



ЧИСЕЛЬНІ МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	13 - Механічна інженерія
Спеціальність	131 - Прикладна механіка
Освітня програма	Технології комп'ютерного конструювання верстатів, роботів та машин
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	очна(денна)/дистанційна/змішана
Рік підготовки, семестр	3 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	3.5 кредити ЄКТС, 105 год.
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік, МКР
Розклад занять	Лекції – 36 год., лабораторні – 18 год. за розкладом Департаменту навчальної роботи КПІ ім. Ігоря Сікорського
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу/ викладачів	Лектор: кандидат технічних наук, доцент Кравець Олександр Михайлович Кафедра: Корпус КПІ 01, кімната 228а, тел. (044)204-82-55 пошта: om.kravets@ukr.net Лабораторні: канд. техн. наук., доц. Кравець О.М., ст.викл. Гаврушкевич Н.В.
Розміщення курсу	Ресурс «Електронний кампус»

Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліна «Численні методи розрахунку» належить до природничо-наукового циклу підготовки освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» за спеціальністю 131 Прикладна механіка за спеціалізацією «Технології комп'ютерного конструювання верстатів, роботів та машин» і в структурно-логічній схемі навчання є початковою в циклі професійно-орієнтованих загально-інженерних дисциплін конструкторського профілю..

Метою дисципліни є формування здатності застосовувати комп'ютерні системи проектування (CAD), інженерних досліджень (CAE) та спеціалізоване прикладне програмне забезпечення для вирішення інженерних завдань з прикладної механіки.

Предмет навчальної дисципліни. Численні методи розрахунків деталей та вузлів машин загального призначення, елементів та вузлів промислового устаткування, принципи і методи їх математичного моделювання, розрахунки при виборі матеріалів для виготовлення.

У результаті вивчення дисципліни студент набуде наступних компетентностей:

Здатність

- Здатність застосовувати комп'ютерні системи проектування (CAD), інженерних досліджень (CAE) та спеціалізоване прикладне програмне забезпечення для вирішення інженерних завдань з прикладної механіки.

Знання

- знати і розуміти основи інформаційних технологій, програмування, практично використовувати прикладне програмне забезпечення для виконання інженерних розрахунків, обробки інформації та результатів експериментальних досліджень;

- навички практичного використання комп'ютеризованих систем проектування (CAD), підготовки виробництва (CAM) та інженерних досліджень (CAE);
- здійснювати оптимальний вибір обладнання та комплектацію технічних комплексів;

Уміння

- Готувати вихідні дані для обґрунтування технічних рішень, застосовувати стандартні методики розрахунків при проектуванні або виборі покупного обладнання.
- Будувати інформаційні моделі предмету дослідження: описувати його суттєві параметри, вхідні та змінні величини, встановлювати причинно-наслідкові зв'язки між ними.
- Здійснювати інформаційно-аналітичні дослідження заданої тематики.
- Проводити експерименти за заданими методиками з обробкою й аналізом результатів.

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

Дисципліна «Метрологія, стандартизація і сертифікація» базується на наступних дисциплінах:

- Лінійна алгебра і аналітична геометрія
- Вища математика
- Інженерна та комп'ютерна графіка
- Загальна фізика
- Теоретична механіка

У свою чергу дисципліна «Метрологія, стандартизація і сертифікація» є базою для подальшої підготовки з дисциплін:

- Математичне моделювання
- Теорія автоматичного управління
- Системи автоматизованого проектування.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Вступ до чисельних методів. Загальні поняття та визначення. Сутність чисельних методів.

Тема 1.1 Характеристики чисельних методів.

Тема 1.2 Похибка розв'язку.

Тема 1.2 Похибка округлення у ході розрахунків на комп'ютері з плаваючою крапкою.

Розділ 2. Математичні пакети MathCAD та Matlab. Особливості та види програмування в спеціалізованих математичних пакетах.

Розділ 3. Прямі та ітераційні методи розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь. Постановка задачі.

Тема 3.1 Метод виключення Гауса.

Тема 3.2 Метод Гауса з вибором головного елемента.

Тема 3.2 LU-розкладання матриці, метод Холецького .

Тема 3.3 Метод ітерацій .

Тема 3.4 Метод Гауса – Зейделя .

Тема 3.5 Обчислення оберненої матриці .

Тема 3.6 Розв'язання систем лінійних рівнянь великої розмірності.

Тема 3.7 Види розріджених матриць . Методи розв'язання систем лінійних рівнянь великої розмірності з розрідженими матрицями.

Розділ 4 Чисельні методи розв'язання нелінійних рівнянь .

- Тема 4.1** Чисельні методи розв'язання нелінійних рівнянь з одним невідомим ..
- Тема 4.2** Метод дихотомії..
- Тема 4.3** Метод хорд..
- Тема 4.4** Метод Ньютона.
- Тема 4.5** Метод простої ітерації.

Розділ 5 Чисельні методи розв'язання систем нелінійних рівнянь . Постановка задачі.

- Тема 5.1** Класифікація розмірних ланцюгів. Метод повної взаємозамінності.
- Тема 5.2** Методи неповної взаємозамінності.

Розділ 6 Чисельні методи обчислення власних значень і власних векторів матриці. Постановка задачі.

- Тема 6.1** Ітераційні методи обчислення власних значень і власних векторів.
- Тема 6.2** Методи перетворення подібності для обчислення власних значень і власних векторів.

Розділ 7 Чисельні методи наближення функцій. Апроксимація, інтерполяція та екстраполяція.

- Тема 7.1** Поняття апроксимації та інтерполяції.
- Тема 7.2** Метод найменших квадратів для апроксимації функцій.
- Тема 7.3** Інтерполяція лінійна та квадратична.
- Тема 7.4** Інтерполяційний поліном Лагранжа.
- Тема 7.5** Інтерполяційний поліном Ньютона.
- Тема 7.6** Сплайн-інтерполяція.
- Тема 7.7** Поняття екстраполяції функцій.

Розділ 8 Чисельне диференціювання функцій. Формули чисельного диференціювання.

Розділ 9 Чисельне інтегрування функцій. Формула трапецій. Формула Сімпсона.

Розділ 10 Розв'язання задачі Коші для звичайних диференціальних рівнянь.

- Тема 10.1** Постановка задачі Коші.
- Тема 10.2** Метод Ейлера та його модифікації.
- Тема 10.3** Метод Рунге – Кутта четвертого порядку.
- Тема 10.4** Метод Адамса – Бошфорда.
- Тема 10.5** Метод Адамса – Мулттона.
- Тема 10.6** Метод прогнозу та корекції.

Розділ 11 Неявні методи розв'язання жорстких задач Коші. Поняття жорсткої системи диференціальних рівнянь.

Розділ 12 Крайові задачі для звичайних диференціальних рівнянь. Постановка крайової задачі

Розділ 13 Чисельні методи розв'язання інтегральних рівнянь. Поняття та класифікація інтегральних рівнянь.

- Тема 13.1** Рівняння з виродженим ядром.
- Тема 13.2** Метод квадратурних сум.
- Тема 13.3** Метод послідовних наближень.
- Тема 13.4** Методи апроксимуючих функцій.
- Тема 13.5** Метод моментів.

Розділ 14 Методи математичної фізики. Розв'язання диференціальних рівнянь з частинними похідними.

- Тема 14.1** Класифікація диференціальних рівнянь з частинними похідними.
- Тема 14.2** Метод кінцевих різниць для розв'язання диференціальних рівнянь із частинними похідними.
- Тема 14.3** Метод кінцевих елементів для розв'язання диференціальних рівнянь із частинними похідними.
- Тема 14.4** Розв'язання параболічних рівнянь.
- Тема 14.5** Розв'язання гіперболічних рівнянь
- Тема 14.6** Розв'язання еліптичних рівнянь.

Розділ 15 Математичні моделі на основі нейронних мереж.

- Тема 15.1** Формальний нейрон.
- Тема 15.2** Задачі навчання нейронної мережі.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

- Амосов А. А. Вычислительные методы для инженеров : учебн. пособ. / А. А. Амосов, Ю. А. Дубинський, Н. В. Копченова. – М. : Высшая школа, 1994. – 544 с.
- Баракнин В. Б. Введение в численный анализ / В. Б. Баракнин, В. П. Шапеев. – Новосибирск, 1997. – 112 с.
- Бахвалов Н. С. Численные методы / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков. – М. : Бинум, 2007. – 636 с.
- Боглаев Ю. П. Вычислительная математика и программирование / Ю. П. Боглаев. – М. : Высшая школа, 1990. – 544 с.
- Волков Е. А. Численные методы / Е. А. Волков. – М. : Высшая школа, 1987. – 312 с.
- Демидович Б. П. Основы вычислительной математики / Б. П. Демидович. – М. : Наука, 1994. – 664 с.
- Дэннис Дж. Численные методы безусловной оптимизации и решения нелинейных уравнений / Дж. Дэннис, Р. Шнабель – М. : Мир, 1988. – 40 с.
- Заварыкин В. М. Численные методы / В. М. Заварыкин, В. Г. Житомирский, М. П. Лапчик. – М. : Просвещение, 1990. – 176 с.
- Задачин В. М. Робоча програма навчальної дисципліни "Чисельні методи" для студентів напряму підготовки "Комп'ютерні науки" всіх форм навчання / В. М. Задачин, І. Г. Конюшенко. – Х. : Вид. ХНЕУ, 2012. – 40 с.
- Калиткин Н. Н. Численные методы / Н. Н. Калиткин. – М. : Наука, 1978. – 512 с.

Додаткова література

- http://kist.ntu.edu.ua/textPhD/CHM_Zadachin.pdf
- http://pistunovi.inf.ua/IliCTYHOB_4M.pdf
- http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/Lyashenko_1996_288.pdf

До кожної лекції розроблена презентація. Презентацію можна знайти в кампусі КПІ.

5. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

Лекційні заняття

Під час лекційних занять розглядаються наступні питання:

- Вступ до чисельних методів. Загальні поняття. Сутність чисельних методів. Загальні поняття. Характеристики чисельних методів. Похибка розв'язку. Похибка округлення у ході розрахунків на комп'ютері з плаваючою крапкою.
- Математичні пакети MathCAD та Matlab. Особливості та види програмування в спеціалізованих математичних пакетах.
- Прямі та ітераційні методи розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь. Постановка задачі. Метод виключення Гауса. Метод Гауса з вибором головного елемента. LU-розкладання матриці, метод Холецького . Метод ітерацій . Метод Гауса – Зейделя . Обчислення оберненої матриці . Розв'язання систем лінійних рівнянь великої розмірності. Види розріджених матриць . Методи розв'язання систем лінійних рівнянь великої розмірності з розрідженими матрицями.
- Чисельні методи розв'язання нелінійних рівнянь . Чисельні методи розв'язання нелінійних рівнянь з одним невідомим . Метод дихотомії. Метод хорд. Метод Ньютона. Метод простої ітерації.
- Чисельні методи розв'язання систем нелінійних рівнянь . Постановка задачі. Метод Ньютона. Метод простої ітерації. Метод найменших квадратів.
- Чисельні методи обчислення власних значень і власних векторів матриці. Постановка задачі. Ітераційні методи обчислення власних значень і власних векторів. Методи перетворення подібності для обчислення власних значень і власних векторів.
- Чисельні методи наближення функцій. Апроксимація, інтерполяція та екстраполяція. Поняття апроксимації та інтерполяції. Метод найменших квадратів для апроксимації функцій. Інтерполяція лінійна та квадратична. Інтерполяційний поліном Лагранжа. Інтерполяційний поліном Ньютона. Сплайн-інтерполяція. Поняття екстраполяції функцій.
- Чисельне диференціювання функцій.. Формули чисельного диференціювання.
- Чисельне інтегрування функцій. Формула трапецій. Формула Сімпсона.
- Розв'язання задачі Коші для звичайних диференціальних рівнянь. Постановка задачі Коші. Метод Ейлера та його модифікації. Метод Рунге – Кутта четвертого порядку. Багатокрокові методи розв'язання звичайних диференціальних рівнянь. Поняття багатокрокового методу. Метод Адамса – Бошфорда. Метод Адамса – Мултона. Метод прогнозу та корекції.
- Неявні методи розв'язання жорстких задач Коші. Поняття жорсткої системи диференціальних рівнянь.
- Крайові задачі для звичайних диференціальних рівнянь. Постановка крайової задачі
- Чисельні методи розв'язання інтегральних рівнянь. Поняття та класифікація інтегральних рівнянь. Рівняння з виродженим ядром. Метод квадратурних сум. Метод послідовних наближень. Методи апроксимуючих функцій. Метод моментів.
- Методи математичної фізики. Розв'язання диференціальних рівнянь з частинними похідними. Класифікація диференціальних рівнянь з частинними похідними. Метод кінцевих різниць для розв'язання диференціальних рівнянь із частинними похідними. Метод кінцевих елементів для розв'язання диференціальних рівнянь із частинними похідними. Розв'язання параболічних рівнянь. Розв'язання гіперболічних рівнянь. Розв'язання еліптичних рівнянь.
-

Практичні заняття

Практичні заняття робочою навчальною програмою не передбачені.

Лабораторні роботи (комп'ютерний практикум)

На комп'ютерному практикумі студенти опановують методики розрахунків з використанням відповідних численних методів. Кожен отримує індивідуальне завдання. Звіт з виконаним домашнім індивідуальним завданням захищається на останньому лабораторному занятті до початку заліку за курсом. Тематика комп'ютерних практикумів охоплює основні розділи дисципліни.

- Розв'язування задач лінійного програмування. Індивідуальне завдання 1.
- Символьні перетворення. Розв'язок систем нелінійних рівнянь у символьному вигляді. Індивідуальне завдання 2.
- Численні методи розв'язку нелінійних рівнянь та систем нелінійних рівнянь. Індивідуальне завдання 3.
- Інтерполювання функції за допомогою сплайнів. Кубічні сплайни. Інтерполяційні многочлени Лагранжа. Індивідуальне завдання 4.
- Лінійна апроксимація. Нелінійна апроксимація. Індивідуальне завдання 5.
- Розв'язок систем лінійних рівнянь. Поняття матричної алгебри. Представлення лінійної системи в матричній формі. Розв'язання систем лінійних рівнянь методом Крамера. Індивідуальне завдання 6.
- Моделювання руху твердого тіла. Афінні перетворення. Індивідуальне завдання 7.
- Чисельне інтегрування та диференціювання. Формули прямокутників і трапецій. Формула Сімпсона. Наближене обчислення кратних інтегралів. Індивідуальне завдання 8.
- Численний розв'язок звичайних диференціальних рівнянь. Метод Рунге-Кутта. Індивідуальне завдання 9.
- Математичні моделі на основі нейронних мереж. Формальний нейрон. Задачі навчання нейронної мережі. Індивідуальне завдання 10.

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота студентів реалізована у вигляді виконання індивідуальних завдань до комп'ютерних практикумів та підготовки до контрольної роботи.

Контрольні роботи

Метою проведення контрольних робіт є перевірка знань, засвоєних студентами в процесі вивчення відповідних розділів кредитного модуля.

Робочим навчальним планом передбачено проведення однієї модульної контрольної роботи (МКР) в обсязі 2 год. МКР відбувається у вигляді двох контрольних робіт по 1 год. кожна. Контрольна робота-1 виконується за розділами 1 - 7. Контрольна робота-2 виконується за розділами 7 - 14.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Відвідування занять

Відвідування лекцій чи відсутність на них, не оцінюється. Проте, студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для виконання індивідуального завдання.

Відвідування комп'ютерних практикумів є обов'язковим. У разі відсутності студента на комп'ютерному практикумі, у тому числі і за станом здоров'я, йому необхідно пропущену роботу відпрацювати. На одному занятті (2 год.) можна відпрацювати лише один пропущений комп'ютерний практикум. Відпрацювання комп'ютерних практикумів відбувається лише за

розкладом викладача відповідно до його педагогічного навантаження. Звіти з виконання індивідуальних завдань до комп'ютерних практикумів захищається на останньому занятті до початку заліку.

Відвідування модульних контрольних робіт є обов'язковим. Якщо студент пропустив МКР з поважних причин, наприклад, за станом здоров'я, то за наявності підтверджуючого документа (довідки) він може протягом тижня написати пропущену контрольну роботу. В іншому випадку МКР не оцінюється. Перескладання контрольної роботи на вищу оцінку є неможливим.

Процедура оскарження результатів контрольних заходів

Студенти мають можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто згідно із напередвизначеними процедурами. Студенти мають право оскаржити результати контрольних заходів, але обов'язковоаргументовано пояснивши з яким критерієм не погоджуються відповідно до оціночного листа та/або зауважень.

Академічна доброчесність

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>

Норми етичної поведінки

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>

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

Комп'ютерні практикуми (r₁)

Ваговий бал одного комп'ютерного практикума – 6 балів, з них 2 бали – експрес-контроль, 4 бали – захист комп'ютерних практикумів (табл.1, табл.2). Мінімальна кількість балів, яка повинна бути набраною, щоб комп'ютерний практикум вважався зарахованим – 4,6 балів. Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи: $r_1 = 6 \text{ балів} \times 10 = 60 \text{ балів}$.

Рейтингові бали за експрес-контроль до лабораторної роботи

Таблиця 1

Бали	Критерії оцінювання
2,0	Вірна відповідь на п'ять питань
1,6	Вірна відповідь на чотири питання
1,2	Вірна відповідь на три питання
0,0	Вірна відповідь менше, ніж на три питання

Рейтингові бали за захист лабораторної роботи

Таблиця 2

Бали	Критерій оцінювання
4,0	Зауважень до звіту нема, є відповіді на всі запитання
3,85	Несуттєві зауваження до звіту, відповіді на більшість запитань
3,4	Зауваження до отриманих результатів, відповідь на частину питань
2,8	Звіт має помилки, відповіді лише на окремі питання
1,5	Робота виконана, отримано вірні результати, але не захищена.
0,0	Робота не виконана, звіт не представлений

Контрольні роботи (r₂)

Одна контрольна робота складається з чотирьох завдань.

Ваговий бал однієї контрольної роботи – 20.

Оцінювання контрольної роботи здійснюється відповідно до таблиці 3.

Максимальна кількість балів за дві контрольні роботи відповідно складає:

$r_2 = 20 \text{ балів} \times 2 = 40 \text{ балів}$.

Рейтингові бали за контрольну роботу

Таблиця 3

Бали	Критерій оцінювання
20	Вірна відповідь більш ніж на 90 % питань
15	Вірна відповідь на 90 % питань
10	Вірна відповідь на 80 % питань
5	Вірна відповідь на 70 % питань
3	Вірна відповідь на 60 % питань
0	Вірна відповідь менш ніж на 60 % питань або студент був відсутній

Штрафні та заохочувальні бали

Загальний рейтинг з дисципліни включає штрафні та заохочувальні бали (табл. 4), які додаються або віднімаються від суми вагових балів усіх контрольних заходів. Загальна сума штрафних балів не може перевищувати $60 \times 0,1 = (-6)$ балів. Загальна сума заохочувальних балів не може перевищувати $60 \times 0,1 = (+6)$ балів.

Таблиця 4

Дія	Бали
Несвоєчасне представлення результатів комп'ютерних практикумів	мінус 1 бал (але в сумі не більш, ніж мінус 6)
Участь (перемога) в етапі Всеукраїнської студентської олімпіади з довільної дисципліни	плюс 10 балів за правильно виконане завдання, (але не більше, ніж плюс 20)
Застосування оригінального підходу при вирішенні задач	плюс 5 балів

Умови рубіжної атестації

Для отримання «зараховано» з першої рубіжної атестації у студента повинні бути відпрацьовані усі лабораторні роботи за графіком. Для отримання «зараховано» з другої рубіжної атестації студент повинен мати не менше ніж 18 балів (за умови, якщо на початок 14 тижня згідно з календарним планом контрольних заходів студент максимально може отримати 45 балів).

Критерії залікового оцінювання

Рейтингова система оцінювання складається з балів, отриманих здобувачем за результатами заходів поточного контролю, заохочувальних та штрафних балів. Рейтингова оцінка доводиться до здобувачів на передостанньому занятті з дисципліни в семестрі.

Здобувачі, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку 60 і більше балів, отримують відповідно до набраного рейтингу оцінку без додаткових випробувань (рис. 1).

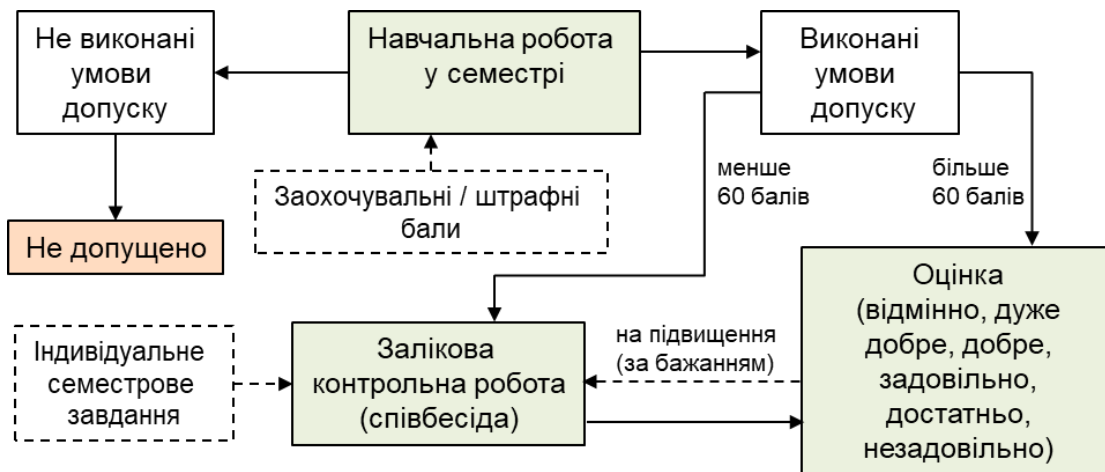


Рис. 1 – Блок-схема функціонування РСО з дисципліни

Зі здобувачами, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку менше 60 балів, а також з тими здобувачами, хто бажає підвищити свою рейтингову оцінку, на останньому занятті з дисципліни в семестрі викладач проводить семестровий контроль у вигляді залікової контрольної роботи.

У цьому випадку бали, отримані за індивідуальну роботу залишаються, а бали отримані за модульні контрольні роботи скасовуються.

Залікове зняття проводиться у вигляді усної співбесіди або залікового завдання. Залікове завдання складається з п'яти питань. Кожне питання максимально оцінюється у 8 балів. Максимальна кількість балів отриманих за залікову контрольну роботу складає 40 балів:

$$r3=8 \text{ балів} \times 5 \text{ питань} = 40 \text{ балів.}$$

Критерій залікового оцінювання визначається як сума якості відповідей на кожне завдання білета за табл.5.

Таблиця5

Кількість балів за одне завдання білета

Бали	Критерій оцінювання
8	Відмінна відповідь (не менше 95% інформації), можливі несуттєві зауваження та неточності
7,0	Дуже добра відповідь (не менше 85% інформації), помилок немає, відповідь на переважну більшість питань, творче мислення
6,0	Добра відповідь (не менше 75% інформації), помилок немає, відповідь на більшість питань, окремі недоліки
5,0	Достатня відповідь (не менше 60% інформації) є зауваження, відповідь тільки на частину питань
4,0	Задовільна відповідь (не менше 60% інформації), суттєві помилки, відповідь на поодинокі питання, не може пояснити результати
0	Відповідь невірна або менше 60% інформації, або вона відсутня

Розрахунок шкали рейтингу з дисципліни

1. За результатами заходів поточного контролю з дисципліни, заохочувальних та штрафних балів без залікової контрольної роботи:

$$R=r1+r2=60+(20+20)=100 \text{ балів}$$

2. За результатами заходів поточного контролю з дисципліни, заохочувальних та штрафних балів з заліковою контрольною роботою:

$$R=r_1+ r_4=60+40=100 \text{ балів}$$

Для отримання відповідної оцінки з дисципліни студент має набрати певну кількість балів, згідно з таблицею перерахунку (табл. 6).

Таблиця 6

Таблиця перерахунку рейтингових балів в оцінки

Рейтингова оцінка здобувача	Університетська шкала оцінок рівня здобутих компетентностей
95 ... 100	Відмінно
85 ... 94	Дуже добре
75 ... 84	Добре
65 ... 74	Задовільно
60 ... 64	Достатньо
Менше 60 балів	Незадовільно
Не виконані умови допуску до семестрового контролю	Не допущено

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус) склав:

Доцент кафедри конструювання машин, кандидат технічних наук

Олександр КРАВЕЦЬ

Ухвалено кафедрою конструювання машин (Протокол № _____ від _____)

Погоджено методичною комісією механіко-машинобудівного інституту (Протокол № _____ від _____)