



АЛГОРИТМИ ТА МЕТОДИ ОБЧИСЛЕНЬ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>12 Інформаційні технології</i>
Спеціальність	<i>123 Комп'ютерна інженерія</i>
Освітня програма	<i>Комп'ютерні системи та мережі</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна), заочна</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредитів, 120 годин</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік</i>
Розклад занять	<i>Лекції – 36 годин. Лабораторні роботи - 18 годин. Самостійна робота студентів- 66 годин</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор (очна): д.т.н, професор Новотарський Михайло Анатолійович Лектор (заочна) асистент Пономаренко Артем Миколайович novotar@gmail.com, https://cutt.ly/JwNHzyly Лабораторні (очна): к.т.н, доц. Порев Віктор Миколайович, Лабораторні (заочна): асистент Пономаренко Артем Миколайович v_porev@ukr.net
Розміщення курсу	https://classroom.google.com/c/NDQ3OTg3MTc3MzU3?cjc=kcjf5ua

Програма навчальної дисципліни

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

Навчальна дисципліна «Алгоритми та методи обчислень» призначена для надання базової математичної підготовки студентів у галузі методів розв'язування наукових та інженерно-технічних задач та програмування з врахуванням особливостей алгоритмічної реалізації чисельних методів.

Навчальна дисципліна «Алгоритми та методи обчислень» має код ПО9 у переліку компонентів освітньої програми та належить до циклу професійної підготовки.

В рамках першої частини курсу навчальної дисципліни розглядається поняття алгоритму, основні властивості та види алгоритмів, вивчаються три основні типи універсальних алгоритмічних моделей: рекурсивні функції, машина Тьюринга та нормальні алгоритми Маркова.

У другій частині курсу вивчаються методи інтерполявання функцій, заданих у вигляді таблиць, методи розв'язування нелінійних рівнянь, основні властивості матриць, векторів та визначників, методи розв'язування систем лінійних алгебраїчних рівнянь, наближене обчислення інтегралів, чисельне розв'язування задачі Коші для звичайних диференціальних рівнянь та чисельні методи розв'язування крайових задач для диференціальних рівнянь з частинними похідними.

Метою вивчення курсу «Алгоритми та методи обчислень» є ґрунтовне вивчення сучасних методів та технологій розробки і оцінювання алгоритмів, фундаментальна підготовка студентів у виборі та використанні методів алгоритмізації, методів обчислень, стійких до похибок, ефективних

методів обчислення математичних задач, аналізі одержаних наближених розв'язків, створенні високоефективних алгоритмів і програм, що враховують особливості реалізації обчислень, та сприяння розвитку логічного та аналітичного мислення студентів.

Предметом дисципліни є:

- методи аналізу алгоритмів;
- методи визначення обчислюваності та розв'язності функцій;
- чисельні методи розв'язування математичних задач.

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

Знання: основних методів обчислення та відповідних ефективних алгоритмів розв'язування математичних задач на ПК; обчислення значень та апроксимації і інтерполяції функцій, розв'язування систем лінійних алгебраїчних рівнянь та нелінійних рівнянь, числового інтегрування та диференціювання, розв'язування диференціальних рівнянь з вибором методу. Використання сплайнів у інтерполяції таблиць значення функцій та обчислення інтегралів. Аналіз і опрацювання результатів експерименту та апостеріорні оцінки похибок.

Вміння вибирати та обґрунтовувати використання на практиці тих чи інших методів обчислень, стійких до похибок і найбільш ефективних при їх практичній реалізації на ПК.

Досвід: студент повинен знати основні принципи розробки алгоритмів та програмного забезпечення розв'язування задач на ПК; досліджувати обчислювальні алгоритми, виявляти їх переваги та недоліки, обирати оптимальні алгоритми розв'язування задач, обробки даних та розробляти програми розв'язування задач; виконувати аналіз і опрацювання результатів розв'язування задач, використовувати методи оптимізації, апостеріорні оцінки похибок розв'язку задач чисельними методами.

Основні компетентності навчання

Здобувачі ступеня бакалавра за спеціальністю 123 після засвоєння вибіркової навчальної дисципліни мають підсилити такі **компетентності**.

1. Загальні компетентності:

ЗК01 Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК-02 Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

2. Фахові компетентності:

ФК02 Здатність брати участь у проектуванні програмного забезпечення, включаючи проведення моделювання (формальний опис) його структури, поведінки та процесів функціонування.

ФК04 Здатність забезпечувати захист інформації, що обробляється в комп'ютерних та кіберфізичних системах та мережах з метою реалізації встановленої політики інформаційної безпеки.

ФК10 Здатність здійснювати організацію робочих місць, їхнє технічне оснащення, розміщення комп'ютерного устаткування, використання організаційних, технічних, алгоритмічних та інших методів і засобів захисту інформації.

ФК13 Здатність вирішувати проблеми у галузі комп'ютерних та інформаційних технологій, визначати обмеження цих технологій.

ФК19 Здатність організації обчислювальних процесів в високопродуктивних комп'ютерних системах з різною структурною організацією на основі використання новітніх технологій планування, диспетчеризації та організації операційних систем.

Програмні результати навчання

ПРН6 Вміти застосовувати знання для ідентифікації, формулювання і розв'язування технічних задач спеціальності, використовуючи методи, що є найбільш придатними для досягнення поставлених цілей.

ПРН7 Вміти розв'язувати задачі аналізу та синтезу засобів, характерних для спеціальності.

ПРН8 Вміти системно мислити та застосовувати творчі здібності до формування нових ідей.

ПРН9 Вміти застосовувати знання технічних характеристик, конструктивних особливостей, призначення і правил експлуатації програмно-технічних засобів комп'ютерних систем та мереж для вирішення технічних задач спеціальності.

ПРН10 Вміти розробляти програмне забезпечення для вбудованих і розподілених застосувань, мобільних і гібридних систем, розраховувати, експлуатувати, типове для спеціальності обладнання.

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

Матеріал навчальної дисципліни пов'язаний з матеріалами, які вивчалися у курсах «Вища математика: Диференціальні обчислення, лінійна алгебра», «Програмування» та «Дискретна математика».

Знання та практичні навички, які отримані в рамках даної навчальної дисципліни, можуть бути застосовані при вивченні наступних курсів: «Комп'ютерне моделювання», «Основи програмної інженерії», «Системне програмування», «Технологія розподілених обчислень», «Мережні та інформаційні технології» та інші.

3. Зміст навчальної дисципліни

Навчальна дисципліна «Алгоритми та методи обчислень» включає вивчення наступних тем.

Розділ 1. Основи теорії алгоритмів

Тема 1.1. Вступ. Методи та задачі курсу, зв'язок з іншими дисциплінами. Основні розділи та питання, які мають бути досліджені. Зміст самостійних та лабораторних робіт. Особливості виконання лабораторних робіт та індивідуальних завдань, вимоги до них.

Тема 1.2. Поняття алгоритму, властивості й способи задавання алгоритмів.

Тема 1.3. Міри складності алгоритмів. Класи задач P та NP. Основи аналізу алгоритмів.

Тема 1.4. Похибка. Класифікація, джерела та правила розрахунку похибок. Значуща цифра, правила підрахунку цифр за Брадїсом, загальна формула для похибки.

Тема 1.5. Формалізація поняття алгоритму. Універсальні моделі алгоритмів. Рекурсивні функції. Примітивно рекурсивні функції. Оператор суперпозиції. Оператор примітивної рекурсії. Частково рекурсивні функції. Оператор мінімізації.

Тема 1.6. Машина Тьюринга. Функції, обчислювані за Тьюрингом.

Тема 1.7. Нормальні алгоритми Маркова. Еквівалентність різних універсальних алгоритмічних моделей. Підстановки Маркова. Нормальні алгоритми, застосування до слів. Обчислювана функція за Марковим. Принцип нормалізації Маркова. Збіг класу всіх нормально обчислюваних функцій з класом всіх функцій, обчислюваних за Тьюрингом.

Розділ 2. Основи чисельних методів

Тема 2.1. Інтерполювання та задача інтерполювання. Узагальнені многочлени. Інтерполювання алгебраїчними многочленами. Інтерполяційний многочлен Лагранжа. Інтерполяційний многочлен Лагранжа для рівновіддалених вузлів. Обернена інтерполяція. Інтерполяційний поліном Ньютона. Слайн-інтерполяція. Тригонометрична інтерполяція.

Тема 2.2. Методи чисельного диференціювання та інтегрування. Загальний порядок застосування чисельного диференціювання. Прямий спосіб обчислення визначеного інтеграла. Методи наближеного обчислення інтегралів. Методи Ньютона-Котеса: метод прямокутників, метод трапецій, формула парабол (формула Симпсона). Методи сплайн-інтегрування.

Тема 2.3. Методи розв'язування нелінійних рівнянь. Постановка задачі, етапи наближеного розв'язування нелінійних рівнянь. Метод половинного ділення. Метод пропорційних частин (метод хорд). Метод Ньютона (метод дотичних). Видозмінений метод Ньютона. Комбінований метод, метод ітерації, модифікований метод ітерації.

Тема 2.4. Розв'язування систем лінійних алгебраїчних рівнянь. Види систем лінійних алгебраїчних рівнянь. Сумісні і несумісні системи алгебраїчних рівнянь. Множина розв'язків системи алгебраїчних рівнянь. Розширена матриця системи лінійних алгебраїчних рівнянь. Ранг матриці (системи). Базисний мінор. Теорема Кронекера-Капеллі. Системи лінійних алгебраїчних рівнянь з квадратною матрицею. Однорідні системи лінійних алгебраїчних рівнянь. Фундаментальна система розв'язків системи однорідних лінійних алгебраїчних рівнянь. Загальний розв'язок неоднорідної системи лінійних рівнянь. Метод виключення Гауса. Метод Гауса-Жордана. Метод квадратного кореня. Метод прогонки.

Тема 2.5. Ітераційні методи розв'язування систем алгебраїчних рівнянь. Точні та ітераційні методи. Загальна схема побудови ітераційних методів. Побудова ітераційного процесу. Метод простої ітерації в координатній формі. Модифікація методу ітерацій. Достатня умова збіжності процесу ітерації в координатній формі. Метод Якобі в координатній формі. Метод Гауса-Зейделя в координатній формі. Метод релаксації в координатній формі. Канонічна форма запису однокрокових ітераційних методів. Узагальнений розв'язок системи лінійних рівнянь. Стаціонарний і нестаціонарний однокрокові методи. Метод простої ітерації (метод Якобі). Метод Гауса-Зейделя.

Тема 2.6. Розв'язування систем нелінійних алгебраїчних рівнянь. Визначення розв'язку систем нелінійних рівнянь. Метод простої ітерації. Збіжність ітераційного процесу. Перевірка умови збіжності. Метод Зейделя. Умова збіжності за методом Зейделя. Метод Ньютона. Спрощений ряд Тейлора для довільної функції. Представлення функції рядом Тейлора. Формування матриці рівнянь. Перевірка досягнення точності ітераційним процесом. Алгоритм розв'язування системи нелінійних рівнянь за методом Ньютона.

Тема 2.7. Чисельне розв'язування диференціальних рівнянь. Частковий розв'язок диференціального рівняння. Загальний розв'язок диференціального рівняння. Задача Коші (задача з початковими даними), крайова задача або задача з граничними умовами. Однокрокові методи. Метод Ейлера, уточнений метод Ейлера. Метод Рунге-Кутта. Багатокрокові методи. Явний метод Адамса (метод Адамса-Башфорта). Неявний метод Адамса (метод Адамса-Мултона). Порівняння методів Адамса і Рунге-Кутта. Методи прогнозу та корекції (методи предиктор-коректор). Метод прогнозу і корекції на основі методу Адамса четвертого порядку. Метод Мілна. Метод Хеммінга.

Тема 2.8. Чисельні методи розв'язування крайової задачі для звичайного диференціального рівняння (ЗДР). Скінченно-різницевий метод розв'язування крайової задачі з граничними умовами першого роду. Скінченно-різницевий метод розв'язування крайової задачі з граничними умовами третього роду. Апроксимація диференціального рівняння скінченними різницями в загальному вигляді, апроксимація граничних умов. Метод прогонки для розв'язування систем з трьохдіагональною матрицею.

Тема 2.9. Розв'язування рівнянь з частинними похідними. Класифікація диференціальних рівнянь з частинними похідними, типи рівнянь (еліптичний, параболічний, гіперболічний, мішаний). Поняття про метод скінченних різниць. Застосування методу скінченних різниць до розв'язування рівнянь параболічного типу. Скінченно-різницева апроксимація рівнянь гіперболічного типу. Скінченно-різницева апроксимація третьої крайової задачі для рівняння Пуассона в прямокутнику. Розв'язування задачі Дирихле методом сіток (методом скінченних різниць).

Тема 2.10. Ітераційні асинхронні методи. Метод асинхронних ітерацій. Метод асинхронних ітерацій з нерухомими точками.

4. Навчальні матеріали та ресурси

4.1. Базова література:

1. Новотарський М.А. Алгоритми та методи обчислень [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальностей 121 «Інженерія програмного забезпечення», спеціалізації «Програмне забезпечення високопродуктивних комп'ютерних систем та мереж» та 123 «Комп'ютерна інженерія», спеціалізації «Комп'ютерні системи та мережі» / М. А. Новотарський; КПІ ім. Ігоря Сікорського.- <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/27864>
2. Новотарський М. А. Лабораторні роботи з курсу «Алгоритми та методи обчислень» // методичні вказівки, 2020. – 97 с.
<https://classroom.google.com/u/0/w/NDE3ODIzNzU2MDk1/tc/NDEyNzkxNTg3NDI3>
3. Анджейчак І. А., Федюк Є. М. Практикум з обчислювальної математики частина 1. Навч. посіб. – Львів. ДУ «Львів. Політех.», 2000. – 100 с.
4. Анджейчак І. А. та ін. Практикум з обчислювальної математики. Лекції: Навч. посіб. частина 2. – Львів: «Львів. Політех», 2001. – 152с.

4.2. Додаткова література:

1. Возняк Л.С., Шарин С.В. Чисельні методи: Методичний посібник для студентів природничих спеціальностей. –Івано-Франківськ: “Плай”, 2001, –64 с.
2. Чисельні методи: Навчальний посібник. / Волонтир Л.О, Зелінська О.В., Потапова Н.А., Чіков І.А., Вінницький національний аграрний університет. – Вінниця: ВНАУ, 2020 – 322 с.
3. Гончаров О. А. Чисельні методи розв'язання прикладних задач : навч. посіб. / О. А. Гончаров, Л. В. Васильєва, А. М. Юнда. – Суми : Сумський державний університет, 2020. – 142 с.

4.3. Інформаційні ресурси:

1. Алгоритми та методи обчислень / дистанційний курс для студентів спеціальності 123 – Комп'ютерна інженерія //
2. <https://classroom.google.com/c/NDQ3OTg3MTc3MzU3?cjc=kcjf5ua>

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Структура навчальної дисципліни «Алгоритми та методи обчислень» представлена в таблиці 1 .

Таблиця 1

Структура навчальної дисципліни «Алгоритми та методи обчислень»

Назви розділів і тем	Кількість годин			
	Всього	у тому числі		
		Лекції	Лабораторні (комп'ютерний практикум)	СРС
РОЗДІЛ 1. ТЕОРІЯ АЛГОРИТМІВ	0			
Тема 1.1. Вступ. Методи та задачі курсу, зв'язок з іншими дисциплінами. Основні розділи та питання, які мають бути досліджені. Зміст самостійних та лабораторних робіт. Особливості виконання лабораторних робіт та індивідуальних завдань, вимоги.	7	1	2	4

Назви розділів і тем	Кількість годин			
	Всього	у тому числі		
		Лекції	Лабораторні (комп'ютерний практикум)	СРС
Тема 1.2. Поняття алгоритму, властивості й способи задавання алгоритмів.	7	1	2	4
Тема 1.3. Міри складності алгоритмів. Класи задач P і NP	10	2	4	4
Тема 1.4. Похибка. Класифікація, джерела та правила розрахунку похибок. Значуща цифра, правила підрахунку цифр за Брадисом, загальна формула для похибки.	10	2	4	4
Контрольна робота 1	2			2
Тема 1.5. Формалізація поняття алгоритму. Універсальні моделі алгоритмів. Рекурсивні функції. Примітивно рекурсивні функції. Оператор суперпозиції. Оператор примітивної рекурсії. Частково рекурсивні функції. Оператор мінімізації.	4	2		2
Тема 1.6. Машина Тьюринга. Функції, обчислювані за Тьюрингом.	4	2		2
Тема 1.7. Нормальні алгоритми Маркова. Еквівалентність різних універсальних алгоритмічних моделей. Підстановки Маркова. Нормальні алгоритми, застосування до слів. Обчислювана функція за Марковим. Принцип нормалізації Маркова. Збіг класу всіх нормально обчислюваних функцій з класом всіх функцій, обчислюваних за Тьюрингом.	4	2		2
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ОБЧИСЛЕНЬ	0	0		0
Тема 2.1. Інтерполювання та задача інтерполювання. Узагальнені многочлени. Інтерполювання алгебраїчними многочленами. Інтерполяційний многочлен Лагранжа. Інтерполяційний многочлен Лагранжа для рівновіддалених вузлів. Обернена інтерполяція. Інтерполяційний поліном Ньютона. Сплайн-інтерполяція. Тригонометрична інтерполяція.	12	4	4	4
Тема 2.2. Методи чисельного диференціювання та інтегрування. Загальний порядок застосування чисельного диференціювання. Прямий спосіб обчислення визначеного інтеграла. Методи наближеного обчислення інтегралів. Методи Ньютона-Котеса: метод прямокутників, метод трапецій, формула парабол (формула Симпсона). Методи сплайн-інтегрування.	12	2	4	6

Назви розділів і тем	Кількість годин			
	Всього	у тому числі		
		Лекції	Лабораторні (комп'ютерний практикум)	СРС
Тема 2.3. Методи розв'язування нелінійних рівнянь. Постановка задачі, етапи наближеного розв'язування нелінійних рівнянь. Метод половинного ділення. Метод пропорційних частин (метод хорд). Метод Ньютона (метод дотичних). Видозмінений метод Ньютона. Комбінований метод, метод ітерації, модифікований метод ітерації.	9	2	4	3
Тема 2.4. Розв'язування систем лінійних алгебраїчних рівнянь. Види систем лінійних алгебраїчних рівнянь. Сумісні і несумісні системи алгебраїчних рівнянь. Множина розв'язків системи алгебраїчних рівнянь. Розширена матриця системи лінійних алгебраїчних рівнянь. Ранг матриці (системи). Базисний мінор. Теорема Кронекера-Капеллі. Системи лінійних алгебраїчних рівнянь з квадратною матрицею. Однорідні системи лінійних алгебраїчних рівнянь. Фундаментальна система розв'язків системи однорідних лінійних алгебраїчних рівнянь. Загальний розв'язок неоднорідної системи лінійних рівнянь. Метод виключення Гауса. Метод Гауса-Жордана. Метод квадратного кореня. Метод прогонки.	9	2	4	3
Тема 2.5. Ітераційні методи розв'язування систем алгебраїчних рівнянь. Точні та ітераційні методи. Загальна схема побудови ітераційних методів. Побудова ітераційного процесу. Метод простої ітерації в координатній формі. Модифікація методу ітерацій. Достатня умова збіжності процесу ітерації в координатній формі. Метод Якобі в координатній формі. Метод Гауса-Зейделя в координатній формі. Метод релаксації в координатній формі. Канонічна форма запису однокрокових ітераційних методів. Узагальнений розв'язок системи лінійних рівнянь. Стаціонарний і нестаціонарний однокрокові методи. Метод простої ітерації (метод Якобі). Метод Гауса-Зейделя.	9	2	4	3
Тема 2.6. Розв'язування систем нелінійних алгебраїчних рівнянь. Визначення розв'язку систем нелінійних рівнянь. Метод простої ітерації. Збіжність ітераційного процесу. Перевірка умови збіжності. Метод Зейделя. Умова збіжності за методом Зейделя. Метод Ньютона. Спрощений ряд Тейлора для довільної функції. Представлення функції рядом Тейлора. Формування матриці рівнянь. Перевірка досягнення точності ітераційним процесом. Алгоритм	9	2	4	3

Назви розділів і тем	Кількість годин			
	Всього	у тому числі		
		Лекції	Лабораторні (комп'ютерний практикум)	СРС
розв'язування системи нелінійних рівнянь за методом Ньютона.				
Тема 2.7. Чисельне розв'язування диференціальних рівнянь. Частковий розв'язок диференціального рівняння. Загальний розв'язок диференціального рівняння. Задача Коші (задача з початковими даними), крайова задача або задача з граничними умовами. Однокрокові методи. Метод Ейлера, уточнений метод Ейлера. Метод Рунге-Кутта. Багатокрокові методи. Явний метод Адамса (метод Адамса-Башфорта). Неявний метод Адамса (метод Адамса-Мултона). Порівняння методів Адамса і Рунге-Кутта. Методи прогнозу та корекції (методи предиктор-коректор). Метод прогнозу і корекції на основі методу Адамса четвертого порядку. Метод Мілна. Метод Хеммінга.	5	2		3
Тема 2.8. Чисельні методи розв'язування крайових задач для звичайних диференціальних рівнянь (ЗДР). Скінченно-різницекий метод розв'язування крайової задачі з граничними умовами першого роду. Скінченно-різницекий метод розв'язування крайової задачі з граничними умовами третього роду. Апроксимація диференціального рівняння скінченними різницями в загальному вигляді, апроксимація граничних умов. Метод прогонки для розв'язування систем з трьохдіагональною матрицею.	5	2		3
Тема 2.9. Розв'язування рівнянь з частинними похідними. Класифікація диференціальних рівнянь з частинними похідними, типи рівнянь (еліптичний, параболічний, гіперболічний, мішаний). Поняття про метод скінченних різниць. Застосування методу скінченних різниць до розв'язування рівнянь параболічного типу. Скінченно-різницева апроксимація рівнянь гіперболічного типу. Скінченно-різницева апроксимація третьої крайової задачі для рівняння Пуассона в прямокутнику. Розв'язування задачі Дирихле методом сіток (методом скінченних різниць).	7	4		3
Тема 2.10. Ітераційні асинхронні методи. Метод асинхронних ітерацій. Метод асинхронних ітерацій з нерухомими точками.	5	2		3
Контрольна робота 2	2			2
Залік	6			6
Всього в семестрі:	120	36	18	66

Тематика лекційних занять, яка сформована відповідно до тем, що розглядаються у рамках навчальної дисципліни, наведена у таблиці 2.

Таблиця 2

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
1	Вступ. Методи та задачі курсу, зв'язок з іншими дисциплінами. Основні розділи та питання, які мають бути досліджені. Зміст самостійних та лабораторних робіт. Особливості виконання лабораторних робіт та індивідуальних завдань, вимоги. Поняття алгоритму, властивості й способи задавання алгоритмів. Етапи розв'язування задачі, поняття алгоритму (визначення алгоритму, чисельні алгоритми, логічні алгоритми, послідовні алгоритми, паралельні алгоритми). Загальні властивості алгоритмів (дискретність, масовість, детермінованість, елементарність кроків, результативність). Способи задавання алгоритмів (словесний, графічний, псевдокодом, програмний). Зображення алгоритму у вигляді блок-схеми (правила графічного оформлення блок-схеми, лінійний алгоритм, алгоритм, що розгалужується, циклічний алгоритм).
2	Міри складності алгоритмів. Класи задач P та NP. Основи аналізу алгоритмів. Обчислювальна складність. Асимптотичні позначення. Порівняння функцій. Принципи вибору класів росту функцій. Алгоритми поліноміальної складності (клас P). Складність $O(n)$, $O(n^2)$. Алгоритми недетермінованої поліноміальної складності (клас NP задач). Типові задачі. Задача комівояжера, розфарбування графа, задача про суму елементів підмножин, задачі про істинність КНФ-форм.
3	Похибка. Класифікація, джерела та правила розрахунку похибок. Похибка математичної моделі, похибка вхідних даних, похибка методу, похибка округлення. Абсолютна та відносна похибка, межа абсолютної та відносної похибки. Обчислення з строгим врахуванням похибок. Значуща цифра, правила обчислення без строгого врахування похибок. Правила підрахунку цифр за Брадїсом, загальна формула для похибки.
4	Інтерполювання та задача інтерполювання. Узагальнені многочлени. Інтерполювання алгебраїчними многочленами. Інтерполяційний многочлен Лагранжа. Інтерполяційний многочлен Лагранжа для рівновіддалених вузлів. Інтерполяційний многочлен Лагранжа для нерівновіддалених вузлів. Похибка інтерполяційного многочлена Лагранжа для рівновіддалених вузлів. Обернена інтерполяція.
5	Інтерполювання та задача інтерполювання (продовження). Інтерполяційний поліном Ньютона. Розділені різниці, вирази для розділених різниць через значення функцій. Теорема про існування многочлена Ньютона для довільно заданих вузлів. Перевага многочлена Ньютона, похибка інтерполяційного многочлена Ньютона. Скінченні різниці. Інтерполяційний многочлен Ньютона для рівновіддалених вузлів, похибка інтерполяційного многочлена для рівновіддалених вузлів. Сплайн-інтерполяція. Тригонометрична інтерполяція. Пошук коефіцієнтів тригонометричного полінома.
6	Методи чисельного диференціювання та інтегрування. Основні правила аналітичного диференціювання. Загальний порядок застосування чисельного диференціювання. Застосування формули чисельного диференціювання на основі інтерполяційного полінома Ньютона з нерівновіддаленими вузлами. Оцінки похибок чисельного диференціювання. Чисельне диференціювання з поліномом Ньютона з рівновіддаленими вузлами. Скорочені формули наближеного диференціювання. Прямий спосіб обчислення визначеного інтеграла. Методи наближеного обчислення інтегралів. Методи Ньютона-Котеса: метод прямокутників, метод трапецій, формула парабол (формула Симпсона). Методи сплайн-інтегрування.
7	Методи розв'язування нелінійних рівнянь. Постановка задачі, етапи наближеного

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
	розв'язування нелінійних рівнянь. Метод половинного ділення. Метод пропорційних частин (метод хорд). Метод Ньютона (метод дотичних). Видозмінений метод Ньютона. Комбінований метод, метод ітерації, модифікований метод ітерації.
8	Розв'язування систем лінійних алгебраїчних рівнянь. Види систем лінійних алгебраїчних рівнянь. Сумісні і несумісні системи алгебраїчних рівнянь. Множина розв'язків системи алгебраїчних рівнянь. Розширена матриця системи лінійних алгебраїчних рівнянь. Ранг матриці (системи). Базисний мінор. Теорема Кронекера-Капеллі. Системи лінійних алгебраїчних рівнянь з квадратною матрицею. Однорідні системи лінійних алгебраїчних рівнянь. Фундаментальна система розв'язків системи однорідних лінійних алгебраїчних рівнянь. Загальний розв'язок неоднорідної системи лінійних рівнянь. Метод виключення Гауса. Метод Гауса-Жордана. Метод квадратного кореня. Метод прогонки.
9	Ітераційні методи розв'язування систем алгебраїчних рівнянь. Точні та ітераційні методи. Загальна схема побудови ітераційних методів. Побудова ітераційного процесу. Метод простої ітерації в координатній формі. Модифікація методу ітерацій. Достатня умова збіжності процесу ітерації в координатній формі. Метод Якобі в координатній формі. Метод Гауса-Зейделя в координатній формі. Метод релаксації в координатній формі. Канонічна форма запису однокрокових ітераційних методів. Узагальнений розв'язок системи лінійних рівнянь. Стаціонарний і нестаціонарний однокрокові методи. Метод простої ітерації (метод Якобі). Метод Гауса-Зейделя.
10	Розв'язування систем нелінійних алгебраїчних рівнянь. Визначення розв'язку систем нелінійних рівнянь. Метод простої ітерації. Збіжність ітераційного процесу. Матриця Якобі. Перевірка умови збіжності. Метод Зейделя. Умова збіжності за методом Зейделя. Перевірка досягнення точності ітераційним процесом. Метод Ньютона. Спрощений ряд Тейлора для довільної функції. Представлення функції рядом Тейлора. Формування матриці рівнянь. Перевірка досягнення точності ітераційним процесом. Алгоритм розв'язування системи нелінійних рівнянь за методом Ньютона. Умови збіжності методу Ньютона. Перевірка умов збіжності для системи нелінійних рівнянь.
11	Чисельне розв'язування диференціальних рівнянь. Частковий розв'язок диференціального рівняння. Загальний розв'язок диференціального рівняння. Задача Коші (задача з початковими даними), крайова задача або задача з граничними умовами. Однокрокові методи. Метод Ейлера, уточнений метод Ейлера. Метод Рунге-Кутта. Багатокрокові методи. Явний метод Адамса (метод Адамса-Башфорта). Неявний метод Адамса (метод Адамса-Мултона). Порівняння методів Адамса і Рунге-Кутта. Методи прогнозу та корекції (методи предиктор-коректор). Метод прогнозу і корекції на основі методу Адамса четвертого порядку. Метод Мілна. Метод Хеммінга.
12	Чисельні методи розв'язування крайової задачі для звичайного диференціального рівняння (ЗДР). Скінченно-різницевий метод розв'язування крайової задачі з граничними умовами першого роду. Скінченно-різницевий метод розв'язування крайової задачі з граничними умовами третього роду. Апроксимація диференціального рівняння скінченними різницями в загальному вигляді, апроксимація граничних умов. Метод прогонки для розв'язування систем з трьохдіагональною матрицею.
13	Розв'язування рівнянь з частинними похідними. Класифікація диференціальних рівнянь з частинними похідними, типи рівнянь (еліптичний, параболічний, гіперболічний, мішаний). Поняття про метод скінченних різниць. Застосування методу скінченних різниць до розв'язування рівнянь параболічного типу. Перша крайова задача для рівняння гіперболічного типу. Друга крайова задача для рівняння гіперболічного типу. Третя крайова задача для рівняння гіперболічного типу. Скінченно-різницева апроксимація рівнянь гіперболічного типу. Перша крайова задача для рівняння еліптичного типу. Третя крайова задача для рівняння еліптичного типу. Скінченно-різницева апроксимація третьої крайової задачі для рівняння Пуассона в прямокутнику.

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
14	Розв'язування рівнянь з частинними похідними (продовження). Розв'язування задачі Дирихле методом сіток (методом скінченних різниць). Процес Лібмана. Обчислювальний шаблон. Підготовка шаблонів.
15	Ітераційні асинхронні методи. Базові поняття. Метод хаотичних ітерацій. Метод асинхронних ітерацій. Метод асинхронних ітерацій з нерухомими точками.
16	Формалізація поняття алгоритму. Універсальні моделі алгоритмів. Обчислювана функція. Розв'язність (можливість розв'язання). Взаємозв'язок між обчислюваністю і розв'язністю. Рекурсивні функції. Примітивно рекурсивні функції. Оператор суперпозиції. Оператор примітивної рекурсії. Частково рекурсивні функції. Оператор мінімізації.
17	Машина Тьюринга. Функції, обчислювані за Тьюрингом. Область використання машини Тьюринга. Математична модель машини Тьюринга. Стрічка. Зчитувальна голівка. Внутрішня пам'ять машини. Пристрій управління. Програма машини Тьюринга. Робота машини Тьюринга. Приклади машин Тьюринга, що працюють в алфавіті {a, b}. Приклад машини Тьюринга, що працює в алфавіті {a, b, c}. Опис класу функцій, обчислюваних за Тьюрингом. Приклади функцій, обчислюваних за Тьюрингом.
18	Нормальні алгоритми Маркова. Еквівалентність різних універсальних алгоритмічних моделей. Виникнення теорії нормальних алгоритмів. Марківські підстановки. Нормальні алгоритми та їх застосування до слів. Нормально обчислювані функції. Приклад алгоритму обчислюваної функції на розширеному алфавіті. Принцип нормалізації Маркова. Збіг класу всіх нормально обчислюваних функцій з класом всіх функцій, обчислюваних за Тьюрингом.

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента складається з теоретичної та практичної складової. Теоретична складова передбачає вивчення додаткового матеріалу, що поглиблює знання, які отримані на лекції. Матеріал, який необхідно додатково вивчити, та літературні джерела для вивчення даного матеріалу вказані у таблиці 4. Практична складова самостійної роботи студента полягає у виконанні лабораторних робіт, перелік яких наведено в таблиці 3.

Основне завдання циклу лабораторних занять полягає у набутті студентами необхідних практичних навичок розробки алгоритмів та програмного забезпечення для розв'язування обчислювальних задач на ПК; дослідження алгоритмів з точки зору обчислювальної складності, оволодіння основними методами та алгоритмами інтерполяції функцій, розробки алгоритмів розв'язування нелінійних рівнянь та систем лінійних алгебраїчних рівнянь.

Таблиця 3

Перелік лабораторних робіт

№ з/п	Назва лабораторної роботи (комп'ютерного практикуму)	Кількість ауд. годин
1	Лабораторна робота № 1. Поняття алгоритму. Задавання алгоритмів у вигляді блок-схем. - Розділ 1. Тема 1.1, - Розділ 1. Тема 1.2.	2 2
2	Лабораторна робота № 2. Обчислювальна складність алгоритмів сортування. - Розділ 1. Тема 1.3, - Розділ 1. Тема 1.4.	4 4
3	Лабораторна робота № 3. Інтерполяція функцій. Інтерполяційні многочлени - Розділ 2. Тема 2.1,	4

№ з/п	Назва лабораторної роботи (комп'ютерного практикуму)	Кількість ауд. годин
	- Розділ 2. Тема 2.2.	4
4	Лабораторна робота № 4. Розв'язання нелінійних рівнянь на ПК. - Розділ 2. Тема 2.3, - Розділ 2. Тема 2.4.	4 4
5	Лабораторна робота № 5. Розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь. - Розділ 2. Тема 2.5, - Розділ 2. Тема 2.6.	4 4

Таблиця 4

Тематика самостійної роботи студента

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	Вступ. Методи та задачі курсу, зв'язок з іншими дисциплінами. Завдання на СРС. Структуризація схем алгоритму. Вимоги до графічного зображення алгоритму, поетапна конкретизація схемного зображення алгоритму. Система позначень і правил запису алгоритмів.
2	Міри складності алгоритмів. Класи задач P та NP. Завдання на СРС. Визначення обчислювальної складності алгоритму прискореного сортування Хоара.
3	Похибка. Класифікація, джерела та правила розрахунку похибок. Завдання на СРС. Джерела похибок та їх класифікація. Округлення чисел на ЕОМ. Алгоритмізація обчислень. Похибки обчислення значень функцій. Обернена задача теорії похибок.
4	Інтерполювання та задача інтерполювання. Узагальнені многочлени. Інтерполювання алгебраїчними многочленами. Завдання на СРС. Інтерполяційний многочлен Ейткена. Скінченні різниці високих порядків. Інтерполяційні формули Гауса, Стерлінга, Бесселя, особливості застосування.
5	Інтерполювання та задача інтерполювання (продовження). Інтерполяційний поліном Ньютона. Завдання на СРС. Сплайн-інтерполяція, побудова алгоритмів, особливість застосування.
6	Методи чисельного диференціювання та інтегрування. Завдання на СРС. Квадратурні формули обчислення інтегралів, оцінка коефіцієнтів, оцінка похибок інтегрування. Оцінка стійкості квадратурних формул до похибок обчислення значень функцій. Аналіз поведінки похибки у інтервалі інтерполяції. Квадратурні формули (формули Гауса).
7	Методи розв'язування нелінійних рівнянь. Завдання на СРС. Порівняння методів розв'язування нелінійних рівнянь за кількістю ітерацій.
8	Розв'язування систем лінійних алгебраїчних рівнянь. Завдання на СРС. Визначення норм векторів та норм матриці. Аналіз методів розв'язання СЛАР. Оцінка складності алгоритмів та швидкості збіжності. Метод прогонки у розв'язанні

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
	СЛАР, визначення стійкості методу. Аналіз методу найшвидшого спуску у розв'язанні СЛАР.
9	Ітераційні методи розв'язування систем алгебраїчних рівнянь. Завдання на СРС. Розв'язування систем лінійних алгебраїчних рівнянь методом вибору головного елементу, оцінка швидкості збіжності ітераційного процесу розв'язування СЛАР.
10	Розв'язування систем нелінійних алгебраїчних рівнянь. Завдання на СРС. Відокремлення коренів рівнянь, побудова алгоритму та тестування програми. Розв'язування систем нелінійних рівнянь методом Ньютона, оцінка похибки значення отриманого кореня, порядок ітераційного процесу.
11	Чисельне розв'язування диференціальних рівнянь. Завдання на СРС. Вплив величини кроку на розв'язування задачі Коші, локальна та загальна помилка. Використання ряду Тейлора у чисельному розв'язанні задачі Коші, вибір кроку дискретизації. Методи підвищення точності розв'язання задачі Коші при застосуванні полінома Лагранжа. Метод прогнозу та корекції. Особливості розв'язання задачі Коші методом Адамса та Мілна.
12	Чисельні методи розв'язування крайової задачі для звичайного диференціального рівняння (ЗДР). Завдання на СРС. Стійкість різницевих схем розв'язування крайових задач. Дослідження методу скінчено-різницевого розв'язування
13	Розв'язування рівнянь з частинними похідними. Завдання на СРС. Сформулювати та розв'язати крайову задачу в двовимірній квадратній області з граничними умовами першого роду для еліптичного рівняння.
14	Розв'язування рівнянь з частинними похідними (продовження). Завдання на СРС. Побудувати обчислювальний шаблон для еліптичної області.
15	Ітераційні асинхронні методи. Завдання на СРС. Сформувати різницеву схему обчислень методом асинхронних ітерацій на хрестовидному шаблоні.
16	Формалізація поняття алгоритму. Універсальні моделі алгоритмів. Завдання на СРС. Частково обчислювані функції, система функцій Геделя, машина Поста.
17	Машина Тьюринга. Завдання на СРС. Написати програму виконання арифметичних операцій на машині Тьюринга.
18	Нормальні алгоритми Маркова. Еквівалентність різних універсальних алгоритмічних моделей. Завдання на СРС. Написати алгоритм Маркова для виконання операції множення двох чисел в десятковій системі числення.

7. Методика викладання дисципліни на заочній формі навчання

Викладання дисципліни для заочної форми навчання відбувається у обсязі, що співпадає з викладанням для денної форми навчання. Лекції начитуються у оглядовій формі. Обсяг начитаних лекцій регулюється поточним розкладом для даної дисципліни.

Лабораторні роботи для заочної форми навчання ідентичні тим, що видаються студентам заочної форми навчання. Система оцінювання результатів навчання співпадає з системою оцінювання для денної форми навчання

Політика та контроль

8. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Для виконання лабораторних робіт та для поточного тестування встановлюються дедлайни.

Виконання лабораторних робіт поза встановлених термінів супроводжуються штрафними балами, які вираховуються із оцінки за протокол.

Штрафні бали виставляються за: невчасну здачу лабораторної роботи. Кількість штрафних балів не більше 10. Штрафні бали та жорсткі дедлайни не запроваджуються у період військового стану.

Заохочувальні бали виставляються тільки у випадку додаткового оголошення викладача на протязі семестру за активну участь на лекціях; виконання поточних домашніх завдань, виконання бонусної лабораторної роботи, отримання сертифікату Coursera за темою, яка попередньо узгоджена з викладачем тощо. Кількість заохочуваних балів не більше 10.

Виконанню кожної лабораторної роботи передую виконання індивідуального завдання і оформлення його у вигляді комплекту матеріалів. Комплект матеріалів до лабораторної роботи, яку студент планує захистити індивідуально на занятті, має бути попередньо завантажений у відповідно сформоване для нього завдання у рамках дистанційного курсу.

Студент, який прийшов на заняття без попередньо завантаженого комплекту матеріалів до захисту лабораторної роботи не допускається. Першим етапом студент захищає результати отримані під час виконання індивідуального завдання до лабораторної роботи шляхом демонстрації роботи коду та відповідей на поточні запитання викладача. На другому етапі – захищає теорію шляхом усного опитування або тестування.

Бали отримані за захист всіх етапів лабораторної роботи входять в оцінку за лабораторну роботу. Студент, який не захистив практичну частину завдання, до захисту теоретичної складової не допускається.

Залікове тестування виконується на передостанньому занятті з даного курсу з застосування системи тестування TCEXAM

Оцінка, яку студент може отримати за виконання кожної лабораторної роботи та за кожну модульну контрольну роботу наведені в таблиці 5 Таким чином мінімальна оцінка, яку повинен отримати студент для допуску до семестрового контролю дорівнює 60 балів, максимальна – 100 балів за виконання всіх поточних робіт за семестр.

Під час занять з навчальної дисципліни «Алгоритми та методи обчислень» студенти повинні дотримуватись певних дисциплінарних правил:

- забороняється запізнюватись на заняття;
- не допускаються сторонні розмови або інший шум, що заважає проведенню занять.

Лабораторні роботи здаються особисто з попередньою перевіркою теоретичних знань, які необхідні для виконання лабораторної роботи. Перевірка практичних результатів включає перевірку коду та виконання тестових завдань.

При проведенні контрольних заходів та при виконанні лабораторних робіт студенти повинні дотримуватись правил академічної доброчесності. При виявленні значного відсотку списування

або плагіату викладач може відмовити у прийнятті даної роботи та вимагати добросовісного виконання навчального плану.

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

Види контролю з навчальної дисципліни «Алгоритми та методи обчислень» включають:

Лабораторні роботи:

Заплановано самостійне виконання 5 лабораторних робіт.

Теми лабораторних робіт узгоджені у часі та за змістом з темами лекцій. Виконання лабораторних робіт у повному обсязі дозволяє набути практичних навичок застосування чисельних методів до розв'язування різних математичних задач та оволодіти сучасними технологіями програмування алгоритмів, які побудовані на основі даних методів.

Поточний контроль:

Передбачено поточний контроль у вигляді виконання 5 закритих тестів у системі TCXAM, які повністю охоплюють тематику даної навчальної дисципліни. Кожний закритий поточний тест містить 12 питань та дає можливість отримати максимально 6 балів. Загальний час на проведення становить 2 години та включає час тестування та час на вирішення організаційних питань. У випадку дистанційного навчання закритий поточний тест проводиться на початку лекції, яка слідує за лекцією, що завершує чергову тему. При очному навчанні час чергового поточного тестування призначається викладачем і проводиться на комп'ютерах лабораторії.

Семестровий контроль:

Семестровий закритий тест проводиться в кінці семестру, триває 45 хвилин та складається з 40 питань.

Залік.

Студенти які набрали 60 балів семестрового рейтингу можуть отримати залік автоматично з оцінкою, що відповідає семестровому рейтингу.

Залік проводиться у вигляді співбесіди зі студентом для об'єктивного визначення рівня знань, умінь та практичних навичок, отриманих за семестр.

Оскільки кредитний модуль має семестрову атестацію у вигляді заліку, рейтингова система оцінювання побудована за типом PCO – 1. Рейтинг студента з кредитного модуля складається з балів, які він отримує за види робіт відповідно до таблиці 5.

Таблиця 5

Оцінювання окремих видів навчальної роботи студента

4 семестр	
Вид навчальної роботи	Максимальна кількість балів
Виконання та захист лабораторної роботи №1	10
Виконання та захист лабораторної роботи №2	10
Виконання та захист лабораторної роботи №3	10
Виконання та захист лабораторної роботи № 4	10
Виконання та захист лабораторної роботи №5	10
Поточний контроль закритими тестами (5*6=30)	30
Семестровий контроль закритими тестами	20
Усього за семестр	100

Індивідуальний семестровий рейтинг $R_{\text{сем}}$ студента з навчальної дисципліни складається з балів, які він отримує за:

- 1) Атестаційний контроль: тематичні тестування закритими тестами у системі TCXAM (15 хвилин) – 5х6=30 балів.
- 2) Семестровий контроль, який включає тестування закритими тестами у системі TCXAM (45 хвилин) – 20 балів,

Разом за семестровий контроль та поточний контроль – 50 балів.

- 3) Виконання лабораторних робіт.

Протягом семестру студенти виконують 5 лабораторних робіт.

Максимальна кількість балів за кожну лабораторну роботу – 10.

Бали нараховуються за:

- своєчасність подання роботи до захисту 0 – 1 бал,
- оформлення протоколу лабораторної роботи 0 – 1 бал,
- виконання змістовного завдання на роботу 0 – 5 балів,
- перевірка теоретичних знань, необхідних для виконання лабораторної роботи 0 – 5 балів.

Разом за лабораторні роботи (максимальна кількість балів) – 50.

Виконання семестрового контрольного тестування.

Семестровий контрольний тест виконується на кафедральному сервері у системі тестування «ТСЕХАМ».

Випадковим чином з кожної теми вибирається однакова кількість питань, загальним числом 40 питань, 4 варіанти відповідей на кожне питання, час виконання тесту – 45 хвилин.

Виконання поточних контрольних тестів. Поточні контрольні тести виконуються на кафедральному сервері у системі тестування «ТСЕХАМ».

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру становить поточний рейтинг.

$$R_{\text{поточ}} = \sum_k r_k, \text{ де } r_k \text{ максимальний рейтинговий бал кожного з контрольних заходів}$$

(атестаційне тестування, лабораторні роботи).

$$R_{\text{поточ}} = 5 \cdot 10 + 5 \cdot 6 = 80$$

Індивідуальний семестровий рейтинг студента $R_{\text{сем}} = R_{\text{поточ}} + 3 = 80 + 20$ сумою балів, де $3 = 20$ - кількість балів за семестровий тест.

Необхідною умовою допуску студента до заліку є його індивідуальний семестровий рейтинг ($R_{\text{сем}}$) не менший, ніж 30 балів, відсутність повної заборгованості з лабораторних робіт та не менше, ніж одна позитивна атестація. За невиконання хоча б однієї зі згаданих вимог студент до заліку не допускається.

В процесі навчання викладач має право нарахувати до 5 заохочувальних балів за дострокове виконання лабораторної роботи, за проявлений творчий підхід при виконанні індивідуального завдання або за активну участь у обговоренні питань, що пов'язані з тематикою лекції або практичного заняття.

За виконання та здачу лабораторної роботи після зазначеного дедлайну, за значну кількість пропущених занять, або за порушення правил поведінки на заняттях викладач може призначити до 5 штрафних балів.

Сума підсумкового поточного рейтингу $R_{\text{поточ}}$ та оцінки за семестровий тест 3 у балах становить підсумкову семестрову рейтингову оцінку $R_{\text{сем}}$, яка перераховується в оцінки за національною шкалою та шкалою ECTS (табл. 6).

Таблиця 6

Відповідність рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою

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

10. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Викладання дисципліни «Алгоритми та методи обчислень» для спеціальності «Комп'ютерна інженерія» має свою специфіку, яка пов'язана з тим, що розробка та експлуатація комп'ютерної техніки потребує знання правил побудови та аналізу алгоритмів. Знайомство з універсальними моделями алгоритмів дозволяє визначити складність задачі та можливість її розв'язання за допомогою комп'ютера. Значна увага повинна приділятися підходам, що сприяють засвоєнню теоретичного матеріалу та практичних методів алгоритмізації, обчислення математичних задач, вивченню особливостей застосування методів, створення високоефективних алгоритмів реалізації чисельних методів. Саме чисельні методи лежать в основі всіх розрахунків, які можна виконати з використанням комп'ютерів.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено д.т.н., проф. Новотарський Михайло Анатолійович

Ухвалено кафедрою ОТ (протокол № 15 від 29.05.2024)

Погоджено Методичною комісією ФІОТ (протокол № 10 від 21.06.2024)