



Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Комп'ютерне моделювання технологічних процесів

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалавр)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>131- Прикладна механіка</i>
Освітня програма	<i>Технології виробництва літальних апаратів</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>3 курс, (5 семестр)</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредитів</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>залік</i>
Розклад занять	<i>Згідно http://rozklad.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н., Піманов Валерій Володимирович, pimanov@ukr.net Практичні / Семінарські: відповідно до педагогічного завантаження</i>
Розміщення курсу	<i>https://campus.kpi.ua/</i>

Програма навчальної дисципліни

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

В останні роки роль програмних пакетів, які базуються на методі скінчених елементів в питаннях розробки та випуску нової продукції грає вирішальну роль. Засвоєння основ моделювання складних технологічних процесів починається із вивчення безпосередньо основ методу скінчених елементів, що орієнтований на машинобудування. Вивчення даної дисципліни дозволить освоїти студентам одну із розповсюджених CAE системи для розрахунку різних задач пластичної деформації. Поряд із лекціями студенти виконують лабораторні комп'ютерні роботи, які дозволяють на практиці засвоїти основи проектування процесів пластичної холодної та гарячої деформації. Закріплення матеріалу відбувається за рахунок виконання завдань на лабораторних роботах та виконання розрахунково-графічної роботи. Контроль знань студента по пройденому матеріалу відбувається двічі на семестр у вигляді модульних контрольних робіт.

Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни студенти після засвоєння кредитного модуля мають продемонструвати такі результати навчання:

знання:

постановка будь-якої задачі моделювання процесу обробки матеріалів тиском,

уміння:

в процесі навчання, студент повинен вміти розробляти та аналізувати технології обробки матеріалів тиском. Важливим є те, що студент буде знати як правильно розбити сітку скінчених елементів геометрії заготовки та інструменту при постановці задачі.

досвід:

одним із результатом пройденого курсу є отримання досвіду вибору необхідних математичних моделей при моделюванні процесу обробки металів тиском. Вміння оцінити контактні умови при деформування.

1. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Кредитний модуль "Комп'ютерні технології проектування процесів та машин" викладається після загально-інженерних дисциплін та теоретичних профілюючих курсів, таких як - "Теоретична механіка", "Теорія механізмів і машин" та "Деталі машин та основи конструювання" і є одним із основним предметом, набуті знання по якому студент повинен використовувати при виконанні курсового проекту з дисципліни «Технологія гарячого штампування та конструювання штампів» та виконанні дипломного проекту освітніх рівнів «бакалавр» та «магістр»

2. Зміст навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин				
	Всього	у тому числі			
		Лекції	Практичні (семінарські)	Лабораторні (комп'ютерний практикум)	СРС
Розділ 1. Вступ в метод скінчених елементів					
<i>Тема 1.1. Метод скінчених елементів (МСЕ)</i>	4	2	4	2	
<i>Тема 1.2. Загальний алгоритм вирішення задач МСЕ</i>	1	1			
<i>Тема 1.3. Що потрібно знати кваліфікованому спеціалісту, який працює з МСЕ</i>	1	1			
Разом за розділом 1	6	4	1		
Розділ 2. Теоретичні основи моделювання процесів ОМТ -1					
<i>Тема 2.1. Види та міри деформації. Градієнт деформацій. Матриця повороту.</i>	2	1			1
<i>Тема 2.2. Скінчені деформації в програмах МСЕ</i>	1	1			2
<i>Тема 2.3. Скінчені деформації заготовки. Малі деформації. Деформації інструменту.</i>	4	1	2		1
<i>Тема 2.4. Швидкості деформації та швидкість деформування. Швидкість деформації при</i>	1	1			

<i>осаджуванні. Дослідження пластичних властивостей матеріалу.</i>					
<i>Тема 2.5. Закон незмінності об'єму при пластичній деформації. Особливості визначення деформації в немонотонних процесах.</i>	3	1	2		1
<i>Тема 2.6. Ефективна пластична деформація. Ефективна і об'ємна пластична деформація.</i>	1	1			
<i>Тема 2.7. Поля деформованого стану заготовки. Поля деформованого стану інструменту.</i>	4	1	2		1
Разом за розділом 2	16	7	6		6
Розділ 3. Теоретичні основи моделювання процесів ОМТ - 2					
<i>Тема 3.1. Напруження. Тензор напружень. Девіатор напружень. Середні напруження. Напруження в заготовці та інструменті.</i>	2	1			1
<i>Тема 3.2. Стандартна підпрограма. Зношування інструменту.</i>	4	1	2		1
<i>Тема 3.3. Напруження в програмі МСЕ. Параметр Лоде-Надаї. Критерій руйнування. Рівняння руху та рівноваги. Вісесиметрична деформація та плоска деформація.</i>	1	1			
Разом за розділом 3	7	3	3		2
Розділ 4. Питання реології при моделюванні МСЕ					
<i>Тема 4.1. Реологічні моделі суцільних середовищ. Критерій пластичності. Сили контактного тертя. Закони зовнішнього тертя. Закони тертя в програмах МСЕ.</i>	4	1	2		1
<i>Тема 4.2. Критерії пластичності і параметри моделювання для некомпактних матеріалів. Опір</i>	2	1			1

<i>матеріалу пластичному деформуванню. Досліди на одноосьовий розтяг та стискання.</i>					
<i>Тема 4.3. Інверсний метод визначення параметрів реологічних моделей. Зв'язок між напруженнями та деформаціями. Малі пружно-пластичні деформації. Великі пластичні деформації.</i>	3	1	2		
Разом за розділом 4	9	3	4		2
Розділ 5. Теплопровідність в задачах МСЕ					
Тема 5.1. Великі пружно-пластичні деформації. Рівняння течії некомпактних середовищ.	4	1	2		1
Тема 5.2. Теплопровідність та теплообмін. Конвекція. Випромінювання.	4	1	2		1
Тема 5.3. Пластична деформація компактних та некомпактних середовищ. Пружно-пластичні деформації заготовки та інструменту.	1	1			
Разом за розділом 5	9	3	4		2
Розділ 6. Сітка скінчених елементів -1					
Тема 6.1. Варіаційні принципи механіки. Загальна процедура чисельного вирішення задач механіки деформованого тіла.	4	1	2		1
Тема 6.2. МСЕ: апроксимація функції. МСЕ: загальні положення.	2	1			1
Тема 6.3. Алгоритм формування матриці жорсткості системи.	1	1			
Тема 6.4. Дискретизація середовища: скінчені елементи. Основні правила дискретизації середовища.	4	1	2		1
Тема 6.5 Налаштування параметрів дискретизації.	4	1	2		1

Адаптація сітки. Локальна адаптація сітки. Функції форми скінчених елементів. L координати. Скінчені елементи для моделювання пластичних деформацій в програмах МСЕ.					
Разом за розділом 6	15	5	6		4
Розділ 7. Особливості моделювання задач МСЕ					
Тема 7.1. Дискретизація середовища для аналізу теплообміну. Сітка Вороного.	4	1	2		1
Тема 7.2. Чисельне інтегрування. Чисельне інтегрування. Система рівнянь МСЕ для аналізу пластичних деформацій.	1	1			
Тема 7.3. Методика врахування жорстких зон. Взаємодія з обладнанням. Принцип модифікації системи рівнянь при використанні різного обладнання.	4	1	2		1
Разом за розділом 7	9	3	4		2
Розділ 8. Методи розрахунку МСЕ					
Тема 8.1. Система рівнянь для теплової задачі. Кроково-ітераційний метод. Метод простих ітерацій. Метод визначення кроку розрахунку	4	1	2		1
Тема 8.2. Явний метод розрахунку. Критерій вибору кроку розрахунку.	1	1			
Тема 9.3. Неявний метод розрахунку. Порівняння явного і неявного методу розрахунку	3	1	2		
Тема 8.4. Порівняння алгоритмів покроково-ітераційної процедури. Алгоритм рішення теплової задачі.	2	1			1
Тема 8.5. Умови теплообміну інструменту та заготовки. Розрахунок з двома сітками.	4	1	2		1

Тема 8.6. Сумісна деформація заготовки та інструменту. Врахування масових характеристик. Збереження об'єму.	3	1	2		
Тема 8.7. Розрахунок при обертальному русі. Багатокроковий зсув. Сумісне моделювання декількох тіл.	2	1			1
Разом за розділом 8	19	7	8		4
РГР	20				20
Залік	8				8
Всього годин	120	36	36		48

3. Навчальні матеріали та ресурси

Базова

1. Г.Я. Гун. Математическое моделирование процессов обработки металлов давлением. Москва, Металлургия, 1983.
2. S. Kabayashi, S.I. Oh, T. Altan. Metal forming and the finite element method. Oxford University Press, 1989

Допоміжна

1. К. Васидзу. Вариационные методы теории упругости и пластичности. Москва, Мир,

Навчальний контент

4. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

Назва теми лекції та перелік основних питань

(перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)

Розділ 1. Вступ в метод скінчених елементів.
Тема 1.1. Метод скінчених елементів (МСЕ)
Лекція 1. Метод скінчених елементів (МСЕ)
Література: [1]
Завдання на СРС. Програми на базі MSC Тема 1.2. Загальний алгоритм вирішення задач МСЕ Лекція 2. Загальний алгоритм вирішення задач МСЕ Література: [1]
Завдання на СРС. Вирішення задач МСЕ на базі експериментальних досліджень Що потрібно знати кваліфікованому спеціалісту, який працює з МСЕ

Розділ 2. Теоретичні основи моделювання процесів ОМТ - 1 Тема 2.1. Види та міри деформації.
Лекція 5. Градієнт деформацій Література: [1]
Завдання на СРС. Матриця повороту.
Тема 2.2. Скінчені деформації в програмах МСЕ Лекція 6. Малі деформації Література: [1]
Завдання на СРС. Деформації інструменту.
Тема 2.3. Швидкості деформації та швидкість деформування.
Лекція. Швидкість деформації при осаджуванні.
Література: [1]
Завдання на СРС. Дослідження пластичних властивостей матеріалу.
Тема 2.4. Особливості визначення деформації в немонотонних процесах.
Лекція. Закон незмінності об'єму при пластичній деформації.
Література: [1]
Завдання на СРС. Залежність пластичних властивостей матеріалу від легуючих елементів.
Тема 2.5. Ефективна і об'ємна пластична деформація.
Лекція. Ефективна пластична деформація.
Література: [1]
Завдання на СРС. Поля деформованого стану заготовки. Поля деформованого стану інструменту.
Розділ 3. Теоретичні основи моделювання процесів ОМТ - 2
Тема 3.1. Напруження в заготовці та інструменті.
Лекція 8. Напруження. Тензор напружень. Девіатор напружень.
Завдання на СРС. Середні напруження.
Тема 3.2. Напруження в програмі МСЕ.
Лекція 9. Параметр Лоде-Надаї. Критерій руйнування. Рівняння руху та рівноваги. Вісесиметрична деформація та плоска деформація. Стандартна підпрограма.
Література: [1]
Завдання на СРС. Зношування інструменту.
Розділ 4. Питання реології при моделюванні МСЕ
Тема 4.1. Реологічні моделі суцільних середовищ.
Лекція 10. Критерій пластичності. Сили контактного тертя.
Література: [1]
Завдання на СРС. Закони зовнішнього тертя.
Тема 4.2. Опір матеріалу пластичному деформуванню.
Лекція 10. Критерії пластичності і параметри моделювання для некомпактних матеріалів.
Література: [1]
Завдання на СРС. Досліди на одноосьовий розтяг та стискання.
Тема 4.3. Зв'язок між напруженнями та деформаціями.

Лекція 10. Малі пружно-пластичні деформації. Інверсний метод визначення параметрів реологічних моделей.
Література: [1]
Завдання на СРС. Великі пластичні деформації.
Розділ 5. Теплопровідність в задачах МСЕ
Тема 5.1. Великі пружно-пластичні деформації.
Лекція 11. Рівняння течії некомпактних середовищ.
Література: [1]
Завдання на СРС. Механічні властивості некомпактних середовищ Тема 5.2. Теплопровідність та теплообмін.
Лекція 13. Конвекція. Випромінювання Література: [1]
Тема 5.3. Пластична деформація компактних та некомпактних середовищ.
Лекція 14. Пружно-пластичні деформації заготовки та інструменту.
Література: [1]
Завдання на СРС. Матеріал інструменту
Розділ 6. Сітка скінчених елементів - 1.
Тема 6.1. Загальна процедура чисельного вирішення задач механіки деформованого тіла.
Лекція 16. Варіаційні принципи механіки.
Література: [1]
Завдання на СРС. Деформівне тіло.
Тема 6.2. МСЕ: загальні положення.
Лекція 17. МСЕ: апроксимація функції.
Література:
Завдання на СРС. Сфери застосування МСЕ.
Тема 6.3. Алгоритм формування матриці жорсткості системи.
Лекція 24. Алгоритм формування матриці жорсткості системи.
Завдання на СРС. Жорстке тіло Тема 6.4. Скінчені елементи.
Лекція 26. Дискретизація середовища: скінчені елементи.
Література: [1]
Завдання на СРС. Основні правила дискретизації середовища.
Тема 6.4. Скінчені елементи для моделювання пластичних деформацій в програмах МСЕ.
Лекція 32. Налаштування параметрів дискретизації. Адаптація сітки. Функції форми скінчених елементів. L координати.
Література: [1] .
Завдання на СРС. Локальна адаптація сітки.
Розділ 7. Особливості моделювання задач МСЕ
Тема 7.1. Дискретизація середовища для аналізу теплообміну.
Лекція 36. Аналізу теплообміну. Сітка Вороного.

Література: [1]
Завдання на СРС. Типи теплообміну.
Тема 7.2. Чисельне інтегрування.
Лекція 38. Система рівнянь МСЕ для аналізу пластичних деформацій.
Література: [1]
Завдання на СРС. Чисельне інтегрування.
Тема 7.3. Інструмент та обладнання.
Лекція 39. Методика врахування жорстких зон. Принцип модифікації системи рівнянь при використанні різного обладнання.
Література: [1]
Завдання на СРС. Взаємодія заготовки із обладнанням.
Розділ 8. Методи розрахунку МСЕ-1
Тема 8.1. Методи розрахунку МСЕ
Лекція 41. Кроково-ітераційний метод. Метод простих ітерацій. Метод визначення кроку розрахунку
Література: [1]
Завдання на СРС. Система рівнянь для теплової задачі.
Тема 8.2. Методи розрахунку МСЕ Лекція 42. Явний метод розрахунку.
Література: [1]
Завдання на СРС. Критерій вибору кроку розрахунку.
Тема 8.3. Методи розрахунку МСЕ Лекція 42. Неявний метод розрахунку.
Література: [1]
Завдання на СРС. Порівняння явного і неявного методу розрахунку Тема 9.4. Методи розрахунку МСЕ
Лекція 42. Порівняння алгоритмів покроково-ітераційної процедури. Алгоритм рішення теплової задачі.
Література: [1]
Тема 8.4. Методи розрахунку МСЕ Лекція 46. Розрахунок з двома сітками.
Література: [1]
Завдання на СРС. Умови теплообміну інструменту та заготовки.
Тема 8.5. Методи розрахунку МСЕ
Лекція 47. Сумісна деформація заготовки та інструменту. Врахування масових характеристик.
Література: [1]
Завдання на СРС. Збереження об'єму заготовки при МСЕ.
Тема 8.6. Методи розрахунку МСЕ
Лекція 47. Багатокроковий зсув. Сумісне моделювання декількох тіл.
Література: [1]
Завдання на СРС. Розрахунок при обертальному русі.

5. Практичні заняття

Основні завдання циклу комп'ютерного практикуму це підтвердження матеріалу, прочитаного на лекціях, що включає роботу в програмах розрахунку процесів МСЕ та аналіз отриманих результатів.

№ з/п	Назва комп'ютерного практикуму	Кількість ауд. годин
1	Робота №1. Препроцесор.	1
2	Робота №2. Позиціювання інструментів в препроцесорі.	1
3	Робота №3. Розрахунок кування и постпроцесор	1
4	Робота №4. Кування квадратного кільця	1
5	Робота №5. Кування - переніс від печі до інструменту.	1
6	Робота №6. Кування - витримка на нижньому штампі.	1
7	Робота №7. Кування - Удар №1.	1
8	Робота №8. Кування - Заміна штампу та удар №2.	1
9	Робота №9. Аналіз напруженого стану інструменту	1
10	Робота №10. Рульова тяга	1
11	Робота №11. Тримач	1
12	Робота №12. Обтискування	1
13	Робота №13. Вальцювання	1

Індивідуальні завдання

Самостійна робота для студентів полягає в тому, щоб засвоїти методи розрахунку технологічних процесів, вибору матеріалу, параметрів тертя, параметрів процесу, аналізу результатів розрахунку.

Тематика завдань на РГР:

- створення вісесиметричних моделей процесів;
- створення % моделі процесу;
- створення повної об'ємної моделі процесу.

Також в якості індивідуального завдання може виступати задача згідно наукових досліджень кафедри

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Виносяться наступні теми для самостійного опрацювання, як підготовка до аудиторних занять. Перелік тем наведено в таблиці.

Назва теми, що виносяться на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
Розділ 1. Вступ в метод скінчених елементів	
Тема 1.1. Метод скінчених елементів (МСЕ) Програми на базі МСК Література: [1]	1
Тема 1.2. Загальний алгоритм вирішення задач МСЕ Вирішення задач МСЕ на базі експериментальних досліджень Література: [1]	1
Розділ 2. Теоретичні основи моделювання процесів ОМТ - 1	
Тема 2.1. Види та міри деформації. Матриця повороту. Література: [1]	1

Тема 2.2. Скінчені деформації в програмах МСЕ Деформації інструменту. Література: [1]	1
Тема 2.3. Швидкості деформації та швидкість деформування. Дослідження пластичних властивостей матеріалу. Література: [1]	1
Тема 24. Особливості визначення деформації в немонотонних процесах. Залежність пластичних властивостей матеріалу від легуючих елементів. Література: [1]	1
Тема 2.5. Ефективна і об'ємна пластична деформація. Поля деформованого стану заготовки. Поля деформованого стану інструменту. Література: [1]	2
Розділ 3. Теоретичні основи моделювання процесів ОМТ - 2	
Тема 3.1. Напруження в заготовці та інструменті. Середні напруження. Література: [1]	1
Тема 3.2. Напруження в програмі МСЕ. Зношування інструменту. Література: [1]	2
Розділ 4. Питання реології при моделюванні МСЕ	
Тема 4.1. Реологічні моделі суцільних середовищ. Закони зовнішнього тертя. Література: [1]	1
Тема 4.2. Опір матеріалу пластичному деформуванню. Досліди на одноосьовий розтяг та стискання. Література: [1]	1
Тема 4.3. Зв'язок між напруженнями та деформаціями. Великі пластичні деформації. Література: [1]	1
Розділ 5. Теплопровідність в задачах МСЕ	
Тема 5.1. Великі пружно-пластичні деформації. Механічні властивості некомпактних середовищ Література: [1]	1
Тема 5.2. Пластична деформація компактних та некомпактних середовищ. Матеріал інструменту Література: [1]	2
Розділ 6. Сітка скінчених елементів	
Тема 6.1. Загальна процедура чисельного вирішення задач механіки деформованого тіла. Деформівне тіло. Література: [1]	1
Тема 6.2. МСЕ: загальні положення. Сфери застосування МСЕ. Література: [1]	1
Тема 6.3. Алгоритм формування матриці жорсткості системи. Жорстке тіло Література: [1]	1
Тема 6.4. Скінчені елементи. Основні правила дискретизації середовища. Література: [1]	1
Тема 6.5 Скінчені елементи для моделювання пластичних деформацій в програмах МСЕ. Локальна адаптація сітки. Література: [1]	2
Розділ 7. Особливості моделювання задач МСЕ	

Тема 7.1. Дискретизація середовища для аналізу теплообміну. Типи теплообміну. Література: [1] - стор. 175-191	1
Тема 7.2. Чисельне інтегрування. Чисельне інтегрування. Література: [1]	1
Тема 7.3. Інструмент та обладнання. Взаємодія заготовки із обладнанням. Література: [1]	2
Розділ 8. Методи розрахунку МСЕ	
Тема 8.1 Методи розрахунку МСЕ Система рівнянь для теплової задачі. Література: [1]	1
Тема 8.2. Методи розрахунку МСЕ Критерій вибору кроку розрахунку. Література: [1]	1
Тема 8.3. Методи розрахунку МСЕ Порівняння явного і неявного методу розрахунку Література: [1]	2
Тема 8.4. Методи розрахунку МСЕ Умови теплообміну інструменту та заготовки. Література: [1]	1
Тема 8.5. Методи розрахунку МСЕ Збереження об'єму заготовки при МСЕ. Література: [1]	1
Тема 8.6 Методи розрахунку МСЕ Розрахунок при обертальному русі. Література: [1]	1

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти проводиться на основі рейтингової системи. В основу рейтингової системи оцінювання (PCO) результатів навчання покладено поопераційний контроль за визначеними критеріями і накопичення рейтингових балів за різнобічну навчально-пізнавальну та практичну діяльність у процесі навчання. PCO передбачає оцінювання результатів навчальної діяльності впродовж семестру – проходження або виконання певних видів робіт, передбачених заходами поточного контролю. Результати поточного контролю регулярно заносяться викладачем у модуль «Поточний контроль» Електронного кампусу.

Календарний контроль проводиться два рази впродовж навчального семестру для визначення рівня відповідності поточних досягнень встановленим і визначеним в PCO критеріям. Результати календарного контролю заносяться викладачем у модуль «Календарний контроль» Електронного кампусу.

Оцінювання результатів навчання здійснюється за 100 бальною шкалою з подальшим переведенням до оцінок за університетською шкалою.

Якщо здобувач не проходив або не з'явився на контрольний захід його результат оцінюється у 0 балів.

Заохочувальні та штрафні бали не входять до основної шкали PCO, а їх сума не може перевищувати 10% рейтингової шкали.

Штрафні бали передбачені тільки за несвоєчасний захист або несвоєчасне виконання індивідуального семестрового завдання. Присутність або відсутність здобувача на аудиторному заняття не оцінюється, в тому числі не нараховуються заохочувальні або штрафні бали.

Здобувач не допускається до семестрового контролю, якщо не виконав визначені PCO умови допуску. Семестровий контроль – екзамен, який проводиться згідно розкладу університету. Здобувач допускається до семестрового контролю, якщо має підсумковий

рейтинг не менше 50 балів та виконав умови допуску до семестрового контролю, які визначені РСО.

Якщо здобувач виконав умови РСО щодо допуску до семестрового контролю, але має підсумковий рейтинг за семестр менше 50 балів або хоче підвищити оцінку, він виконує контрольну роботу (співбесіду) на останньому за розкладом аудиторному занятті.

На екзамеційну контрольну роботу здобувач зобов'язаний надавати залікову книжку, або документ, що посвідчує особу. В іншому разі, здобувач до екзамеційної контрольної роботи не допускається.

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

Поточний контроль: опитування за темою заняття

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: залік

Умови допуску до семестрового контролю: семестровий рейтинг більше 30 балів.

РСО з дисципліни, семестровий контроль з якої передбачений у вигляді екзамену, включає оцінювання заходів поточного контролю впродовж семестру. Рейтингова оцінка здобувача складається з балів, отриманих здобувачем за результатами заходів поточного контролю, заохочувальних та штрафних балів.

Система рейтингових балів та критерії оцінювання

Комп'ютерний практикум

- Робота №1 - 2 бал.
- Робота №2 - 2 бал.
- Робота №3 - 2 бал.
- Робота №4 - 3 бал.
- Робота №5 - 3 бал.
- Робота №6 - 3 бал.
- Робота №7 - 4 бал.
- Робота №8 - 4 бал.
- Робота №9 - 5 бал.
- Робота №10 - 5 бал.
- Робота №11 - 5 бали.
- Робота №12 - 6 бали.
- Робота №13 - 6 бал.

Максимальна кількість балів за всі практичні роботи дорівнює $R_{лр}=50$ балів.

Максимальна кількість балів виставляється за своєчасно виконану і відмінно захищену лабораторну роботу. За несвоєчасно здачу, недоліки і помилки у роботі, за помилки при захисті роботи може зніматися покроково з кроком 0,1 бали, максимум за одну лабораторну роботу 0,5 бали: при захисті роботи може зніматися по 0,2 бали відповідно.

Розрахунково-графічна робота (Індивідуальне завдання)

Ваговий бал $R_{рр}=50$ балів.

За несвоєчасну здачу, помилки і недоліки при виконанні роботи і при її захисті оцінка знижується

покроково з кроком 1 бал до 15 балів.

Штрафні та заохочувальні бали

несвоєчасне подання РГР - -3 бали,

- участь у модернізації та вдосконаленні навчального матеріалу - +5 балів.

Максимальна сума балів стартової складової дорівнює 50. Необхідною умовою допуску до заліку є зарахування всіх практичних робіт, виконання індивідуального завдання, а також стартовий рейтинг (Ке) не менше 30 балів.

На заліку студенти демонструють результати розрахунку індивідуального завдання, оформлений звіт та відповідають на запитання, щодо скінчено-елементного моделювання.

Система оцінювання виконання завдань на заліку наступна:

максимальна кількість балів за залік - 50 балів;

постановка задачі в програмі - 20 балів;

оформлення звіту -20 балів;

відповіді по особливостям поставленої задачі МСЕ - 10 балів
Загальна сума балів отриманих здобувачем переводиться до оцінки згідно таблиці відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- *перелік питань, які виносяться на семестровий контроль (додаток до силабусу);*

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено, старшим викладачем, к.т.н. Пімановим Валерієм.

Ухвалено кафедрою технології виробництва літальних апаратів (протокол №5 від 05.12.2023.)

Погоджено Методичною комісією навчально наукового механіко-машинобудівного інституту (протокол № 4 від 22.12.2023 р.)

Завідувач кафедри

А. Лаврінєнков