зв'язок між пружними сталими.
- Тема 16.** Основні теорії міцності. Особливості їх застосування.
- Тема 17.** Основні гіпотези теорії пластичності. Основні критерії виникнення пластичних деформацій у точці навантаженого тіла.
- Тема 18.** Умова пластичності Треска-Сен-Венана. Умова пластичності за Хубертом-Мізесом-Генкі.
- Тема 19.** Зміцнення матеріалів. Постулат Друкера. Асоційований закон пластичної течії. Теорія малих пружно-пластичних деформацій.
- Тема 20.** Теорія пластичності ізотропного матеріалу з анізотропним зміцненням.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Яхно Б.О. Abaqus у задачах механіки. Навч. посіб./ Національний технічний ун-т України "Київський політехнічний ін-т". — К. : НТУУ "КПІ", 2011. — 128с.
2. Зенкевич. О. Метод конечных элементов в технике. - М.: Мир., 1975. - 542с.
3. Бабенко А.Є., Бобир М.І., Бойко С.Л., Боронко О.О. Теорія пружності. Частина 1: Підруч. – К.:Основа, 2009. – 244 с.
4. Лурье А.И. Теория упругости. – М.Наука. 1970.-939с.
5. Можаровський М.С. Теорія пружності, пластичності і повзучості. - К.: Вища шк., 2002. - 308 с.
6. Малинин Н.Н, Прикладная теория пластичности и ползучести. – М.: Машиностроение, 1975. – 400 с.
7. Getting Started with ABAQUS. Interactive edition (<http://130.149.89.49:2080/v6.14/books/gsa/default.htm>)
8. Abaqus User Manual

Додаткова література

1. Галлагер Р. Метод конечных элементов. Основы. - М. Мир., 1984. - 428с.
2. Сабоннадьер Ж.К., Кулон Ж.Л. Метод конечных элементов и САПР. - М.:Мир., 1983. - 190с.
3. Рудаков К.М. Чисельні методи аналізу в динаміці та міцності конструкцій: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навч. на напрямом "Інженерна механіка" / Національний технічний ун-т України "Київський політехнічний ін-т". — К. : НТУУ "КПІ", 2007. — 379с.
4. Фокин В.Г. Метод конечных элементов в механике деформируемого твердого тела. – Самара: Самар. гос.техн. ун-т, 2010. – 131 с.
5. Ли К. Основы САПР (CAD/CAM/CAE). - СПб.: Питер, 2004. - 560 с.
6. <http://www.thesis.com.ru/software/abaqus/>
7. <http://www.fea.ru>

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

- Лекція 1.** Місце обчислювальних систем в сучасній системі виробництва. Поняття та види САПР. Основні підходи та функції САПР. Загальна структура САЕ Abaqus.
- Лекція 2.** Основні етапи вирішення інженерної (наукової) задачі за допомогою сучасних систем інженерного комп'ютерного проектування. Основні наближені методи вирішення задач механіки: метод скінченних різниць, Застосування методу скінченних різниць на прикладі розрахунку балки.
- Лекція 3.** Основні наближені методи вирішення задач механіки: метод граничних елементів, метод скінченних елементів. Порівняльний аналіз основних наближених методів вирішення задач механіки. Поняття про вузлові ступені вільності.
- Лекція 4.** Неявний метод скінчено-елементного аналізу. Застосування неявного методу на прикладі розрахунку консольного стрижня. Матриця жорсткості.
- Лекція 5.** Явний метод скінчено-елементного аналізу. Застосування явного методу на прикладі розрахунку консольного стрижня. Рівняння динамічної рівноваги.
- Лекція 6.** Аналіз відмінностей застосування явного та неявного методів скінченно-елементного аналізу. Функція форми скінченного елемента. Види та порядок інтегрування.
- Лекція 7.** Особливості використання Full та Reduced integration елементів. Основні типи елементів в САЕ Abaqus. Побудова сітки скінченних елементів. Рекомендації та основні методи її генерації
- Лекція 8.** Граничні умови. Контакт елементів. Основні поняття про нелінійність. Структура розрахункового кроку.
- Лекція 9.** Метод Ньютона-Рафсона: реалізація та особливості. Основи теорії пружності: основні гіпотези та припущення.
- Лекція 10.** Основи теорії пружності: напружений стан, вектор напружень, тензор напружень.
- Лекція 11.** Основи теорії пружності: головні площадки та головні напруження. Орієнтація головних площадок. Інтенсивність напружень.
- Лекція 12.** Основи теорії пружності: шаровий тензор та девіатор напружень. Рівняння рівноваги. Закон парності дотичних напружень.
- Лекція 13.** Основи теорії пружності: теорія деформованого стану в точці навантаженого тіла. Компоненти тензора деформацій. Тензор деформацій, головні деформації, інтенсивність деформацій. Геометричні рівняння теорії пружності.
- Лекція 14.** Основи теорії пружності: рівняння сумісності деформацій. Закон Гука. Зв'язок між пружними сталими. Основна система рівнянь теорії пружності. Основні теорії міцності. Особливості їх застосування.
- Лекція 15.** Основи теорії пластичності: основні гіпотези, поняття про гіперповерхню пластичності. Умова пластичності Треска-Сен-Венана. Умова пластичності за Хубертом-Мізесом-Генкі. Постулат Друкера.
- Лекція 16.** Основи теорії пластичності: асоційований закон пластичної течії, теорія пластичної течії.
- Лекція 17.** Основи теорії пластичності: теорія малих пружно-пластичних деформацій.
- Лекція 18.** Основи теорії пластичності: теорія пластичності ізотропного матеріалу з анізотропним зміцненням

Лабораторні заняття (Комп'ютерний практикум)

- Комп'ютерний практикум №1.** Ознайомлення з інтерфейсом та можливостями САЕ Abaqus
- Комп'ютерний практикум №2.** Основи геометричного моделювання. Освоєння операцій створення базових геометричних елементів. Встановлення розмірів, прив'язок. Побудова деталі «прокладка»
- Комп'ютерний практикум №3.** Розрахунок стрижневих конструкцій з урахуванням різних типів граничних умов за умов пружного деформування. Основи роботи з пост процесором. Обробка результатів обчислень.
- Комп'ютерний практикум №4.** Розрахунок тривимірної зварної ферми за умов пружної постановки задачі.
- Комп'ютерний практикум №5.** Розрахунок шатуна кривошипного преса як приклад двовимірної задачі.
- Комп'ютерний практикум №6.** Підсумкова самостійна робота за матеріалами комп'ютерних практикумів №1-№5. Розрахунок на міцність простих балочних систем та 2D деталей.
- Комп'ютерний практикум №7.** Дослідження напружень і деформацій, які виникають в результаті пресової посадки між бронзовою втулкою та сталеву деталлю
- Комп'ютерний практикум №8.** Основи 3D моделювання. Операції витягування, обертання, протягування. Побудова простих комбінованих геометричних об'єктів.
- Комп'ютерний практикум №9.** Розрахунок на міцність згину труби.
- Комп'ютерний практикум № 10.** Розрахунок на міцність зварного з'єднання з урахуванням непровару між листами з'єднання.
- Комп'ютерний практикум № 11.** Визначення розподілу напружень та деформацій у ремонтному зварному з'єднанні
- Комп'ютерний практикум № 12.** Підсумкова самостійна робота за матеріалами комп'ютерних практикумів №7-№11. Розрахунок на міцність різних комбінацій зварних з'єднань в 3D та 2D постановці.
- Комп'ютерний практикум № 13.** Розрахунок на міцність зварних елементів трубопроводів.
- Комп'ютерний практикум № 14.** Розрахунок точкового зварювання.
- Комп'ютерний практикум № 15.** Моделювання зон деградації механічних властивостей матеріалу в зоні зварного шва.
- Комп'ютерний практикум № 16.** Моделювання росту тріщини у зварному з'єднанні
- Комп'ютерний практикум № 17.** Розрахунок зварного з'єднання з напівеліптичною тріщиною.
- Комп'ютерний практикум № 18.** Залікове заняття.

6. Самостійна робота студента

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1	Основи геометричного моделювання. Побудова деталі «прокладка» <i>Передбачається самостійна робота студента згідно завдання викладача для закріплення матеріалу комп'ютерного практикуму</i>	4
2	Розрахунок стрижневих конструкцій на прикладі 3D моделі ферми. <i>Передбачається самостійна робота студента згідно завдання викладача для закріплення матеріалу комп'ютерного практикуму</i>	2
3	Оптимізація стрижневих конструкцій. <i>Передбачається самостійна робота студента згідно завдання викладача для закріплення матеріалу комп'ютерного практикуму</i>	2

4	<p>Розрахунок на міцність 2D деталі за різних граничних умов.</p> <p><i>Передбачається самостійна робота студента згідно завдання викладача для закріплення матеріалу комп'ютерного практикуму</i></p>	4
5	<p>Побудова 3D моделі згідно ескізного креслення</p> <p><i>Передбачається самостійна робота студента згідно завдання викладача для закріплення матеріалу комп'ютерного практикуму</i></p>	2
6	<p>Розрахунок елемента конструкції на міцність 3D модель якого побудована з використанням операції sweep</p> <p><i>Передбачається самостійна робота студента згідно завдання викладача для закріплення матеріалу комп'ютерного практикуму</i></p>	2
7	<p>Розрахунок на міцність елемента конструкції за умов зміни температури зовнішнього середовища</p> <p><i>Передбачається самостійна робота студента згідно завдання викладача для закріплення матеріалу комп'ютерного практикуму</i></p>	2
8	<p>Розрахунок на міцність складного 2D елемента конструкції, що містить декілька зварних швів з урахуванням пластичних деформацій.</p> <p><i>Передбачається самостійна робота студента згідно завдання викладача для закріплення матеріалу комп'ютерного практикуму</i></p>	4
9	<p>Моделювання росту тріщини в елементі конструкції</p> <p><i>Передбачається самостійна робота студента згідно завдання викладача для закріплення матеріалу комп'ютерного практикуму</i></p>	2
10	<p>Поняття про функцію форми елемента</p> <p><i>Передбачається поглиблене вивчення теоретичного матеріалу в рамках вказаної теми.</i></p>	2
11	<p>Основні наближені методи вирішення задач механіки.</p> <p><i>Передбачається поглиблене вивчення теоретичного матеріалу в рамках вказаної теми.</i></p>	6
12	<p>Основи теорії пружності. Теорія напруженого стану в точці навантаженого тіла. Максимальні нормальні та дотичні напруження.</p> <p><i>Передбачається поглиблене вивчення теоретичного матеріалу в рамках вказаної теми.</i></p>	4
13	<p>Узагальнений закон Гука для випадку лінійно-пружного тіла. Зв'язок між пружними сталими.</p> <p><i>Передбачається поглиблене вивчення теоретичного матеріалу в рамках вказаної теми.</i></p>	4
14	<p>Основні гіпотези теорії пластичності. Основні критерії виникнення пластичних деформацій у точці навантаженого тіла.</p> <p><i>Передбачається поглиблене вивчення теоретичного матеріалу в рамках вказаної теми.</i></p>	4
15	<p>Асоційований закон пластичної течії. Теорія малих пружно-пластичних деформацій.</p> <p><i>Передбачається поглиблене вивчення теоретичного матеріалу в рамках вказаної теми.</i></p>	4

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Правила відвідування занять

Відвідування всіх видів навчальних занять з дисципліни є для студентів обов'язковим. Контроль присутності студентів на заняттях здійснюється викладачем на початку заняття .

Відсутність студента на заняттях може бути тільки в разі поважної причини (хвороба, підтверджена медичною довідкою, або офіційний дозвіл від деканату). Матеріали пропущених занять мають бути відпрацьованим самостійно. Відпрацювання робіт з комп'ютерного практикуму, або їх перездача у разі одержання незадовільної оцінки, здійснюється за індивідуальним графіком, погодженим з викладачем.

Правила поведінки на заняттях

Студенти на заняття мають з'являтися своєчасно, без запізень.

На лекційних заняттях студенти повинні мати конспекти. Під час проведення лекційних занять та на заняттях з комп'ютерного практикуму не допускаються сторонні розмови, користування комп'ютерами, смартфонами, мобільними телефонами без дозволу викладача.

Правила оцінювання лабораторних робіт

Оцінювання роботи виконаної під час комп'ютерного практикуму відбувається згідно наведених нижче у п.8 критеріїв.

Правила призначення заохочувальних та штрафних балів

Ці правила відображені в рейтинговій системі оцінювання (див. п. 8)

Політика дедлайнів та перескладань

Завдання, запропоновані студентам для виконання на комп'ютерному практикумі, мають бути виконані протягом практичного заняття та оцінюються наприкінці нього викладачем. Оцінювання ступені та якості виконання завдання відбувається відповідно до вимог п.8. Робота, виконана після завершення практичного заняття не оцінюється. Винятком є наявність поважної причини щодо відсутності студента на занятті. В такому разі відпрацювання заняття відбувається за індивідуальним графіком, погодженим з викладачем.

Політика щодо академічної доброчесності

В процесі вивчення дисципліни студенти виконують завдання з комп'ютерного практикуму та підсумкові самостійні роботи. При цьому студенти і викладачі на взаємній основі керуються принципами академічної доброчесності стосовно неприпустимості плагіату, фальсифікації результатів роботи, корупційних проявів тощо. У разі виявлення плагіату або фальсифікації результатів роботи під час виконання студентом завдань бали за це завдання автоматично анулюються.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Протягом семестру виконуються такі види контролю успішності студентів у вивченні дисципліни:

- **Поточний контроль.** Включає оцінювання виконання завдань з комп'ютерного практикуму та підсумкових самостійних робіт
- **Календарний контроль.** Проводиться двічі на семестр, як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.
- **Семестровий контроль.** Залік.

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримує за:

- 1) виконання завдань з комп'ютерного практикуму;
- 2) написання підсумкових самостійних робіт;
- 3) штрафних та заохочувальних балів.

8.1. Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

8.1.1. Робота на заняттях з комп'ютерного практикуму

Бали нараховуються за виконання завдань на заняттях з комп'ютерного практикуму № 2-5, №7-12, та № 14-17. Ваговий бал для кожного завдання становить 100/14. Завдання складається з основної (викладеної у протоколі) та додаткової (творчої, запропонованої викладачем) частини.

Критерії оцінювання якості виконання завдання:

<i>Критерій</i>	<i>Основна частина, бали</i>	<i>Творча частина, бали</i>
завдання виконано повністю вірно	0,85*100/14	0,15*100/14
завдання виконано з незначними неточностями (розрахунковий файл запускається але: сітка елементів не оптимізована, незначні помилки у значенні навантаження або у величині механічних характеристик, геометрія конструкції має незначні похибки, тощо)	0,9*0,85*100/14	0,9*0,15*100/14
завдання виконано зі значними помилками (розрахунковий файл не запускається на розрахунок, невірно визначений або заданий тип навантаження, помилка у визначенні перерізу або моделі матеріалу, тощо)	0,8*0,85*100/14	0,8*0,15*100/14
завдання не виконано, але наявна геометрична модель та вірно введені параметри моделі матеріалу	0,6*0,85*100/14	0,6*0,15*100/14
завдання не виконано	0	0

8.1.2. Підсумкові самостійні роботи

За результатами виконання підсумкових самостійних робіт визначаються відповідні коефіцієнти K_{CP} , що впливають на загальну кількість набраних студентом балів.

Критерії оцінювання виконання підсумкової самостійної роботи №1:

За результатами виконання двох завдань підсумкової самостійної роботи № 1 визначаються коефіцієнти K_{CP1} та K_{CP2} . При цьому критерії оцінювання кожного завдання цієї роботи однакові та представлені нижче:

- завдання виконано повністю вірно – $K_{CP1}=1$, $K_{CP2}=1$

- завдання виконано з незначними неточностями (файл моделі запускається на розрахунок, але наявна одна помилка, наприклад: помилка при введенні розмірів конструкції чи матеріалу або невірно введені параметри перерізу, або невірно вказана орієнтація перерізу, або невірно задані граничні умови, тощо) – $K_{CP1}=0,90$, $K_{CP2}=0,90$

- завдання виконано зі значними помилками (файл моделі запускається на розрахунок, але сумарно наявна будь-яка комбінація з двох типових помилок, наприклад: помилка при введенні розмірів конструкції чи матеріалу або невірно введені параметри перерізу або невірно вказана орієнтація перерізу, або невірно задані граничні умови тощо) – $K_{CP1}=0,80$, $K_{CP2}=0,80$

- завдання виконано зі значними помилками (файл моделі не запускається на розрахунок або сумарно наявна будь-яка комбінація з трьох типових помилок, наприклад: помилка при введенні

розмірів конструкції чи матеріалу або невірно введені параметри перерізу або невірно вказана орієнтація перерізу, або невірно задані граничні умови тощо) – $K_{cp1}=0,70$, $K_{cp2}=0,70$

- завдання виконано зі суттєвими помилками: розрахунковий файл не сформований проте наявні основні елементи геометричної моделі та пройдені основні модулі формування розрахункової моделі, але вони містять неповну чи невірну інформацію – $K_{cp1}=0,00-0,60$, $K_{cp2}=0,00-0,60$ (в залежності від фактичного обсягу виконаного завдання)

- завдання не виконано – $K_{cp1}=0$, $K_{cp2}=0$

Критерії оцінювання виконання підсумкової самостійної роботи №2:

За результатами виконання двох завдань підсумкової самостійної роботи № 2 визначаються коефіцієнти K_{cp3} та K_{cp4} . При цьому критерії оцінювання кожного завдання цієї роботи однакові та представлені нижче:

- завдання виконано повністю вірно – $K_{cp3}=1$, $K_{cp4}=1$

- завдання виконано з незначними неточностями (файл моделі запускається на розрахунок, але наявна одна помилка, наприклад: помилка при введенні розмірів конструкції або невірно введені параметри матеріалу, або невірно побудована геометрична модель з точки зору її компоновки, або невірно задані граничні умови, тощо) – $K_{cp3}=0,90$, $K_{cp4}=0,90$

- завдання виконано зі значними помилками (файл моделі запускається на розрахунок, але сумарно наявна будь-яка комбінація з двох типових помилок, наприклад: помилка при введенні розмірів конструкції або невірно введені параметри матеріалу, або невірно побудована геометрична модель з точки зору її компоновки, або невірно задані граничні умови, тощо) – $K_{cp3}=0,80$, $K_{cp4}=0,80$

- завдання виконано зі значними помилками (файл моделі не запускається на розрахунок або сумарно наявна будь-яка комбінація з трьох типових помилок, наприклад: помилка при введенні розмірів конструкції або невірно введені параметри матеріалу, або невірно побудована геометрична модель з точки зору її компоновки, або невірно задані граничні умови, тощо) – $K_{cp3}=0,70$, $K_{cp4}=0,70$

- завдання виконано зі суттєвими помилками: розрахунковий файл не сформований проте наявні основні елементи геометричної моделі та пройдені основні модулі формування розрахункової моделі, але вони містять неповну чи невірну інформацію – $K_{cp3}=0,00-0,60$, $K_{cp4}=0,00-0,60$ (в залежності від фактичного обсягу виконаного завдання)

- завдання не виконано – $K_{cp3}=0$, $K_{cp4}=0$

8.1.3. Заохочувальні бали нараховуються за:

Участь в розробці нових завдань з комп'ютерного практикуму, допомозі у підготовці наочного лекційного матеріалу, допомозі у створенні електронного методичного матеріалу (за умови виконання навчальної програми з дисципліни) - від +1 до +10 балів.

8.2. Розрахунок шкали (R) рейтингу

Сума набраних рейтингових балів може бути розрахована як:

$$R = \sum КП_{2-5} \times \left(\frac{K_{cp1} + K_{cp2}}{2} \right) + \sum КП_{7-11} \times \left(\frac{K_{cp3} + K_{cp4}}{2} \right) + ЗБ$$

де $\sum КП_{2-5}$ – сума балів, набраних за завдання з комп'ютерних практикумів № 2-5;

$\sum КП_{7-11}$ – сума балів, набраних за завдання з комп'ютерних практикумів № 7-11;

$K_{ср1}$, $K_{ср2}$, $K_{ср3}$ та $K_{ср4}$ – коефіцієнти за виконання завдань на підсумкових самостійних роботах;

ЗБ – сума заохочувальних балів.

8.3. Атестації

Умовою позитивної першої атестації є отримання не менше 50% з усіх можливих балів за виконані завдання з початку навчального семестру і до моменту проведення атестації. Умовою позитивної другої атестації є отримання не менше 50% з усіх можливих балів за виконані завдання за інтервал від першої атестації і до моменту проведення другої атестації.

8.4. Критерії оцінювання:

Набрані протягом навчального семестру бали переводяться до залікової оцінки згідно таблиці:

Бали	Оцінка
100...95	Відмінно
94...85	Дуже добре
84...75	Добре
74...65	Задовільно
64...60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно (виконується залікова робота за умови допуску до заліку)
Кількість виконаних на позитивну оцінку завдань з комп'ютерного практикуму становить менше 8	Не допущено

У разі, якщо кількість набраних балів складає менше 60 або студент бажає отримати вищу оцінку за отриману залікову оцінку «Достатньо» або «Задовільно» – виконується залікова робота. При цьому всі набрані бали протягом семестру анулюються і кількість рейтингових балів стає рівною 0. Залікова робота складається з двох теоретичних питань та двох практичних завдань.

Кожне теоретичне питання максимально оцінюється в 20 балів за наступними критеріями:

- повна відповідь на запитання – 20 балів;
- відповідь, що містить незначні неточності – 15-19 балів;
- неповна відповідь – 12-14 балів;
- відповідь відсутня, містить значні неточності – 0-12 балів.

Кожне практичне завдання оцінюється максимально в 30 балів з урахуванням співбесіди з викладачем за наступними критеріями:

- повністю правильно виконане завдання – 30 балів;
- завдання виконане з незначними помилками, розрахунковий файл запускається на розрахунок (невірна розмірність, незначні помилки в геометрії або при визначенні граничних умов, неоптимізована сітка скінченних елементів, тощо) – 23-29 бали;
- завдання виконане зі значними помилками (розрахунковий файл не запускається на розрахунок, невірно визначений клас задачі, значні помилки при побудові геометричної моделі, визначенні граничних умов, тощо) – 18-23 бали;

- завдання не виконане або містить лише кілька відпрацьованих модулів з усієї процедури створення розрахункової моделі – 0-18 балів.

У разі, якщо студент бажає отримати вищу оцінку за отриману залікову оцінку «Добре» або «Дуже добре» – проводиться залікова співбесіда з викладачем за матеріалами пройденого курсу, що складається з 5 додаткових базових питань або базових завдань. За результатами співбесіди до рейтингу студента можуть бути додані додаткові бали за кожну вірну відповідь на запитання/кожне вірно виконане завдання. При цьому максимальна кількість балів, що може бути отримана за одне запитання/завдання складає:

$$ЗР = \frac{(100 - R)}{5}$$

Кожне питання/завдання оцінюється за наступними критеріями:

- повна відповідь на запитання – ЗР балів;
- відповідь, що містить незначні неточності – 0,75*ЗР...0,95*ЗР балів;
- неповна відповідь – 0,65*ЗР...0,75*ЗР балів;
- відповідь відсутня, містить значні неточності – 0...0,6*ЗР балів.

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

ПИТАННЯ З ДИСЦИПЛІНИ «ІНЖЕНЕРНО-НАУКОВІ ОБЧИСЛЮВАЛЬНІ КОМПЛЕКСИ», ЩО ВІНОСЯТЬСЯ НА ЗАЛІК

- 1) Місце CAD CAM CAE пакетів у життєвому циклі виробу
- 2) Поняття САПР. Поділ САПР за призначенням та типами
- 3) Основні підходи, що реалізуються за допомогою САПР
- 4) Поняття про аналітичну та розрахункову модель. Загальна структура CAE пакетів
- 5) Метод скінченних різниць. Переваги та недоліки.
- 6) Метод граничних елементів. Переваги та недоліки.
- 7) Метод скінченних елементів. Переваги та недоліки.
- 8) Неявний метод скінченноелементного аналізу. Поняття про матрицю жорсткості.
- 9) Явний метод скінченноелементного аналізу
- 10) Функція форми елемента. Загальні властивості. Приклад реалізації для лінійного елемента.
- 11) Скінченні елементи першого та другого порядку. Функція форми для 2D елемента першого та другого порядку.
- 12) Full Integration та Reduced Integration елементи.
- 13) Ефект блокування зсуву та ефект «пісочного годинника» для скінченних елементів.
- 14) Типи скінченних елементів. Їх позначення.
- 15) Загальні правила побудови скінченноелементної сітки.
- 16) Основні методи генерації сітки скінченних елементів. Особливості їх використання.
- 17) Граничні умови. Загальні правила визначення граничних умов.
- 18) Приклади нелінійності у задачах механіки.
- 19) Типи діаграм деформування, що використовуються при розрахунках. Особливості їх використання.
- 20) Метод Ньютона-Рафсона
- 21) Поняття про розрахунковий крок.
- 22) Напруження. Тензор напружень. Вектор напружень.
- 23) Головні напруження. Їх визначення та використання. Інтенсивність напружень.
- 24) Шаровий тензор та девіатор напружень

- 25) Рівняння рівноваги
- 26) Деформації. Тензор деформацій. Головні деформації, інтенсивність деформацій.
- 27) Рівняння Коші.
- 28) Рівняння сумісності деформацій
- 29) Закон Гука
- 30) Основні теорії міцності.
- 31) Основні гіпотези теорії пластичності. Гіперповерхня пластичності. Критерії виникнення пластичних деформацій
- 32) Умова пластичності Треска-Сен-Венана
- 33) Умова пластичності за Хубертом-Мізесом-Генкі
- 34) Постулат Друкера
- 35) Асоційований закон пластичної течії.
- 36) Теорія малих пружно-пластичних деформацій
- 37) Теорія пластичності ізотропного матеріалу з анізотропним зміцненням

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Склав доцент кафедри ДММ та ОМ, к.т.н. **Коваль В.В.**

Ухвалено кафедрою ДММ та ОМ (протокол № ___ від _____)

Погоджено Методичною комісією факультету¹ (протокол № __ від _____)