



ДОСЛІДЖЕННЯ ОПЕРАЦІЙ ТА МАТЕМАТИЧНЕ ПРОГРАМУВАННЯ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>12 Інформаційні технології</i>
Спеціальність	<i>121 Інженерія програмного забезпечення</i>
Освітня програма	<i>Інженерія програмного забезпечення мультимедійних та інформаційно-пошукових систем</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 рік підготовки, 3 семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>Лекції: 54 год., комп'ютерний практикум: 18 год., лабораторні заняття: 36 год, самостійна робота: 102 год.</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен, модульна контрольна робота, календарний контроль</i>
Розклад занять	<i>Згідно розкладу на осінній семестр поточного навчального року (rozklad.kpi.ua)</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н., доцент, Онай Микола Володимирович, onay@pzks.fpm.kpi.ua Комп'ютерний практикум та лабораторні заняття: к.т.н., доцент, Онай Микола Володимирович, onay@pzks.fpm.kpi.ua</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Вивчення дисципліни «Дослідження операцій та математичне програмування» дозволяє сформувати у студентів компетенції, необхідні для розв'язання практичних задач професійної діяльності, пов'язаної з розв'язання складних економіко-математичних моделей.

Метою вивчення дисципліни «Дослідження операцій та математичне програмування» є формування у здобувачів освіти здатності будувати та ефективно застосовувати економіко-математичні моделі, проводити аналіз побудованої математичної моделі, розв'язувати задачі, що виникають в процесі моделювання методами лінійного, нелінійного, динамічного програмування та чисельні методи оптимізації.

Предметом дисципліни «Дослідження операцій та математичне програмування» є методи побудови математичних моделей та розв'язання оптимізаційних задач.

Вивчення дисципліни (кредитного модуля) «Дослідження операцій та математичне програмування» дозволяє сформувати у здобувачів освіти **фахові компетентності**, необхідні для розв'язання практичних задач професійної діяльності:

ФК11	Здатність застосовувати і розвивати фундаментальні і міждисциплінарні знання для успішного розв'язання наукових проблем інженерії програмного забезпечення.
------	---

ФК20	<i>Здатність розробляти і застосовувати методи та алгоритми прийняття оптимальних рішень, розв'язувати складні оптимізаційні задачі, використовуючи програмні засоби.</i>
------	---

Програмні результати навчання з дисципліни (кредитного модуля) «Дослідження операцій та математичне програмування»:

ПРН03	<i>Будувати і досліджувати моделі інформаційних процесів у прикладній області.</i>
ПРН06	<i>Розробляти і оцінювати стратегії проектування програмних засобів; обґрунтовувати, аналізувати і оцінювати варіанти проектних рішень з точки зору якості кінцевого програмного продукту, ресурсних обмежень та інших факторів.</i>
ПРН12	<i>Приймати ефективні організаційно-управлінські рішення в умовах невизначеності та зміни вимог, порівнювати альтернативи, оцінювати ризики.</i>
ПРН14	<i>Прогнозувати розвиток програмних систем та інформаційних технологій.</i>
ПРН17	<i>Збирати, аналізувати, оцінювати необхідну для розв'язання наукових і прикладних задач інформацію, використовуючи науково-технічну літературу, бази даних та інші джерела.</i>
ПРН18	<i>Розробляти математичне і програмне забезпечення для наукових досліджень в галузі інженерії програмного забезпечення.</i>
ПРН21	<i>Знати теоретичні засади, що лежать в основі методів досліджень інформаційних систем та програмного забезпечення, методології проведення досліджень та обчислювальних експериментів.</i>
ПРН35	<i>Знати програмні методи дослідження операцій та математичного програмування.</i>

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

Успішному вивченню дисципліни «Дослідження операцій та математичне програмування» передуює вивчення дисципліни «Методологія інженерії програмного забезпечення» навчального плану підготовки магістрів за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення.

Отримані в результаті засвоєння дисципліни «Дослідження операцій та математичне програмування» теоретичні знання та практичні уміння можуть бути корисні для проведення наукових досліджень за темою дисертації.

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліна «Дослідження операцій та математичне програмування» передбачає вивчення таких тем:

Тема 1. Елементи класичної теорії оптимізації

Тема 2. Лінійне програмування

Тема 3. Загальні положення та основні поняття дослідження операцій

Тема 4. Транспортні задачі лінійного програмування

Тема 5. Нелінійне програмування

Тема 6. Чисельні методи нелінійної оптимізації

Тема 7. Динамічне програмування

Тема 8. Системи масового обслуговування

Тема 9. Методи оптимізації в задачах великої вимірності

Тема 10. Елементи теорії ігор

Модульна контрольна робота

Екзамен

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Ю.П. Зайченко. Дослідження операцій. Підручник. Сьоме видання, перероблене та доповнене. – К.: Видавничий Дім “Слово”, 2006. – 816 с.
2. Зайченко О.Ю., Зайченко Ю.П. Дослідження операцій. Збірник задач. – К.: Видавничий дім “Слово”, 2007. – 472 с.
3. Кутковецький В.Я. Дослідження операцій: Навчальний посібник. – Київ: Вид-во ТОВ “Видавничий дім “Професіонал”, 2004. – 350 с.

Додаткова література:

4. Hamdy Taha Operations Research: An Introduction, Pearson; 10th edition (May 26, 2016). – 848 pages.
5. David Mautner Himmelblau Applied Nonlinear Programming. – McGraw-Hill; 1st Edition .
6. von Neumann, John; Morgenstern, Oskar Theory of games and economic behaviour - 3rd ed. Princeton, New Jersey: Princeton University Press
7. Ржевський С.В., Александрова В.М. Дослідження операцій: Підручник. – К.: Академвидав, 2006. – 560 с. (Альма-матер)
8. Wayne L. Winston Operations Research: Applications and Algorithms Cengage Learning; 4th edition. – 1440 pages
9. Катренко А.В. Дослідження операцій: підручник. – Львів: МагноліяПлюс, 2004. – 549 с.
10. Duffin, Richard J. Geometric programming - theory and application New York [etc.]: John Wiley & Sons.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

№ з/п	Тип навчального заняття	Опис навчального заняття
<i>Тема 1. Елементи класичної теорії оптимізації</i>		
1	<i>Лекція 1. Необхідні та достатні умови умовного екстремуму</i>	<i>Перша необхідна умова існування екстремума. Стаціонарні та критичні точки. Друга необхідна умова існування екстремума. Достатня умова існування екстремума. Сідлова точка функції. Схема знаходження екстремуму. Лінія рівня функції. Гіперплощина рівня функції. Похдна за напрямом лінії рівня. Метод Лагранжа. Геометрична інтерпретація методу Лагранжа. Достатні умови визначення екстремальної точки. Обведена матриця Гессе. Матриця Гессе з параметром. Активні та пасивні обмеження. Необхідні умови Куна-Такера. Достатність умов</i>

		<i>Куна-Такера. Достатні умови існування умовного екстремуму.</i>
2	<i>Лабораторне заняття 1</i>	<i>Матриця Гессе з параметром. Активні та пасивні обмеження. Необхідні умови Куна-Такера. Достатність умов Куна-Такера. Достатні умови існування умовного екстремуму.</i>
3	<i>Лекція 2. Сідлова точка функції Лагранжа</i>	<i>Визначення сідлової точки функції Лагранжа. Умова регулярності Слейтера. Теорема Куна-Такера для сідлової точки функції Лагранжа.</i>
4	<i>Комп'ютерний практикум 1</i>	<i>Визначення сідлової точки функції Лагранжа</i>
<i>Тема 2. Лінійне програмування</i>		
5	<i>Лекція 3. Постановка задачі та основні положення</i>	<i>Загальна задача лінійного програмування. Стандартна задача лінійного програмування. Канонічна задача лінійного програмування. Перехід від однієї форми задачі лінійного програмування до іншої. Опукла лінійна комбінація векторів. Внутрішня та гранична точка. Замкнута множина. Багатогранник розв'язків. Кутова точка багатогранника розв'язків. Допустимий базисний розв'язок. Вироджений план.</i>
6	<i>Лекція 4. Графічний метод розв'язання задач лінійного програмування</i>	<i>Графічне подання множини допустимих розв'язків. Основні етапи розв'язання задачі лінійного програмування графічним методом. Умова доцільності застосування графічного метода.</i>
7	<i>Лабораторне заняття 2</i>	<i>Розв'язання задачі лінійного програмування графічним методом</i>
8	<i>Лекція 5. Звичайний симплекс-метод та споріднені методи</i>	<i>Знаходження розв'язку задачі лінійного програмування методом перебору. Визначення загальної кількості опорних планів. Визначення симплекса, n-симплекса та стандартного n-симплекса. Симпліціальний багатогранник. Еліпсоїдний алгоритм. Метод внутрішньої точки.</i>
9	<i>Комп'ютерний практикум 2</i>	<i>Звичайний симплекс-метод</i>
10	<i>Лекція 6. Табличний симплекс-метод</i>	<i>Симплекс-різниця. Перетворення Жордана-Гаусса. Симплексне перетворення. Алгоритм розв'язання задачі лінійного програмування табличним симплекс-методом.</i>
11	<i>Лабораторне заняття 3</i>	<i>Табличний симплекс-метод</i>
12	<i>Лекція 7. Метод штучного базису</i>	<i>Визначення типів задач для яких необхідно використовувати метод штучного базису. Стратегія введення штучних коефіцієнтів в цільову функцію. Розширена задача лінійного програмування.</i>

13	Лабораторне заняття 4	Метод штучного базису
14	Лекція 8. Двоетапний симплекс-метод	Огляд задач для яких не доцільно застосовувати метод штучного базису. Перший етап двоетапного симплекс-методу. Другий етап двоетапного симплекс-методу. Зміст штучних змінних.
15	Лабораторне заняття 5	Двоетапний симплекс-метод
16	Лекція 9. Елементи теорії двоїстості	Формулювання теореми Куна-Такера для задачі лінійного програмування. Умови існування сідової точки для задачі лінійного програмування. Зв'язок задачі максимізації та мінімізації. Пряма та двоїста задача лінійного програмування на прикладі економіко-математичної моделі. Об'єктивно-обумовлені оцінки ресурсу. Основна теорема двоїстості. Теорема про доповнюючу нежорсткість в задачах лінійного програмування. Теорема існування оптимального розв'язку. Симетричні та несиметричні задачі лінійного програмування.
<i>Тема 3. Загальні положення та основні поняття дослідження операцій</i>		
17	Лекція 10. Класифікація екстремальних задач та основні етапи їх розв'язання	Задачі керування запасами. Задачі розподілу ресурсів. Задачі масового обслуговування. Задачі календарного планування.
<i>Тема 4. Транспортні задачі лінійного програмування</i>		
18	Лекція 11. Постановка, основні властивості транспортної задачі та методи знаходження початкового базисного розв'язку	Постановка задачі. План перевезень. Транспортна задача, як задача лінійного програмування. Двоїста транспортна задача. Транспортна задача з обмеженими пропускними здатностями. Метод північно-західного кута для знаходження початкового базисного розв'язку. Метод мінімальної вартості для знаходження початкового базисного розв'язку. Метод Фогеля для знаходження початкового базисного розв'язку.
19	Комп'ютерний практикум 3	Знаходження початкового опорного плану транспортної задачі. Постановка задачі. План перевезень. Транспортна задача, як задача лінійного програмування. Двоїста транспортна задача. Транспортна задача з обмеженими пропускними здатностями. Метод північно-західного кута для знаходження початкового базисного розв'язку. Метод мінімальної вартості для знаходження початкового базисного

		розв'язку. Метод Фогеля для знаходження початкового базисного розв'язку.
20	Лекція 12. Метод потенціалів та угорський метод	Достатні умови оптимальності допустимого розв'язку. Оціночні величини. Алгоритм №1 реалізації методу потенціалів. Алгоритм №2 реалізації методу потенціалів. Цикл перерахунку. Зв'язок методу потенціалів з симплекс-методом. Алгоритм Куна-Манкреса. Дві форми подання загального угорського алгоритму. Задача про призначення.
21	Лабораторне заняття 6	Метод потенціалів
22	Комп'ютерний практикум 4	Метод потенціалів розв'язання транспортної задачі. Достатні умови оптимальності допустимого розв'язку. Оціночні величини. Алгоритм №1 реалізації методу потенціалів. Алгоритм №2 реалізації методу потенціалів. Цикл перерахунку. Зв'язок методу потенціалів з симплекс-методом.
23	Лабораторне заняття 7	Угорський метод
24	Комп'ютерний практикум 5	Угорський метод розв'язання транспортної задачі. Алгоритм Куна-Манкреса. Дві форми подання загального угорського алгоритму. Задача про призначення.
<i>Тема 5. Нелінійне програмування</i>		
25	Лекція 13. Квадратичне програмування	Квадратична форма у матрично-векторному вигляді. Постановка задачі квадратичного програмування. Умови Куна-Такера для задач квадратичного програмування.
26	Лабораторне заняття 8	Квадратичне програмування
27	Комп'ютерний практикум 6	Методи розв'язання задач квадратичного програмування. Квадратична форма у матрично-векторному вигляді. Постановка задачі квадратичного програмування. Умови Куна-Такера для задач квадратичного програмування.
28	Лекція 14. Геометричне та дробово-лінійне програмування	Узагальнений моном. Позином. Умова нормалізації. Переддвоїста функція. Ступінь складності задачі геометричного програмування. Дробово-лінійне програмування.
29	Лабораторне заняття 9	Геометричне програмування
30	Лабораторне заняття 10	Дробово-лінійне програмування

Тема 6. Чисельні методи нелінійної оптимізації

31	<i>Лекція 15. Градієнтні методи та методи змінної метрики</i>	<i>Метод найшвидшого спуску. Вибір оптимального розміру кроку. Метод Ньютона. Метод спряжених напрямків. Зв'язок задачі оптимізації та задачі розв'язання системи нелінійних рівнянь. Метод Бroyдена. Метод Девідона-Флетчера-Пауелла.</i>
32	<i>Лабораторне заняття 11</i>	<i>Градієнтні методи</i>
33	<i>Лабораторне заняття 12</i>	<i>Методи змінної метрики</i>
34	<i>Лекція 16. Метод проєкції градієнта Розена, метод зведеного градієнта та метод штрафних функцій</i>	<i>Поняття матриці проєктування. Алгоритм методу проєкції градієнта для лінійних обмежень. Метод узагальненого зведеного градієнту. Параметричні методи. Метод бар'єрних поверхонь. Метод штрафних функцій.</i>

Тема 7. Динамічне програмування

35	<i>Лекція 17. Мінімізація негладких функцій</i>	<i>Динамічна задача керування запасами. Субградієнт функції. Чебишевське наближення. Узагальнений градієнтний метод.</i>
36	<i>Лабораторне заняття 13</i>	<i>Мінімізація негладких функцій</i>
37	<i>Лекція 18. Основна ідея та особливості обчислювального методу динамічного програмування. Динамічне програмування для задач з декількома обмеженнями та змінними</i>	<i>Загальний вигляд цільової функції задачі динамічного програмування. Поняття глобально-оптимального розв'язку. Задача про вибір траєкторії. Задача послідовного прийняття рішень. Задача з вдома змінними керування. Методи зниження вимірності задач динамічного програмування.</i>
38	<i>Лабораторне заняття 14</i>	<i>Динамічне програмування</i>
39	<i>Лекція 19. Динамічні задачі управління запасами та динамічне програмування для марковських процесів</i>	<i>Задача керування запасами при детермінованому стаціонарному попиті. Задача керування багатоміномклатурними запасами при обмеженні на місткість складу. Модель керування запасами при ймовірнісному попиті. Поняття інтегрального дисконтного ефекту. Способи оцінки нескінченних послідовностей ефектів. Нескінченний плановий період. Властивості марковської системи. Функціональні рівняння Беллмана.</i>

40

Модульна контрольна робота

Тема 8. Системи масового обслуговування

41	<i>Лекція 20. Основні поняття теорії масового обслуговування</i>	<i>Основні компоненти моделей масового обслуговування. Вхідний потік вимог. Експоненціальний розподіл в системах масового обслуговування. Моделювання пуассонівського потоку. Організація черги. Правила обслуговування вимог. Вихідний потік вимог. Типи моделей систем масового обслуговування.</i>
42	<i>Лабораторне заняття 15</i>	<i>Основи теорії масового обслуговування</i>
43	<i>Лекція 21. Моделі народження і загибелі та загальна модель системи масового обслуговування</i>	<i>Формула Літтла. Закон збереження стаціонарної черги. Одноканальні системи масового обслуговування. Багатоканальні системи масового обслуговування. Узагальнений алгоритм моделювання систем масового обслуговування.</i>
<i>Тема 9. Методи оптимізації в задачах великої вимірності</i>		
44	<i>Лекція 22. Метод декомпозиції</i>	<i>Метод декомпозиції Данціґа-Вульфа. Принцип декомпозиції. Обмежена координуюча задача. Декомпозиція на основі розділення змінних. Метод розділення змінних Бендерса. Методи декомпозиції на основі агрегування.</i>
45	<i>Лабораторне заняття 16</i>	<i>Метод декомпозиції</i>
46	<i>Лекція 23. Декомпозиція Корнаї-Ліптака</i>	<i>Обмеження блочно-діагональної структури. Метод фіктивної гри Брауна. Алгоритм, що реалізує метод розкладення Корнаї-Ліптака</i>
<i>Тема 10. Елементи теорії ігор</i>		
47	<i>Лекція 24. Основні поняття та визначення в області теорії ігор. Позиційні ігри</i>	<i>Топологічне дерево. Гра в орла. Стратегія гри. Нормальна форма гри. Розкладення гри. Антагоністичні або строго конкурентні ігри. Гра з повною інформацією. Сідлова точка матриці. Позиційні ігри. Партія. Цілком визначена гра.</i>
48	<i>Лабораторне заняття 17</i>	<i>Позиційні ігри</i>
49	<i>Лекція 25. Теорема про мінімакс Дж. фон Неймана</i>	<i>Поняття змішаної стратегії гравця. Нижня ціна гри. Верхня ціна гри. Теорема про мінімакс.</i>
50	<i>Лекція 26. Застосування лінійного програмування для розв'язання матричних ігор</i>	<i>Зведення матричної гри до задачі лінійного програмування. Розв'язання ігор з матрицею $2 \times n$ та $m \times 2$. Розв'язання довільної гри $m \times n$.</i>
51	<i>Лабораторне заняття 18</i>	<i>Застосування лінійного програмування для розв'язання матричних ігор</i>
52	<i>Комп'ютерний практикум 7</i>	<i>Графічно-аналітичний метод розв'язання матричних ігор</i>

		<i>Топологічне дерево. Гра в орла. Стратегія гри. Нормальна форма гри. Розкладення гри. Антагоністичні або строго конкурентні ігри. Гра з повною інформацією. Сідлова точка матриці. Позиційні ігри. Партія. Цілком визначена гра.</i>
53	<i>Комп'ютерний практикум 8</i>	<i>Аналітичний метод розв'язання матричних та біматричних ігор Поняття змішаної стратегії гравця. Нижня ціна гри. Верхня ціна гри. Теорема про мінімакс. Зведення матричної гри до задачі лінійного програмування. Розв'язання ігор з матрицею $2 \times n$ та $m \times 2$.</i>
54	<i>Лекція 27. Застосування лінійного програмування для розв'язання матричних ігор особливої структури</i>	<i>Зведення матричної гри до задачі лінійного програмування. Розв'язання довільної гри $m \times n$.</i>

6. Самостійна робота студента

Дисципліна «Дослідження операцій та математичне програмування» ґрунтується на самостійній підготовці до аудиторних занять на теоретичні та практичні теми.

<i>№ з/п</i>	<i>Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання</i>	<i>Кількість годин</i>	<i>Література</i>
1	<i>Підготовка до лекцій</i>	27	1,4
2	<i>Підготовка до комп'ютерних практикумів</i>	16	1-5
3	<i>Підготовка до лабораторних занять</i>	18	1-5
4	<i>Підготовка до модульної контрольної роботи</i>	11	1-5
5	<i>Підготовка до іспиту</i>	30	1-5

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Відвідування занять з комп'ютерного практикуму може бути епізодичним та за потреби захисту робіт комп'ютерного практикуму.

Правила поведінки на заняттях: активність, повага до присутніх, відключення телефонів.

Дотримання політики академічної доброчесності.

Правила захисту робіт комп'ютерного практикуму: роботи повинні бути зроблені згідно з варіантом здобувача освіти, що визначається псевдовипадково за генератором псевдовипадкових чисел (www.random.org) на початку семестру.

Правила призначення заохочувальних та штрафних балів є наступними.

Заохочувальні бали нараховуються за:

*- точні та повні відповіді під час опитувань за матеріалами лекцій. Протягом семестру на лекціях відбувається **бліц-опитування** за темами минулих лекцій. Максимальна кількість балів за бліц-опитування: 3 бали.*

- творчий підхід у виконанні робіт комп'ютерного практикуму. Максимальна кількість балів за всі роботи – 2 бали.

Штрафні бали нараховуються за:

- плагіат (код програми не відповідає варіанту завдання, ідентичність коду програми серед різних робіт) у роботах комп'ютерного практикуму: -5 балів за кожну спробу.

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

Протягом семестру студенти виконують 8 комп'ютерних практикумів. Максимальна кількість балів за кожний комп'ютерний практикум: 3 бали.

Бали нараховуються за:

- якість виконання комп'ютерного практикуму: 0-1 бали;
- відповідь на теоретичні запитання під час захисту комп'ютерного практикуму: 0-1 бали;
- своєчасне представлення роботи до захисту: 0-1 бали.

Критерії оцінювання якості виконання:

- 1 бал – робота виконана якісно, в повному обсязі;
- 0 балів – робота виконана не в повному обсязі, або містить суттєві помилки.

Критерії оцінювання відповіді:

- 1 бал – відповідь повна, добре аргументована;
- 0 балів – немає відповіді або відповідь неправильна.

Критерії оцінювання своєчасності представлення роботи до захисту:

- 1 бал – робота представлена до захисту не пізніше вказаного терміну;
- 0 балів – робота представлена до захисту пізніше вказаного терміну.

Максимальна кількість балів за виконання та захист комп'ютерних практикумів:
3 балів × 8 комп. практ. = 24 бали.

Протягом семестру на лекціях відбувається **опитування за темою поточного заняття**. Максимальна кількість балів за опитування, яку можна отримати протягом семестру: 2 бали.

Завдання на **модульну контрольну роботу** складається з 3 запитань – 2 теоретичних та 1 практичного. Відповідь на кожне теоретичне запитання оцінюється 8 балами, а відповідь на практичне запитання оцінюється 10 балами.

Критерії оцінювання кожного теоретичного запитання модульної контрольної роботи:

- 8 балів – відповідь правильна, повна, добре аргументована;
- 7-6 балів – у відповіді є не суттєві помилки;
- 5-1 балів – у відповіді є суттєві помилки;
- 0 балів – немає відповіді або відповідь неправильна.

Критерії оцінювання практичного запитання модульної контрольної роботи:

- 10 балів – відповідь правильна, розрахунки виконані у повному обсязі;
- 9-6 балів – відповідь правильна, але не дуже добре підкріплена розрахунками;
- 5-1 балів – у відповіді є суттєві помилки;
- 0 балів – немає відповіді або відповідь неправильна.

Максимальна кількість балів за модульну контрольну роботу:

8 балів × 2 теоретичні запитання + 10 балів × 1 практичне запитання = 26 балів.

Рейтингова шкала з дисципліни дорівнює:

$R_c = R_{\text{ком.практ}} + R_{\text{МКР}} = 24 \text{ балів} + 26 \text{ балів} = 50 \text{ балів}$.

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

На першій атестації (8-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 50 % від максимальної кількості балів (10 балів), яку може отримати студент до першої атестації.

На другій атестації (14-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 50 % від максимальної кількості балів (20 балів), яку може отримати студент до другої атестації.

Семестровий контроль: **іспит**

Умови допуску до семестрового контролю:

Необхідною умовою допуску до виконання екзаменаційної роботи є виконання і захист комп'ютерного практикуму та семестровий рейтинг не менше 30 балів.

Склад та критерії оцінювання екзаменаційної роботи:

Завдання на **екзаменаційну роботу** складається з 2 практичних запитань. Відповідь на кожне практичне запитання оцінюється 25 балами.

Критерії оцінювання практичного запитання контрольної роботи:

24-25 балів – відповідь правильна, розрахунки виконані у повному обсязі;

21-23 бали – відповідь правильна, але не дуже добре підкріплена розрахунками;

17-20 балів – в цілому відповідь правильна, але має недоліки;

12-16 балів – у відповіді є незначні помилки;

1-11 бали – у відповіді є суттєві помилки;

0 балів – немає відповіді або відповідь неправильна.

Максимальна кількість балів за екзаменаційну контрольну роботу:

25 балів × 2 практичних запитання = 50 балів.

Екзаменаційна складова рейтингової шкали дорівнює: $R_E = 50$ балів.

Рейтингова шкала з дисципліни дорівнює: $R = R_C + R_E = 50 + 50$ балів = 100 балів.

Сумарний рейтинг студента **R** визначається як сума семестрового рейтингу студента **R_C** та балів **R_E**, отриманих на екзамені. Оцінка виставляється відповідно до значення **R** згідно з табл. 1.

Таблиця 1 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
Менше 25 або не виконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік запитань, які виносяться на семестровий контроль, наведено у Додатку 1.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено к.т.н., доц., Онай М.В.

Ухвалено кафедрою ПЗКС (протокол № 12 від 26.04.2023 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету прикладної математики (протокол № 10 від 26.05.2023 р.)