



Національний технічний університет
України "Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського"



Інститут спеціального зв'язку та захисту
інформації КПІ ім. Ігоря Сікорського
Спеціальна кафедра № 5

ЧИСЕЛЬНІ МЕТОДИ

Робоча програма навчальної дисципліни (силабус)

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>12 Інформаційні технології</i>
Спеціальність	<i>122 Комп'ютерні науки</i>
Освітньо-професійна програма	<i>Комп'ютерні системи і технології спеціального зв'язку</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>Очна (Денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>III рік підготовки, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>3 кредити ECTS</i>
Семестровий контроль / контрольні заходи	<i>Залік / Модульна контрольна робота</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лекції: Віталій ЦИГАНОК Практичні: Василь ЦУРКАН</i>
Розміщення курсу	<i>Google Classroom</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Силабус освітнього компонента “Чисельні методи” складено відповідно до освітньої програми підготовки бакалаврів “Комп’ютерні системи і технології спеціального зв’язку” спеціальності 122 – Комп’ютерні науки.

Метою навчальної дисципліни є формування та закріплення у курсантів наступних компетентностей: (ЗК1) Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу; (ЗК2) Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях; (ЗК3) Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності; (СК1) Здатність до математичного формулювання та досліджування неперервних та дискретних математичних моделей, обґрунтування вибору методів і підходів для розв’язування теоретичних і прикладних задач у галузі комп’ютерних наук, аналізу та інтерпретування; (СК4) Здатність використовувати сучасні методи математичного моделювання об’єктів, процесів і явищ, розробляти моделі й алгоритми чисельного розв’язування задач математичного моделювання, враховувати похибки наближеного чисельного розв’язування професійних задач.

Предмет навчальної дисципліни – базові чисельні методи, включаючи методи знаходження коренів систем лінійних рівнянь, нелінійних рівнянь та систем рівнянь, методи інтерполяції та апроксимації функцій, методи вирішення звичайних диференціальних рівнянь та систем рівнянь, диференціальних рівнянь в часткових похідних, інтегральних рівнянь, а також ряду базових методів теорії графів: пошуку в ширину та глибину, побудови остовних дерев та остовних дерев мінімальної ваги, пошуку найкоротших відстаней, реалізація алгоритмів.

Програмні результати навчання, на формування та покращення яких спрямована дисципліна: (ПР1) Застосовувати знання основних форм і законів абстрактно-логічного мислення, основ методології наукового пізнання, форм і методів вилучення, аналізу, обробки та синтезу інформації в предметній області комп’ютерних наук; (ПР2) Використовувати сучасний математичний апарат неперервного та дискретного аналізу, лінійної алгебри, аналітичної геометрії, в професійній діяльності для розв’язання задач теоретичного та прикладного характеру в процесі проектування та реалізації об’єктів інформатизації; (ПП6) Використовувати методи чисельного диференціювання та інтегрування функцій, розв’язання звичайних диференціальних та інтегральних рівнянь, особливостей чисельних методів та можливостей їх адаптації до інженерних задач, мати навички програмної реалізації чисельних методів.

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

Для успішного засвоєння дисципліни курсант повинен володіти освітніми компонентами “Проектування та аналіз обчислювальних алгоритмів”, “Системний аналіз”, “Дискретна математика”, “Теорія ймовірності, ймовірнісні процеси і математична статистика”. Компетенції, знання та уміння, одержані в процесі вивчення освітнього компонента необхідні для подальшого вивчення освітніх компонентів “Дослідження операцій”, “Інтелектуальний аналіз даних”, “Проектування інформаційних систем”.

3. Зміст навчальної дисципліни

Семестр 6

Семестровий (кредитний) модуль 1. Чисельні методи.

Розділ 1. Чисельні методи.

Тема 1. Системи лінійних рівнянь та прямі методи їх вирішення.

Системи лінійних рівнянь та прямі методи їх вирішення. Розробка алгоритму комп’ютерної реалізації методу Гауса для вирішення систем лінійних рівнянь та структури

комп'ютерної програми. Розробка і налагодження комп'ютерної програми та вирішення тестової СЛАР.

Тема 2. СЛАР великої розмірності, власні значення і власні вектори та їх обчислення.

СЛАР великої розмірності, власні значення і власні вектори та їх обчислення. Системи рівнянь великого порядку. Ітераційні методи. Точні методи для СЛАР з розрідженою матрицею. Власні значення та власні вектори. Методи їх знаходження.

Тема 3. Чисельні методи розв'язання нелінійних рівнянь.

Чисельні методи розв'язання нелінійних рівнянь. Відділення коренів. Метод поділу відрізка пополам. Метод простої ітерації. Методи січних та дотичних. Системи нелінійних рівнянь. Розробка алгоритмів комп'ютерної реалізації методів вирішення нелінійних рівнянь з однією змінною та структури комп'ютерної програми. Розробка і налагодження комп'ютерної програми та вирішення тестових нелінійних рівнянь.

Тема 4. Характеристики графів.

Графи та їх задання в комп'ютері. Нумерація вершин та ребер графа. Метод пошуку в ширину. Діаметр та центр графа. Розробка алгоритму комп'ютерної реалізації методу пошуку в ширину та загального алгоритму визначення характеристик графа. Розробка і налагодження комп'ютерної програми та визначення за її допомогою характеристик тестового графа.

Тема 5. Остовні дерева.

Дерева та їх основні властивості. Остовне дерево. Остов найменшої ваги. Методи Крускала та Пріма для побудови остова найменшої ваги. Алгоритм реалізації методу Крускала на основі множин, що не перетинаються та оцінка його складності. Поняття про нумеровані списки. Розробка алгоритму комп'ютерної реалізації методу Крускала та загального алгоритму побудови остовного дерева. Розробка і налагодження комп'ютерної програми та побудова за її допомогою остовного дерева для тестового графа

Тема 6. Мінімальний шлях на графі.

Довжина дуг та шляху. Алгоритм Дейкстри. Дерево найкоротших шляхів. Розробка алгоритмів методів алгоритмів комп'ютерної реалізації Дейкстри і пошуку в ширину та структури комп'ютерної програми. Розробка і налагодження комп'ютерної програми та визначення за її допомогою мінімальних шляхів від заданої вершини до всіх інших вершин тестового графа.

Тема 7. Чисельне диференціювання та інтегрування функцій. Розв'язання задачі Коші для звичайних диференціальних рівнянь.

Чисельне диференціювання та інтегрування функцій. Розв'язання задачі Коші для звичайних диференціальних рівнянь. Методи чисельного диференціювання. Методи чисельного інтегрування функцій. Методи вирішення задачі Коші для звичайних диференціальних рівнянь. Машинна похибка обчислень.

Тема 8. Практична реалізація алгоритмів чисельного диференціювання, інтегрування функцій та розв'язання задачі Коші для звичайних диференціальних рівнянь. Оцінка точності.

Різницьові схеми чисельного диференціювання функцій та оцінки похибки обчислень. Чисельне інтегрування функцій методами правих і лівих прямокутників, трапецій та Сімпсона. Методи Ейлера, прогнозу і корекції та Рунге-Кутта вирішення задачі Коші для звичайних диференціальних рівнянь.

Тема 9. Багатокрокові методи розв'язання диференціальних рівнянь. Неявні методи розв'язання жорстких задач. Крайові задачі для звичайних диференціальних рівнянь.

Багатокрокові методи розв'язання диференціальних рівнянь. Неявні методи розв'язання жорстких задач. Крайові задачі для звичайних диференціальних рівнянь. Багатокрокові методи розв'язання диференціальних рівнянь. Неявні методи розв'язання жорстких задач. Крайові задачі для звичайних диференціальних рівнянь.

Тема 10. Інтегральні рівняння.

Інтегральні рівняння. Інтегральні рівняння. Означення. Основні типи інтегральних рівнянь. Фізичні приклади. Методи вирішення інтегральних рівнянь.

Тема 11. Поняття про рівняння з частинними похідними, їх класифікація та основні ідеї методів їх розв'язання.

Поняття про рівняння з частинними похідними, їх класифікація та основні ідеї методів їх розв'язання. Поняття частинної похідної. Основні типи диференціальних рівнянь. Методи сіток для вирішення еліптичних, параболічних та гіперболічних рівнянь в частинних похідних.

Тема 12. Методи інтерполяції функцій.

Методи інтерполяції функцій. Поняття інтерполяції. Лінійна інтерполяція та алгоритм її реалізації.

Тема 13. Апроксимація функцій. Екстраполяція та наближення функцій. Оцінка похибок обчислень.

Апроксимація функцій. Екстраполяція та наближення функцій. Оцінка похибок обчислень. Поняття апроксимації. Використання методу найменших квадратів. Ортогональні поліноми. Апроксимація методом Ньютона.

Тема 14. Розробка алгоритмів комп'ютерної реалізації для способу лінійної інтерполяції функцій та поліномів Лагранжа.

Розробка алгоритмів комп'ютерної реалізації для способу лінійної інтерполяції функцій та поліномів Лагранжа. Практичне вирішення задач лінійної інтерполяції без використання комп'ютера. Розробка схема алгоритму лінійної інтерполяції. Розробка схема алгоритму визначення значення функції за допомогою інтерполяційного поліному Лагранжа.

4. Навчальні матеріали та ресурси**Основна література**

1. Fortney J. P. Discrete mathematics for computer science. An example-based introduction. Boca Raton : CRC Press, Taylor & Francis Group, 2021. 257 p.
2. Андруник В. А., Висоцька В. А., Пасічник В. В., Чирун Л. Б., Чирун Л. В. Чисельні методи в комп'ютерних науках : навчальний посібник. Том 1. Львів : Видавництво "Новий Світ-2000", 2021. 469 с.
3. Андруник В. А., Висоцька В. А., Пасічник В. В., Чирун Л. Б., Чирун Л. В. Чисельні методи в комп'ютерних науках : навчальний посібник. Том 1. Львів : Видавництво "Новий Світ-2000", 2021. 536 с.
4. Фельдман Л. П., Петренко А. І., Дмитрієва О. А. Чисельні методи в інформатиці : підручник. Київ : BHV, 2006. 480 с.
5. George A. Computer Solution of Large Sparse Positive Definite Systems. Prentice Hall, 1981. 334 p.
6. Капітонова Ю. В., Кривий С. Л., Летичевський О. А., Луцький Г. М., Печорін М. К. Основи дискретної математики. Київ : "Наукова думка", 2002. 580 с.
7. Cormen T., Leiserson C., Rivest R., Stein C. Introduction to Algorithms. Cambridge : The MIT Press, 2022. 1312 p.
8. Дюкарев Ю. М., Літвінова О. Г. Диференціальні й інтегральні рівняння та варіаційне числення : навчальний посібник. Харків, 2010. 124 с.

Додаткова література

1. Журавчак Л. М. Дискретна математика для програмістів : навчальний посібник Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2019. 417 с.
2. Дичка І. А., Гадиняк Р. А., Онай М. В. Чисельні методи. Розв'язання задач лінійної алгебри та нелінійних рівнянь: навчальний посібник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 95 с.

3. Вавіленкова А. І. Алгоритми та методи обчислень : підручник. Київ : НАУ, 2019. 227 с.
4. Назієв Е. Х., Владіміров В. М., Миронець О. А. Лінійна алгебра та аналітична геометрія : навчальний посібник. Київ : Либідь, 1997. 152 с.
5. Гетьманцев В. Д. Лінійна алгебра і лінійне програмування: Навчальний посібник. Київ : Либідь, 2001. 256 с.
6. Knuth D. The Art of Computer Programming, Vol. 1: Fundamental Algorithms. Addison-Wesley Professional, 1997. 672 p.
7. Sedgewick R., Wayne K. Algorithms. Addison-Wesley Professional, 2011. 976 p.
8. Дорогий Я. Ю., Глушко Є. В., Дорошенко А. Ю. Чисельні методи. Частина 1. Вступ до мови програмування Python. Київ : НТУУ “КПІ”, 2010. 143 с.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента) передбачає висвітлення інформації за розділами, темами) про всі навчальні заняття (лекції, практичні) та надання рекомендацій щодо їх засвоєння (наприклад, у формі календарного плану чи деталізованого опису кожного заняття та запланованої роботи).

Самостійна робота курсанта містить інформацію про:

- види самостійної роботи (підготовка до аудиторних занять;
- проведення розрахунків за первинними даними, отриманими на практичних заняттях, розв’язок задач, тощо).

Структура кредитного модуля

Номери, назви розділів, тем і питання навчальних занять, посилання на літературу		Кількість годин				
		Всього	у тому числі			
			Лекції	Практичні (комп’ютерний практикум)	Лабораторні заняття	СР
Розділ 1. Чисельні методи						
Тема 1	Системи лінійних рівнянь та прямі методи їх вирішення.	9	2	4		3
Заняття 1/1	Системи лінійних рівнянь та прямі методи їх вирішення. 1. СЛАР. Визначники. 2. Метод Крамера. 3. Метод підстановки та його формалізація. Метод Гауса. 4. LU – розкладання. Основна література: [2–4, 7] Додаткова література: [2, 4–8]	3	2			1
Заняття 1/2	Розробка алгоритму комп’ютерної реалізації методу Гауса для вирішення систем лінійних рівнянь та структури комп’ютерної програми. 1. Приклади розв’язування СЛАР. 2. Формування структури розрахункової комп’ютерної програми. Основна література: [2–4, 7] Додаткова література: [2, 4–8]	3		2		1
Заняття 1/3	Розробка і налагодження комп’ютерної програми та вирішення тестової СЛАР 1. Розробка і налагодження комп’ютерної програми.	3		2		1

	2. Підготовка даних тестового завдання та його вирішення і захист. Основна література: [2–4, 7] Додаткова література: [2, 4–8]					
Тема 2.	СЛАР великої розмірності, власні значення і власні вектори та їх обчислення.	4	2			2
Заняття 2/1	СЛАР великої розмірності, власні значення і власні вектори та їх обчислення. 1. Системи рівнянь великого порядку. 2. Ітераційні методи. 3. Точні методи для СЛАР з розрідженою матрицею. 4. Власні значення та власні вектори. Методи їх знаходження. Основна література: [2–4, 7] Додаткова література: [2, 4–8]	4	2			2
Тема 3	Чисельні методи розв'язання нелінійних рівнянь.	9	2	4		3
Заняття 3/1	Чисельні методи розв'язання нелінійних рівнянь. 1. Відділення коренів. 2. Метод поділу відрізка пополам. 3. Метод простої ітерації. 4. Методи січних та дотичних. 5. Системи нелінійних рівнянь. Основна література: [2–4, 7] Додаткова література: [2, 4–8]	3	2			1
Заняття 3/2	Розробка алгоритмів комп'ютерної реалізації методів вирішення нелінійних рівнянь з однією змінною та структури комп'ютерної програми. 1. Приклади розв'язування рівнянь $f(x)=0$ на практиці. 2. Алгоритм комп'ютерної реалізації для методу поділу відрізка пополам. 3. Алгоритм комп'ютерної реалізації для методу простої ітерації. 4. Алгоритм комп'ютерної реалізації для методу Ньютона (дотичних). Основна література: [2–4, 7] Додаткова література: [2, 4–8]	3		2		1
Заняття 3/3	Розробка і налагодження комп'ютерної програми та вирішення тестових нелінійних рівнянь. 1. Розробка і налагодження комп'ютерної програми. 2. Підготовка даних для тестових завдань, їх вирішення та захист. Основна література: [2–4, 7] Додаткова література: [2, 4–8]	3		2		1
Тема 4	Характеристики графів.	9	2	4		3
Заняття 4/1	Характеристики графів. 1. Графи та їх задання в комп'ютері. 2. Нумерація вершин та ребер графа. Метод пошуку в ширину. 3. Діаметр та центр графа. Основна література: [1, 6, 7] Додаткова література: [1, 6–8]	3	2			1
Заняття 4/2	Розробка алгоритму комп'ютерної реалізації методу пошуку в ширину та загального алгоритму визначення характеристик графа.	3		2		1

	<p>1. Практичне подання інформації про граф на комп'ютері.</p> <p>2. Схема алгоритму знаходження діаметра та центра графа.</p> <p>Основна література: [1, 6, 7]</p> <p>Додаткова література: [1, 6–8]</p>					
Заняття 4/3	<p>Розробка і налагодження комп'ютерної програми та визначення за її допомогою характеристик тестового графа.</p> <p>1. Розробка тексту комп'ютерної програми.</p> <p>2. Налаштування програми.</p> <p>3. Підготовка даних для тестового завдання.</p> <p>4. Вирішення тестового завдання та його захист.</p> <p>Основна література: [1, 6, 7]</p> <p>Додаткова література: [1, 6–8]</p>	3		2		1
Тема 5	Остовні дерева.	9	2	4		3
Заняття 5/1	<p>Остовні дерева.</p> <p>1. Дерева та їх основні властивості. Остовне дерево. Остов найменшої ваги.</p> <p>2. Методи Крускала та Пріма для побудови остова найменшої ваги.</p> <p>3. Алгоритм реалізації методу Крускала на основі множин, що не перетинаються та оцінка його складності.</p> <p>Основна література: [1, 6, 7]</p> <p>Додаткова література: [1, 6–8]</p>	3	2			1
Заняття 5/2	<p>Поняття про нумеровані списки. Розробка алгоритму комп'ютерної реалізації методу Крускала та загального алгоритму побудови остовного дерева.</p> <p>1. Поняття про нумеровані списки.</p> <p>2. Вхідна інформація.</p> <p>3. Алгоритм комп'ютерної реалізації методу Крускала.</p> <p>4. Розробка загального алгоритму побудови остовного дерева.</p> <p>Основна література: [1, 6, 7]</p> <p>Додаткова література: [1, 6–8]</p>	3		2		1
Заняття 5/3	<p>Розробка і налагодження комп'ютерної програми та побудова за її допомогою остовного дерева для тестового графа</p> <p>1. Розробка тексту комп'ютерної програми.</p> <p>2. Налаштування програми.</p> <p>3. Підготовка даних для тестового завдання, його вирішення та захист.</p> <p>Основна література: [1, 6, 7]</p> <p>Додаткова література: [1, 6–8]</p>	3		2		1
Тема 6	Мінімальний шлях на графі.	9	2	4		3
Заняття 6/1	<p>Мінімальний шлях на графі.</p> <p>1. Довжина дуг та шляху.</p> <p>2. Алгоритм Дейкстри.</p> <p>3. Дерево найкоротших шляхів.</p> <p>Основна література: [1, 6, 7]</p> <p>Додаткова література: [1, 6–8]</p>	3	2			1
Заняття 6/2	<p>Розробка алгоритмів методів алгоритмів комп'ютерної реалізації Дейкстри і пошуку в ширину та структури комп'ютерної програми.</p> <p>1. Пройдені та помічені вершини та їх обробка.</p>	3		2		1

	<p>2. Побудова структурної схеми алгоритму Дейкстри.</p> <p>3. Формування черги вузлів при знаходженні найкоротших відстаней методом пошуку в ширину.</p> <p>4. Вхідні дані та результати розрахунку.</p> <p>Основна література: [1, 6, 7]</p> <p>Додаткова література: [1, 6–8]</p>					
Заняття 6/3	<p>Розробка і налагодження комп'ютерної програми та визначення за її допомогою мінімальних шляхів від заданої вершини до всіх інших вершин тестового графа.</p> <p>1. Розробка тексту комп'ютерної програми на основі використання алгоритму методу Дейкстри чи методу пошуку в ширину.</p> <p>2. Налаштування програми.</p> <p>3. Підготовка даних для тестового завдання, його вирішення та захист.</p> <p>Основна література: [1, 6, 7]</p> <p>Додаткова література: [1, 6–8]</p>	3		2		1
Тема 7	Чисельне диференціювання та інтегрування функцій. Розв'язання задачі Коші для звичайних диференціальних рівнянь.	3	2			1
Заняття 7/1	<p>Чисельне диференціювання та інтегрування функцій. Розв'язання задачі Коші для звичайних диференціальних рівнянь.</p> <p>1. Методи чисельного диференціювання.</p> <p>2. Методи чисельного інтегрування функцій.</p> <p>3. Методи вирішення задачі Коші для звичайних диференціальних рівнянь.</p> <p>4. Машинна похибка обчислень.</p> <p>Основна література: [2–4, 7]</p> <p>Додаткова література: [2, 3, 6–8]</p>	3		2		1
Тема 8	Практична реалізація алгоритмів чисельного диференціювання, інтегрування функцій та розв'язання задачі Коші для звичайних диференціальних рівнянь. Оцінка точності.	3		2		1
Заняття 8/1	<p>Практична реалізація алгоритмів чисельного диференціювання, інтегрування функцій та розв'язання задачі Коші для звичайних диференціальних рівнянь. Оцінка точності.</p> <p>1. Різницеві схеми чисельного диференціювання функцій та оцінки похибки обчислень.</p> <p>2. Чисельне інтегрування функцій методами правих і лівих прямокутників, трапецій та Сімпсона.</p> <p>3. Методи Ейлера, прогнозу і корекції та Рунге-Кутта вирішення задачі Коші для звичайних диференціальних рівнянь.</p> <p>Основна література: [2–4, 7]</p> <p>Додаткова література: [2, 3, 6–8]</p>	3		2		1
Тема 9	Багатокрокові методи розв'язання диференціальних рівнянь. Неявні методи розв'язання жорстких задач. Крайові задачі для звичайних диференціальних рівнянь.	3	2			1

Заняття 9/1	Багатокрокові методи розв'язання диференціальних рівнянь. Неявні методи розв'язання жорстких задач. Крайові задачі для звичайних диференціальних рівнянь. 1. Багатокрокові методи розв'язання диференціальних рівнянь. 2. Неявні методи розв'язання жорстких задач. 3. Крайові задачі для звичайних диференціальних рівнянь. Основна література: [2–4, 7] Додаткова література: [2, 3, 6–8]	3	2			1
Тема 10	Інтегральні рівняння.	3	2			1
Заняття 10/1	Інтегральні рівняння. 1. Інтегральні рівняння. Означення 2. Основні типи інтегральних рівнянь 3. Фізичні приклади 4. Методи вирішення інтегральних рівнянь Основна література: [2–5, 7, 8] Додаткова література: [2, 3, 6–8]	3	2			1
Тема 11	Поняття про рівняння з частинними похідними, їх класифікація та основні ідеї методів їх розв'язання.	6	2	2		2
Заняття 11/1	Поняття про рівняння з частинними похідними, їх класифікація та основні ідеї методів їх розв'язання. 1. Поняття частинної похідної. 2. Основні типи диференційних рівнянь. 3. Методи сіток для вирішення еліптичних, параболічних та гіперболічних рівнянь в частинних похідних. Основна література: [2–5, 7, 8] Додаткова література: [2, 3, 6–8]	3	2			1
Заняття 11/2	Модульна контрольна робота. 1. Знайти розв'язок СЛАР методом Гауса 2. Знайти розв'язок рівняння $f(x)=0$ одним із вказаних методів: ітерацій, поділу пополам, хорд, Ньютона. 3. Знайти точне та наближене значення похідної на основі різницевої схеми у заданій точці та визначити абсолютну та відносну похибки обчислень. 4. Знайти значення визначеного інтеграла одним із методів: правих чи лівих прямокутників, трапецій або Сімпсона. Основна література: [1–8] Додаткова література: [1–8]	3		2		1
Тема 12	Методи інтерполяції функцій.	4	2			2
Заняття 12/1	Методи інтерполяції функцій. 1. Поняття інтерполяції. 2. Лінійна інтерполяція та алгоритм її реалізації. 3. Перша та друга інтерполяційні формули Ньютона. 4. Інтерполяційний поліном Лагранжа та алгоритм його реалізації. Поняття про сплайн-інтерполяцію. Основна література: [2–5, 7, 8] Додаткова література: [2, 3, 6–8]	4	2			2
Тема 13	Апроксимація функцій. Екстраполяція та наближення функцій. Оцінка похибок обчислень.	4	2			2

Заняття 13/1	Апроксимація функцій. Екстраполяція та наближення функцій. Оцінка похибок обчислень. 1. Поняття апроксимації. 2. Використання методу найменших квадратів. 3. Ортогональні поліноми. 4. Апроксимація методом Ньютона. Основна література: [2–5, 7, 8] Додаткова література: [2, 3, 6–8]	4	2			2
Тема 14	Розробка та налагодження комп'ютерних програм, що реалізують метод лінійної інтерполяції та інтерполяційний поліном Лагранжа.	7		4		3
Заняття 14/1	Розробка алгоритмів комп'ютерної реалізації для способу лінійної інтерполяції функцій та поліномів Лагранжа. 1. Практичне вирішення задач лінійної інтерполяції без використання комп'ютера. 2. Розробка схема алгоритму лінійної інтерполяції. 3. Розробка схема алгоритму визначення значення функції за допомогою інтерполяційного поліному Лагранжа. Основна література: [2–5, 7, 8] Додаткова література: [2, 3, 6–8]	3		2		1
Заняття 14/2	Розробка і налагодження комп'ютерних програм, що реалізують методи лінійної інтерполяції та інтерполяційний поліном Лагранжа для функцій, заданих таблично. Вирішення контрольних завдань. 1. Розробка і налагодження комп'ютерних програм, що реалізують методи лінійної інтерполяції та інтерполяційний поліном Лагранжа для функцій, заданих таблично. 2. Підготовка даних для тестових контрольних завдань, їх вирішення та захист. Основна література: [2–5, 7, 8] Додаткова література: [2, 3, 6–8]	2		2		0
Заняття 14/3	Налагодження комп'ютерних програм та їх захист. 1. Налагодження, тестування комп'ютерних програм, що реалізують методи лінійної інтерполяції та інтерполяційний поліном Лагранжа для функцій, заданих таблично. Основна література: [2–5, 7, 8] Додаткова література: [2, 3, 6–8]	2				2
Разом за розділом 1		82	24	28		30
Залік		8		2		6
Всього годин		90	24	30		36

6. Самостійна робота курсанта

Головними видами самостійної роботи курсантів є:

- самостійна підготовка до аудиторних занять;
- самостійна підготовка до екзамену.

Доцільно час самостійної підготовки для поглибленого вивчення та закріплення навчального матеріалу розподілити наступним чином:

№ з/п	Назва теми та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу)	Кількість годин СР
1	<p>Тема 1. Системи лінійних рівнянь та прямі методи їх вирішення.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Метод підстановки та його формалізація. 2. Метод Гауса вирішення СЛАР. 3. Розв'язування СЛАР методом Гауса "вручну". 4. Формування структури розрахункової комп'ютерної програми. 5. Розробка комп'ютерного додатку. 6. Вирішення індивідуального завдання та оформлення електронного звіту. <p>Основна література: [2–4, 7] Додаткова література: [2, 4–8]</p>	3
2	<p>Тема 2. СЛАР великої розмірності, власні значення і власні вектори та їх обчислення.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Системи рівнянь великого порядку. 2. Ітераційні методи. 3. Точні методи для СЛАР з розрідженою матрицею. 4. Власні значення та власні вектори. Методи їх знаходження. 5. Для матриці СЛАР другого порядку знайти найбільше власне значення. 6. Методом ітерацій знайти корені СЛАР другого порядку для випадку матриці з діагональним переважанням. <p>Основна література: [2–4, 7] Додаткова література: [2, 4–8]</p>	2
3	<p>Тема 3. Чисельні методи розв'язання нелінійних рівнянь.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Відділення коренів. 2. Метод поділу відрізка пополам. 3. Метод простої ітерації. 4. Методи січних та дотичних. 5. Вирішення рівнянь виду $ax^2 + bx + c = 0$ методами поділу відрізка пополам, Ньютона та хорд "вручну". 6. Формування структури розрахункової комп'ютерної програми. 7. Розробка комп'ютерного додатку. 8. Вирішення індивідуального завдання та оформлення електронного звіту. <p>Основна література: [2–4, 7] Додаткова література: [2, 4–8]</p>	3
4	<p>Тема 4. Характеристики графів.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Графи та їх задання в комп'ютері. 2. Нумерація вершин та ребер графа. Метод пошуку в ширину. 3. Діаметр та центр графа. 4. Практичне визначення ексцентрисітету вершини "вручну" методом пошуку в ширину з формуванням черги вузлів. 5. Формування інформації про граф, необхідної для вирішення тестового індивідуального завдання. 6. Розробка тексту комп'ютерної програми, її налагодження, вирішення тестового завдання та оформлення електронного звіту. <p>Основна література: [1, 6, 7] Додаткова література: [1, 6–8]</p>	3
5	<p>Тема 5. Остовні дерева.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Деревя та їх основні властивості. Остовне дерево. Остов найменшої ваги. 2. Методи Крускала та Пріма для побудови остова найменшої ваги. 3. Алгоритм реалізації методу Крускала на основі множин, що не перетинаються та оцінка його складності. 4. Нумеровані списки. 5. Розробка і налагодження комп'ютерної програми. 	3

	<p>6. Підготовка даних для тестового завдання, його вирішення та захист. Основна література: [1, 6, 7] Додаткова література: [1, 6–8]</p>	
6	<p>Тема 6. Мінімальний шлях на графі. 1. Довжина дуг та шляху. 2. Алгоритм Дейкстри. 3. Дерево найкоротших шляхів. 4. Пройдені і помічені вершини та їх обробка. 5. Формування черги вузлів при знаходженні найкоротших відстаней методом пошуку в ширину. 6. Розробка тексту комп'ютерної програми на основі використання алгоритму методу Дейкстри чи методу пошуку в ширину. 7. Підготовка даних тестового завдання, його вирішення, оформлення та захист Основна література: [1, 6, 7] Додаткова література: [1, 6–8]</p>	3
7	<p>Тема 7. Чисельне диференціювання та інтегрування функцій. Розв'язання задачі Коші для звичайних диференціальних рівнянь. 1. Методи чисельного диференціювання. 2. Методи чисельного інтегрування функцій. 3. Методи вирішення задачі Коші для звичайних диференціальних рівнянь. 4. Машинна похибка обчислень. 5. Обчислити точне та наближене значення похідної від функції в заданій точці, що є поліномом другого порядку, на основі правих та лівих різницевих схем. Основна література: [2–4, 7] Додаткова література: [2, 3, 6–8]</p>	1
8	<p>Тема 8. Практична реалізація алгоритмів чисельного диференціювання, інтегрування функцій та розв'язання задачі Коші для звичайних диференціальних рівнянь. Оцінка точності. 1. Різницеві схеми чисельного диференціювання функцій та оцінки похибки обчислень. 2. Чисельне інтегрування функцій методами правих і лівих прямокутників, трапецій та Сімпсона. Порядок точності методів. 3. Методи Ейлера, прогнозу і корекції та Рунге-Кутта вирішення задачі Коші для звичайних диференціальних рівнянь. Порядок точності методів. 4. Знайти точне та наближене значення визначеного інтеграла на відрізку $[0, 2]$ для вибраної самостійно лінійної функції методами лівих, правих прямокутників та методом трапецій з розбиттям відрізка на 4 та 8 частин. Визначити абсолютну та відносну похибки. Основна література: [2–4, 7] Додаткова література: [2, 3, 6–8]</p>	1
9	<p>Тема 9. Багатокрокові методи розв'язання диференціальних рівнянь. Неявні методи розв'язання жорстких задач. Крайові задачі для звичайних диференціальних рівнянь. 1. Багатокрокові методи розв'язання диференціальних рівнянь. 2. Неявні методи розв'язання жорстких задач. 3. Крайові задачі для звичайних диференціальних рівнянь. 4. Навести приклади звичайних диференціальних рівнянь, які розв'язуються лише чисельними методами. 5. Навести приклади “жорстких” диференціальних рівнянь. 6. Сформулювати задачу Коші і крайову задачу. В чому відмінність у постановці цих задач? Чи можлива постановка крайової задачі для рівняння першого порядку. Основна література: [2–4, 7] Додаткова література: [2, 3, 6–8]</p>	1

10	<p>Тема 10. Інтегральні рівняння.</p> <ol style="list-style-type: none"> Інтегральні рівняння. Означення. Основні типи інтегральних рівнянь. Фізичні приклади. Методи вирішення інтегральних рівнянь. Навести приклади інтегральних рівнянь. Сформувати структурну схему для типів інтегральних рівнянь. <p>Основна література: [2–5, 7, 8] Додаткова література: [2, 3, 6–8]</p>	1
11	<p>Тема 11. Поняття про рівняння з частинними похідними, їх класифікація та основні ідеї методів їх розв'язання.</p> <ol style="list-style-type: none"> Поняття частинної похідної. Основні типи диференціальних рівнянь. Методи сіток для вирішення еліптичних, параболічних та гіперболічних рівнянь в частинних похідних. Підготуватися до написання модульної контрольної роботи, де передбачені такі завдання: <ol style="list-style-type: none"> Знайти розв'язок СЛАР методом Гауса. Знайти розв'язок рівняння $f(x)=0$ одним із вказаних методів: ітерацій, поділу пополам, хорд, Ньютона. Знайти точне та наближене значення похідної на основі різницевої схеми у заданій точці та визначити абсолютну та відносну похибки обчислень. Знайти значення визначеного інтеграла одним із методів: правих чи лівих прямокутників, трапецій або Сімпсона. <p>Основна література: [2–5, 7, 8] Додаткова література: [2, 3, 6–8]</p>	2
12	<p>Тема 12. Методи інтерполяції функцій.</p> <ol style="list-style-type: none"> Поняття інтерполяції. Лінійна інтерполяція та алгоритм її реалізації. Перша та друга інтерполяційні формули Ньютона. Інтерполяційний поліном Лагранжа та алгоритм його реалізації. Поняття про сплайн-інтерполяцію. Розробити структурну схему алгоритмів, що реалізують методу лінійної інтерполяції при заданого числа вузлів інтерполяції та інтерполяційного полінома Лагранжа при заданому числі вузлів інтерполяції. <p>Основна література: [2–5, 7, 8] Додаткова література: [2, 3, 6–8]</p>	2
13	<p>Тема 13. Апроксимація функцій. Екстраполяція та наближення функцій. Оцінка похибок обчислень.</p> <ol style="list-style-type: none"> Поняття апроксимації. Використання методу найменших квадратів. Ортогональні поліноми. Апроксимація методом Ньютона. <p>Основна література: [2–5, 7, 8] Додаткова література: [2, 3, 6–8]</p>	2
14	<p>Тема 14. Розробка алгоритмів комп'ютерної реалізації для способу лінійної інтерполяції функцій та поліномів Лагранжа.</p> <ol style="list-style-type: none"> Практичне вирішення задач лінійної інтерполяції без використання комп'ютера. Розробка схеми алгоритму лінійної інтерполяції. Розробка схеми алгоритму визначення значення функції за допомогою інтерполяційного поліному Лагранжа. Розробка і налагодження комп'ютерних програм, що реалізують методи лінійної інтерполяції та інтерполяційний поліном Лагранжа для функцій, заданих таблично. 	3

	5. Підготовка даних для тестових контрольних завдань, їх вирішення та захист. Основна література: [2–5, 7, 8] Додаткова література: [2, 3, 6–8]	
15	Залік	6
16	Всього годин	36

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

У ході навчальних занять використовуються наступні методи навчання:

- усне викладання матеріалу;
- обговорення учбового матеріалу;
- практична робота в класі з застосуванням комп'ютерної техніки;
- самостійна робота під керівництвом викладача.

Відвідування занять є обов'язковим. Відсутність на заняттях з будь-яких причин не вважається поважною причиною невиконання відповідного завдання для самостійного виконання.

Під час занять всі мобільні телефони мають бути переведені на беззвучний режим роботи. Під час занять заборонено надсилання текстових повідомлень, прослуховування музики, перевірка електронної пошти, соціальних мереж тощо. Електронні пристрої, включаючи мобільні телефони та ноутбуки можна використовувати лише за умови виробничої необхідності в них (за погодженням з викладачем).

Всі робочі оголошення та необхідні матеріали курсу будуть розміщуватися на вказаній сторінці. Очікується, що курсанти перевірятимуть свою електронну пошту і сторінку навчальної дисципліни в Google Classroom та реагуватимуть своєчасно. Результат виконання завдань для самостійного виконання також мають бути викладені на сторінці Google Classroom у форматі, який буде вказаний викладачем. Також через сторінку Google Classroom курсанти можуть надіслати у вигляді відкритого чи приватного листа викладачу питання, що виникли під час виконання завдань, або інші питання стосовно курсу, який вивчається.

Завдання для самостійного виконання мають бути виконані і надіслані на перевірку виключно до дати, яка вказана як кінцевий термін її виконання. Завдання надіслані після вказаного строку можуть але не зобов'язані бути перевірені та оцінені викладачем.

Кожний курсант зобов'язаний дотримуватися принципів академічної доброчесності. Письмові завдання з використанням часткових або повнотекстових запозичень з інших робіт без зазначення авторства – це плагіат. Використання будь-якої інформації (текст, фото, ілюстрації тощо) мають бути правильно процитовані з посиланням на автора. До курсантів, у роботах яких буде виявлено списування, плагіат чи інші прояви недоброчесної поведінки можуть бути застосовані різні дисциплінарні заходи.

У випадку запровадження обмежувальних заходів, що унеможливають організацію і здійснення освітнього процесу в навчальних приміщеннях у складі груп, проведення навчальних занять з даної навчальної дисципліни можна здійснювати віддалено з використанням технологій дистанційного навчання.

Навчальні матеріали та ресурси, зазначена у розділі 4 цієї робочої програми навчальної дисципліни (силабусі) є відкритими, не містять відомостей з обмеженим доступом і можуть бути оприлюднені з використанням технологій дистанційного навчання, а сама програма не потребує коригування у випадку проведення навчальних занять у дистанційному режимі.

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

Основними видами контролю, які застосовуються в процесі вивчення навчальної дисципліни “Чисельні методи” є:

- поточний контроль;
- підсумковий контроль.

Поточний контроль рівня і якості знань, навичок та вмінь здійснюється за результатами виконання індивідуальних практичних завдань. Він стимулює систематичну роботу курсантів над матеріалом навчальної дисципліни та забезпечує його своєчасне засвоєння і закріплення у кожній темі.

Основні види поточного контролю:

- модульна контрольна робота за матеріалами тем 7–10;
- розробка комп’ютерних додатків, що вирішують індивідуальне практичне завдання за темами 1–6 та 12, що передбачає:
 - перевірку теоретичних знань стосовно вирішуваної індивідуальної практичної задачі та перевірку вміння на конкретному простому прикладі продемонструвати ці знання;
 - перевірку вміння формувати програмний код на мові C/C++, чи іншій мові за вибором курсанта, де передбачається захист програмного коду, включаючи пояснення суті операторів та блоків програми;
 - вирішення практичного індивідуального завдання на основі розробленої комп’ютерної програми та оформлення результатів;
 - залік на основі результатів модульної контрольної роботи та розробки комп’ютерних додатків.

Модульна контрольна робота охоплює перевірку знань, умінь та досвіду практичного використання отриманих знань стосовно матеріалів тем 7–10. Завдання модульної контрольної роботи в кожній з робіт містять чотири індивідуальних завдання, а саме:

1. Знайти розв’язок СЛАР методом Гауса.
2. Знайти розв’язок рівняння $f(x) = 0$ одним із вказаних методів: ітерацій, поділу пополам, хорд, Ньютона.
3. Знайти точне та наближене значення похідної на основі різницевої схеми у заданій точці та визначити абсолютну та відносну похибки обчислень.
4. Знайти значення визначеного інтеграла одним із методів: правих чи лівих прямокутників, трапецій або Сімпсона.

Підсумковий контроль з навчальної дисципліни представлений заліком у 6-у семестрі. При проведенні заліку оцінка за роботу в семестрі визначається за кількістю набраних балів в ході навчання у відповідності з рейтинговою системою оцінювання, або за результатами залікової контрольної роботи.

Видами контролю якості навчання здобувачів є: поточний, календарний та семестровий контроль.

Оцінювання результатів навчання курсантів здійснюється у відповідності до Методичних рекомендацій до розроблення і застосування рейтингових систем оцінювання курсантів (студентів) в ІСЗЗІ КПІ ім. Ігоря Сікорського. Рейтингова оцінка трансформується до університетської системи оцінювання згідно з табл. 1.

Таблиця 1 – Переведення рейтингових балів до оцінок за університетською шкалою

Кількість балів Рейтингові бали, RD	Оцінка за університетською шкалою
95-100	Відмінно
85-94	Дуже добре
75-84	Добре
65-74	Задовільно

60-64	Достатньо
Менше ніж 60	Незадовільно

1. Рейтинг курсанта з навчальної дисципліни “Чисельні методи” визначається балами за:

1) модульну контрольну роботу;

2) шість індивідуальних завдань, які передбачають розробку комп’ютерних додатків, що реалізують ряд чисельних методів, які вивчаються в курсі навчальної дисципліни “Чисельні методи”.

2. Критерії нарахування балів.

2.1. Модульна контрольна робота.

Ваговий бал – 16.

На модульну контрольну роботу виносяться чотири завдання. Кожне із завдань оцінюватиметься чотирма балами.

Критерії оцінювання:

“Відмінно” – завдання виконано без зауважень, 4 бали;

“Добре” – в завданні допущена неточність несуттєвого характеру, або при правильному ході рішення практично виконане завдання не закінчено, 3 бали;

“Задовільно” – виконано тільки частину завдання і при цьому не допущено помилок у алгоритмі його вирішення, або допущено помилку в алгоритмі виконання завдання, що призвело до помилкового результату, 2 бали;

“Незадовільно” – при рішенні допущена суттєва помилка при неправильному алгоритмі виконання завдання, або алгоритм виконання завдання суттєво відрізняється від правильного, або рішення відсутнє, 0 балів.

Тобто максимум $4 \cdot 4 \cdot 1 = 16$ балів.

2.2. Індивідуальні завдання, які передбачають розробку комп’ютерних програм, що реалізують ряд чисельних методів, які вивчаються в курсі навчальної дисципліни “Чисельні методи”.

Ваговий бал – 14.

Завдання за темою 1 передбачають вирішення однієї індивідуальної задачі, де при зарахуванні роботи враховуються:

– теоретичні знання та вміння на конкретному прикладі знайти корені системи лінійних рівнянь 2-3 порядку методом Гауса з вибором максимального елемента в стовпчику (максимальна сума балів – 5);

– вміння формувати програмний код на мові C/C++, чи іншій мові за вибором курсанта. За результатом захисту (пояснення суті операторів та блоків) програми курсант отримує до 6 балів;

– практичне визначення кореня рівняння із заданою точністю на основі розробленої комп’ютерної програми та її оформлення (3 бали).

Разом 14 балів.

Тобто максимум $14 \cdot 1 = 14$ балів.

Завдання за темами 4, 5, 6 передбачають вирішення однієї індивідуальної задачі, де при зарахуванні роботи враховуються:

– теоретичні знання та вміння на конкретному прикладі проілюструвати роботу алгоритму методу вирішення завдання (максимальна сума балів – 3);

– вміння формувати програмний код на мові C/C++, чи іншій мові за вибором курсанта. За результатом захисту (пояснення суті операторів та блоків) програми курсант отримує до 8 балів;

– практичне визначення кореня рівняння із заданою точністю на основі розробленої комп’ютерної програми та її оформлення (3 бали).

Разом 14 балів.

Тобто максимум $14 \cdot 3 = 42$ бали.

Завдання за темою 3 передбачає вирішення трьох індивідуальних задач, де при зарахуванні роботи враховуються:

1. Стосовно методу ітерацій:

– теоретичні знання та вміння на конкретному прикладі привести рівняння $f(x) = 0$ до вигляду $x = \varphi(x)$, де $\varphi'(x) < 1$, та на простому прикладі знайти одне ітераційне значення невідомої (максимальна сума балів – 2);

– вміння формувати програмний код на мові C/C++, чи іншій мові за вибором курсанта. За результатом захисту (пояснення суті операторів та блоків) програми курсант отримує 2 бали;

– практичне визначення кореня рівняння із заданою точністю на основі розробленої комп'ютерної програми та її оформлення (1 бал).

Разом 5 балів.

2. Стосовно методу поділу пополам:

– теоретичні знання та вміння на конкретному прикладі рівняння $f(x) = 0$ визначити діапазон значень невідомої, на якому функція змінює знак, та на простому прикладі знайти три ітераційні значення невідомої (максимальна сума балів – 2);

– вміння формувати програмний код на мові C/C++, чи іншій мові за вибором курсанта. За результатом захисту (пояснення суті операторів та блоків) програми курсант отримує 2 бали;

– практичне визначення кореня рівняння із заданою точністю на основі розробленої комп'ютерної програми та її оформлення (1 бал).

Разом 5 балів.

3. Стосовно методу Ньютона:

– теоретичні знання та вміння на конкретному прикладі рівняння $f(x) = 0$ визначити початкове значення невідомої, на якому добуток функції на її другу похідну буде додатною, на простому прикладі знайти одне ітераційне значення невідомої (максимальна сума балів – 2);

– сформувати і захистити програмний код на мові C/C++, чи іншій мові за вибором курсанта (максимальна сума балів – 1);

– практичне визначення кореня рівняння із заданою точністю на основі розробленої комп'ютерної програми та її оформлення (1 бал).

Разом 4 бали.

Тобто максимум $(5 + 5 + 4) \cdot 1 = 14$ балів.

Завдання за темою 12 передбачає вирішення двох індивідуальних задач, де при зарахуванні роботи враховуються:

1. Стосовно методу лінійної інтерполяції:

– теоретичні знання та вміння на конкретному прикладі знайти значення функції та похідної в заданій точці з використанням правої, лівої та симетричної різницьових схем при вказаному кроці h для заданих в таблицях значень функції в точках інтерполяції, (максимальна сума балів – 3);

– вміння формувати програмний код на мові C/C++, чи іншій мові за вибором курсанта. За результатом захисту (пояснення суті операторів та блоків) програми курсант отримує до 3 балів;

– практичне визначення кореня рівняння із заданою точністю на основі розробленої комп'ютерної програми та її оформлення (1 бал).

Разом 7 балів.

2. Стосовно інтерполяційного полінома Лагранжа:

– теоретичні знання та вміння на конкретному прикладі знайти значення функції та похідної в заданій точці з використанням правої, лівої та симетричної різницьових схем при вказаному кроці h для заданих в таблицях значень функції в точках інтерполяції, (максимальна сума балів – 3);

– вміння формувати програмний код на мові C/C++, чи іншій мові за вибором курсанта. За результатом захисту (пояснення суті операторів та блоків) програми курсант отримує до 3 балів;

– практичне визначення кореня рівняння із заданою точністю на основі розробленої комп'ютерної програми та її оформлення (1 бал).

Разом 7 балів.

Тобто максимум $(7 + 7) \cdot 1 = 14$ балів.

$$RD = 100 = \sum_k r_k + \sum r_3 + \sum r_{III}$$

$RD = 16 + 14 + 42 + 14 + 14 = 100$ балів.

2.5. Залікова контрольна робота оцінюється 100 балами. Контрольне завдання цієї роботи складається з 7 питань. Її написання орієнтоване на вирішення завдань за темами 1, 3–6, 13 та одного із завдань модульної контрольної роботи. Для кожного зі завдань за темами 1, 3–6, 13 на кроках їх виконання необхідно вказувати, який з кроків відповідного алгоритму використовується при вирішенні завдання. У завданні залікової контрольної роботи буде також одне з завдань модульної контрольної роботи.

Оцінювання результатів кожного завдання провадиться з урахуванням того, що нижня межа позитивного оцінювання має бути не нижчою за 60 балів, а негативний результат оцінюється 0 балів, де значення R_k дорівнює 14 балам для завдань за темами 1, 3–6, 13, а для одного з завдань модульної контрольної роботи – 16 балів, а саме:

“відмінно” – завдання виконано без зауважень, або допущена неточність несуттєвого характеру, 95...100 балів;

“дуже добре” – при правильному ході рішення практично виконане завдання не закінчено, або при правильному алгоритмі допущена неточність, яка призвела до результату, що суттєво відрізняється від правильного, 85...94 балів;

“добре” – при правильному ході рішення практично виконане завдання не закінчено, або при правильному алгоритмі допущена неточність, яка призвела до результату, що суттєво відрізняється від правильного, 75...84 балів;

“задовільно” – виконано тільки частину завдання і при цьому не допущено помилок у алгоритмі його вирішення, або допущено помилку в алгоритмі виконання завдання, що призвело до помилкового результату, 65...74 балів;

“достатньо” – виконано тільки частину завдання і при цьому не допущено помилок у алгоритмі його вирішення, або допущено помилку в алгоритмі виконання завдання, що призвело до помилкового результату, 60...64 балів;

“незадовільно” – при рішенні допущена суттєва помилка при неправильному алгоритмі виконання завдання, або алгоритм виконання завдання суттєво відрізняється від правильного, або рішення відсутнє, 0 балів.

3. Умовою атестації є отримання не менше 50% від кількості балів, яку курсант може отримати на час її проведення.

4. Календарний контроль (атестація) проводиться згідно Графіка-календаря освітнього процесу ІСЗЗІ КПІ ім. Ігоря Сікорського на навчальний рік.

Умовою допуску до заліку є: виконання усіх завдань, що передбачені робочою програмою навчальної дисципліни.

5. Сума рейтингових балів, отриманих курсантом протягом семестру, переводиться до підсумкової оцінки згідно з таблицею. Якщо сума балів менша за 60, курсант виконує залікову контрольну роботу. У цьому разі сума балів за виконання залікової контрольної роботи переводиться до підсумкової оцінки згідно з табл. 2.

6. Курсант, який набрав протягом семестру необхідну кількість балів ($RD \geq 60$), отримує залікову оцінку (залік) так званим “автоматом” відповідно до набраного рейтингу. В такому разі до заліково-екзаменаційної відомості вносяться бали RD та відповідні оцінки.

Курсант, який у семестрі отримав більше 60 балів, може виконувати залікову контрольну роботу з метою підвищення оцінки. У цьому разі бали, отримані ним на заліковій контрольній роботі, є остаточними.

Якщо оцінка за залікову контрольну роботу більша ніж за рейтингом, курсант отримує оцінку за результатами залікової контрольної роботи.

Якщо оцінка за залікову контрольну роботу менша, ніж за рейтингом, викладач застосовує жорстку рейтингову систему оцінювання. При цьому попередній рейтинг курсанта з навчальної дисципліни скасовується і він отримує оцінку з урахуванням результатів залікової контрольної роботи.

Для отримання курсантом відповідних оцінок його рейтингова оцінка RD переводиться згідно з табл. 2.

Таблиця 2 – Визначення оцінки за університетською шкалою

Рейтингові бали, RD	Оцінка за університетською шкалою
$95 \leq RD \leq 100$	Відмінно
$85 \leq RD \leq 94$	Дуже добре
$75 \leq RD \leq 84$	Добре
$65 \leq RD \leq 74$	Задовільно
$60 \leq RD \leq 64$	Достатньо
$RD < 60$	Незадовільно