



ДИФЕРЕНЦІАЛЬНІ РІВНЯННЯ - ПО13

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	11 математика і статистика
Спеціальність	113 прикладна математика
Освітня програма	Наука про дані та математичне моделювання
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	2 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	6 кредитів / 180 год., (54год.-лекції, 36 год.-практичні заняття, СРС 90год.)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	екзамен / МКР, поточний контроль
Розклад занять	https://schedule.kpi.ua/
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: доктор фіз.-мат. наук, професор, Лось Валерій Миколайович, v_los@yahoo.com Практичні / Семінарські: кандидат фіз.-мат. наук наук, доцент, Костюшко Ірина Анатоліївна; PhD з прикладної математики, асистент, Мазурик Роман Володимирович
Розміщення курсу	Slack

Програма навчальної дисципліни

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

Теорія диференціальних рівнянь є одним із центральних розділів математики. Поняття та методи цієї теорії дозволяють на строгому математичному рівні формувати постановки як класичних, так і сучасних математичних задач та будувати їх розв'язки. Диференціальні рівняння знаходять свої застосування практично в усіх областях математики.

Предметом дисципліни є методи розв'язування звичайних диференціальних рівнянь і систем першого та вищих порядків; дослідження існування, єдиності, стійкості розв'язків диференціальних рівнянь.

Мета та завдання кредитного модуля

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів таких знань:

- загальної теорії звичайних диференціальних рівнянь;
- постановки та умов єдиності розв'язку задачі Коші для основних типів звичайних диференціальних рівнянь;
- теорії крайових задач другого порядку в тому числі задачі Штурма-Ліувіля;
- геометричного підходу до теорії звичайних диференціальних рівнянь;

■ стійкість нерухомих точок в сенсі Ляпунова та методи дослідження на стійкість;

та умінь:

- розв'язувати задачу Коші для основних типів звичайних диференціальних рівнянь першого та вищих порядків та систем диференціальних рівнянь;
- будувати фазові портрети систем диференціальних рівнянь;
- аналізувати нелінійні рівняння та досліджувати стійкість нерухомих точок, як безпосередньо через функцію Ляпунова так і через дослідження відповідної лінеаризованої системи;
- використовувати методи диференціальних рівнянь в теоретичних і прикладних дослідженнях.

Основні завдання навчальної дисципліни.

Після засвоєння навчальної дисципліни студенти набудуть такі **компетентності**:

ФК01 Здатність використовувати й адаптувати математичні теорії, методи та прийоми для доведення математичних тверджень і теорем;

ФК02 Здатність виконувати завдання, сформульовані у математичній формі;

ФК14 Здатність сформулювати математичну постановку задачі, спираючись на постановку мовою предметної галузі, та обирати метод її розв'язання, що забезпечує потрібні точність і надійність результату.

Програмними результатами навчання є:

РН02 володіти основними положеннями та методами математичного, комплексного та функціонального аналізу, лінійної алгебри та теорії чисел, аналітичної геометрії, теорії диференціальних рівнянь, зокрема рівнянь у частинних похідних, теорії ймовірностей, математичної статистики та випадкових процесів, чисельними методами;

РН03 формалізувати задачі, сформульовані мовою певної предметної галузі; формувати їх математичну постановку та обирати раціональний метод вирішення; розв'язувати отримані задачі аналітичними та чисельними методами, оцінювати точність та достовірність отриманих результатів;

РН06 володіти основними методами розробки дискретних і неперервних математичних моделей об'єктів та процесів, аналітичного дослідження цих моделей на предмет існування та єдиності їх розв'язку;

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

дисципліні «Диференціальні рівняння» передують дисципліни «Математичний аналіз» навчального плану підготовки бакалаврів за спеціальністю 113 Прикладна математика;

дисципліни «Диференціальні рівняння» забезпечує вивчення дисциплін «Чисельні методи» та «Основи класичної фізики» навчального плану підготовки бакалаврів за спеціальністю 113 Прикладна математика.

3. Зміст навчальної дисципліни

РОЗДІЛ 1 РІВНЯННЯ ПЕРШОГО ПОРЯДКУ

Тема 1.1 Інтегровані типи рівнянь першого порядку, що розв'язні відносно похідної.

Тема 1.2 Елементи теорії метричних просторів. Теорема існування та єдиності.

Тема 1.3 Рівняння першого порядку, що нерозв'язні відносно похідної

РОЗДІЛ 2 РІВНЯННЯ ВИЩИХ ПОРЯДКІВ

Тема 2.1 Диференціальні рівняння вищих порядків

Тема 2.2 Лінійні диференціальні рівняння n-ого порядку

РОЗДІЛ 3 КРАЙОВІ ЗАДАЧІ.

Тема 3.1 Крайові задачі для диференціальних рівнянь другого порядку

Тема 3.2 Задача Штурма-Ліувілля

РОЗДІЛ 4 СИСТЕМИ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ РІВНЯНЬ ПЕРШОГО ПОРЯДКУ

Тема 4.1 Системи лінійних рівнянь зі сталими коефіцієнтами

Тема 4.2 Стійкість розв'язків за Ляпуновим

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Івасишен С.Д., Лавренчук В.П., Турчина Н.І. Звичайні диференціальні рівняння: методи розв'язування та застосування. . – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 329 с.
https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/24974/1/Dyferentsialni_rivniannia.pdf
2. Лось В. М., Мальчиков В. В. Звичайні диференціальні рівняння: навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальністю 113 Прикладна математика. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 66 с.
https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/45083/1/Los_Malchikov_Zvychaini-dyferentsialni-rivniannia.pdf
3. А.М. Самойленко, , М.О. Перестюк, І.О. Парасюк Диференціальні рівняння Київ, Либідь, 2003 - 600с.
4. А.М. Самойленко, С.А. Кривошея, М.О. Перестюк. Диференціальні рівняння у прикладах і задачах. Київ, В.Школа, 1994 - 455с.

Допоміжна література

5. Збірник задач з диференціальних рівнянь : навч. посіб. / кол. авт.: П. І. Каленюк, П. П. Костробій, З. М. Нитребич та ін. ; за ред. проф. П. І. Каленюка. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2016. – 232 с.
6. Колмогоров А.М., Фомін С.В. Елементи теорії функцій і функціонального аналізу – К: Вища школа, 1974. – 456 с.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
1	Вступ до теорії диференціальних рівнянь. Поняття диференціального рівняння. Приклади задач, які зводяться до диференціальних рівнянь. Звичайне диференціальне рівняння.
2	Розв'язок диференційного рівняння. Розв'язок диференціального рівняння. Постановка задачі Коші для звичайного диференційного рівняння. Геометричний зміст розв'язку. Поле напрямків. Ізокліни.
3	Інтегровані типи рівнянь. Рівняння з відокремлюваними змінними Коректна задача. Найпростіше диференціальне рівняння. Рівняння з відокремлюваними змінними.

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
4	Однорідні рівняння. Лінійні рівняння. Поняття однорідного рівняння. Існування та єдиність розв'язку однорідного рівняння. Геометричний зміст розв'язку однорідного рівняння. Лінійне рівняння першого порядку.
5	Рівняння Бернуллі. Рівняння Рікатті. Рівняння Бернуллі. Зведення його до лінійного рівняння. Поняття рівняння Рікатті. Властивості рівняння Рікатті. Інтегрування рівняння Рікатті.
6	Рівняння в повних диференціалах. Поняття рівняння в повних диференціалах. Необхідна та достатня умова. Інтегруючий множник. Властивості інтегруючого множника. Методи пошуку інтегруючого множника.
7	Метричні простори. Принцип стискаючих відображень. Поняття метричного простору. Метрика. Приклади метричних просторів. Збіжність в метричному просторі. Повнота метричного простору. Стискаюче відображення. Нерухома точка. Теорема Банаха.
8	Існування та єдиність розв'язку задачі Коші для диференційного рівняння першого порядку. Теорема Коші-Пікара.
9	Рівняння, не розв'язані відносно похідної. Поняття рівняння, не розв'язаного відносно похідної. Існування розв'язку рівнянь, не розв'язаних відносно похідної. Поняття звичайної та особливої точок. Інтегрування рівнянь, не розв'язаних відносно похідної.
10	Загальний метод введення параметру. Рівняння Лагранжа та Клеро. Загальний метод введення параметра для рівнянь, не розв'язаних відносно похідної. Особливий розв'язок. Обвідна. Рівняння Лагранжа. Рівняння Клеро.
11	Інтегрування рівнянь вищих порядків. Поняття диференційного рівняння n-го порядку та розв'язку цього рівняння. Існування та єдиність його розв'язку. Рівняння вищих порядків, які інтегруються в квадратурах. Типи рівнянь вищих порядків, які припускають його зниження. Методи зниження порядку.
13	Загальні поняття теорії лінійних рівнянь. Однорідне та неоднорідне лінійне рівняння n-го порядку. Існування та єдиність розв'язку. Поняття лінійної незалежності системи функцій. Визначник Вронського та його зв'язок з лінійною незалежністю. Фундаментальна система розв'язків лінійного рівняння.

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
14	Пошук розв'язку лінійного рівняння. Загальний розв'язок однорідного лінійного рівняння. Відтворення рівняння по фундаментальній системі розв'язків. Формула Ліувілля-Остроградського.
15	Неоднорідні лінійні рівняння. Загальний розв'язок неоднорідного лінійного рівняння. Метод Лагранжа варіації сталих.
16	Однорідні лінійні диференціальні рівняння зі сталими коефіцієнтами. Лінійне рівняння зі сталими коефіцієнтами. Характеристичне рівняння. Знаходження фундаментальної системи для рівняння зі сталими коефіцієнтами.
17	Неоднорідні лінійні диференціальні рівняння зі сталими коефіцієнтами Знаходження розв'язку неоднорідного лінійного рівняння. Метод варіації довільних сталих. Метод підбору частинного розв'язку для рівнянь із спеціальною правою частиною. Принцип суперпозиції.
18	Крайові задачі для рівнянь другого порядку. Самоспряжений вигляд ЛНДР. Зведення ЛНДР до самоспряженого вигляду. Формула Гріна. Поняття про крайову задачу. Різні типи крайових умов.
19	Задача Штурма-Ліувілля.
20	Поняття про системи диференціальних рівнянь. Нормальні системи. Основні поняття Лінійні однорідні і неоднорідні системи (ЛОС і ЛНС). ЛОС зі сталими коефіцієнтами. Побудова ФСР ЛОС у випадку простих власних значень.
21	ЛОС зі сталими коефіцієнтами. Побудова ФСР ЛОС у випадку кратних власних значень. Метод варіації довільних сталих розв'язування лінійних неоднорідних систем (ЛНС).
22	Фазові портрети автономних систем (початок). Поняття автономної системи. Фазова крива, фазовий портрет. Розв'язок автономної системи, який називається положенням рівноваги. Поведінка розв'язків лінійної системи біля положення рівноваги (випадки різних дійсних власних чисел). Відповідні фазові портрети (стійкий і нестійкий вузол, седло).
23	Фазові портрети автономних систем (продовження). Дикритичний вузол, вироджений вузол, фокус, центр. Біфуркаційна діаграма.
24	Елементи теорії стійкості (початок). Означення стійкості за Ляпуновим Означення асимптотичної стійкості Геометрична інтерпретація стійкості та асимптотичної стійкості.

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
25	Стійкість лінійних систем. Еквівалентність стійкості будь-якого розв'язку лінійної однорідної системи і стійкості її нульового розв'язку. Умови стійкості (асимптотичної стійкості) ЛОС. Умови стійкості (асимптотичної стійкості) ЛОС зі сталими коефіцієнтами.
26	Критерій Рауса-Гурвіца. Приклади застосування. Лінеаризація автономної системи. Стійкість за першим наближенням.
27	Функції Ляпунова. Означення додатно(від'ємно)визначеної функції. Означення похідної в силу системи (повної похідної функції за часом). Означення функції Ляпунова. Теореми Ляпунова про стійкість і асимптотичну стійкість.

Практичні заняття

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань
1	Рівняння з відокремлюваними змінними. Поняття рівняння з відокремлюваними змінними. Методи їх інтегування. Втрачені розв'язки.
2	Однорідні рівняння. Поняття однорідного рівняння. Методи інтегрування. Рівняння, що зводяться до однорідних.
3	Лінійні рівняння. Лінійне рівняння першого порядку. Метод варіації довільної сталої. Рівняння, що зводяться до лінійних.
4	Рівняння в повних диференціалах. Рівняння в повних диференціалах. Необхідна та достатня умова. Інтегрування рівнянь у повних диференціалах. Інтегруючий множник та методи його пошуку.
5	Рівняння першого порядку, не розв'язані відносно похідної. Рівняння, не розв'язані відносно похідної. Загальний метод введення параметру. Рівняння Лагранжа та Клеро.
6	Рівняння вищих порядків, які припускають його пониження. Класи рівнянь вищих порядків, що припускають його зниження. Методи їх

	інтегрування.
7	Лінійні однорідні рівняння n-го порядку зі сталими коефіцієнтами. Загальний вигляд. Фундаментальна система розв'язків рівняння. Загальний розв'язок лінійного однорідного рівняння.
8	Лінійні неоднорідні рівняння n-го порядку. Метод варіації довільних сталих.
9-10	Лінійні неоднорідні рівняння n-го порядку зі сталими коефіцієнтами. Загальний розв'язок неоднорідного лінійного рівняння. Метод підбору частинного розв'язку для рівнянь із спеціальною правою частиною. Принцип суперпозиції.
11	Крайові задачі. Задача Штурма-Ліувілля.
12	Системи лінійних однорідних диференціальних рівнянь першого порядку (випадок простих власних значень).
13	Системи лінійних однорідних диференціальних рівнянь першого порядку (випадок кратних власних значень).
14	Системи лінійних неоднорідних диференціальних рівнянь першого порядку.
15-16	Фазові портрети автономних систем.
17	Дослідження на стійкість систем ДР. Критерій Рауса-Гурвіца. Лінеаризація автономної системи. Стійкість за першим наближенням.
18	Функції Ляпунова. Теореми Ляпунова про стійкість і асимптотичну стійкість.

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента полягає:

- підготовка до лекційних та практичних занять – систематично до 2 год. на заняття,
- підготовка до модульних контрольних робіт - до 5 год на роботу,
- підготовка до колоквиуму - до 5 год.
- підготовка до екзамену - до 20 год.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

1. Систематичне відвідування лекційних і практичних занять.
2. Перескладання (переписування) модульної контрольної роботи не передбачене.
3. У випадку дистанційного навчання і недостатньої кількості балів (менше 60) в кінці семестру може бути дано додаткові завдання, щоб добрати бали до 60.

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

Рейтинг студента з кредитного модуля складається з:

- 1) балів за виконання модульної контрольної роботи;
- 2) балів за активність на практичних заняттях
- 3) балів за відповідь на екзамені (очна форма навчання) або на колоквіумі (дистанційна форма навчання)

СИСТЕМА РЕЙТИНГОВИХ БАЛІВ

1. Бали за модульну контрольну роботу

Модульна контрольна робота поділяється на дві 45-хвилинні контрольні роботи, що проводяться у вигляді тестів. Завдання на тестові контрольні роботи містять по 10 типових практичних прикладів.

Кількість балів за розв'язання кожного прикладу: 1,5 бали.

Критерії оцінювання:

1,5 – правильна відповідь;

0 – неправильна відповідь;

Викладач має право після завершення тесту вибірково запросити фотокопії студентських робіт та поставити нуль балів за завдання, розв'язання яких буде відсутнє чи неправильне.

Максимальна кількість балів за модульний контроль:

$1,5 \text{ бали} \times 10 \text{ завд.} \times 2 \text{ тест. контр. роб.} = \mathbf{30 \text{ балів.}}$

2. Бали за активність на практичних заняттях

Бали нараховуються за плідну роботу та відповіді на практичних заняттях. Але не більше ніж **10 балів** протягом усього семестру.

1 бал --- самостійно правильно розв'язане завдання і прокоментоване розв'язання

0.5 бала --- плідна робота на практичному занятті (ці бали нараховуються, якщо студент виконав усі практичні завдання, які розв'язувалися на практичному занятті)

0 балів --- пасивна робота на практичному занятті

3. Бали за відповідь на колоквіумі (дистанційна форма навчання)

Колоквіум відбувається у формі усної співбесіди викладача із студентом з використанням засобів онлайн зв'язку (Zoom, Skype тощо). Викладач задає студенту поступово декілька питань, на які студент відразу повинен надавати свою відповідь. Питання викладача можуть бути як продовженням опитування за попереднім питанням, так і бути на іншу тему.

За відповідь на кожне питання студент отримує певну кількість балів. Питання, в залежності від їх складності можуть вартувати від 1 до 5 балів.

Максимальна кількість балів за відповідь на колоквіумі дорівнює **10 балів**.

Під час відповіді на питання колоквіуму максимальну кількість балів студент отримує у випадку, якщо він надав повні та правильні відповіді на всі запитання викладача або припустився незначних похибок, які не вплинули на саму відповідь.

Нуль балів студент отримує у випадку, коли відповідь на запитання взагалі не була надана або містить грубі помилки. Якщо відповідь частково правильна, то студент за неї отримує, як правило, кількість балів, вдвічі меншу за максимально можливу за відповідне запитання.

4. Бали за відповідь на екзамені (очна форма навчання)

Екзаменаційний білет складається з 4 питань – 2 теоретичних та 2 практичних.

Відповідь на кожне теоретичне та практичне запитання оцінюється в 15 балів.

Максимальна кількість балів за відповідь на екзамені: 15 балів × 4 запитання = **60 балів**.

За відповідь на кожне запитання білету студент отримує:

- 12-15 балів, якщо він надав повну та правильну відповідь або припустився незначних похибок, які істотно не вплинули на саму відповідь,
- 8-11 балів, якщо відповідь правильна лише частково або не є повною (наприклад, наведена лише схема необхідного доведення теореми або під час розв'язання прикладу не перевірена можливість застосування відповідного методу),
- 4-7 балів, якщо відповідь частково правильна, але містить значні прогалини (наприклад, відсутнє необхідне доведення теореми чи під час розв'язання прикладу враховані не всі можливі випадки),
- 0-3 бали, якщо відповідь на запитання взагалі не була надана або містить грубі помилки.

5. Розрахунок шкали (R) рейтингу у випадку дистанційного навчання

Семестрова складова рейтингової шкали $R_C = 50$ балів, вона визначається як сума балів, отриманих за виконання модульної контрольної роботи, активність на практичних заняттях та відповідь на колоквіумі.

Рейтингова шкала з дисципліни дорівнює:

$$R = 60 + 40 * (R_{\max} - R_{\text{доп}}) / (R_C - R_{\text{доп}}) = 100 \text{ балів},$$

тут $R_{\max} = 50$ – максимальний можливий семестровий рейтинг студента,

$R_{\text{доп}} = 25$ – мінімальна кількість балів, необхідна для допуску.

6. Умова допуску до семестрової атестації та визначення оцінки у випадку дистанційного навчання

Необхідною умовою допуску студента до семестрової атестації є семестровий рейтинг студента (R_{CT}) не менше 50 % від R_C , тобто не менше **25 балів**. В іншому разі студент повинен виконати додаткову роботу та підвищити свій рейтинг.

Сумарний рейтинг студента R_D визначається за формулою

$$R_D = 60 + 40 * (R_{CT} - R_{\text{доп}}) / (R_C - R_{\text{доп}}) = 20 + 1,6 * R_{CT}.$$

7. Розрахунок шкали (R) рейтингу у випадку очного навчання

Семестрова складова рейтингової шкали $R_C = 40$ балів, вона визначається як сума балів, отриманих за виконання модульної контрольної роботи та активність на практичних заняттях.

Рейтингова шкала з дисципліни дорівнює:

$$R = R_C + R_E = 100 \text{ балів},$$

тут $R_E = 60$ – максимальна можлива кількість балів, отримана на екзамені.

8. Умова допуску до семестрової атестації та визначення оцінки у випадку очного навчання

Необхідною умовою допуску студента до семестрової атестації є семестровий рейтинг студента (R_{CT}) не менше 63 % від R_C , тобто не менше **25 балів**. В іншому разі студент повинен виконати додаткову роботу та підвищити свій рейтинг.

Сумарний рейтинг студента R_D визначається за формулою

$$R_D = R_{CT} + R_{CTE}. \quad (R_{CTE} - \text{бали, набрані студентом на екзамені})$$

Оцінка виставляється відповідно до значення R_D :

Сумарний рейтинг R_D	Оцінка
95-100	Відмінно
85-94	Дуже добре
75-84	Добре
65-74	Задовільно
60-64	Достатньо
$25 \leq R_D \leq 59$	Незадовільно
$R_{ст} < 25$	Не допущений

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік теоретичних питань, що виносяться на іспит:

1. Основні поняття теорії диференціальних рівнянь (означення ДР, порядок ДР, розв'язок ДР). Задача Коші для ДР 1-го порядку.
2. Геометричний зміст ДР 1-го порядку. Поле напрямів, ізокліни, загальний, частинний, особливий розв'язки диф. рівняння 1-го порядку, обвідна сім'ї кривих. Приклади.
3. Диф. рівняння з відокремлюваними змінними та ті, що зводяться до них.
4. Диф. рівняння однорідні відносно змінних та ті що зводяться до них.
5. Лінійні диф. рівняння 1-го порядку. Метод варіації довільної сталої. Будова загального розв'язку.
6. Рівняння Бернуллі і Рікатті.
7. Диф. рівняння в повних диференціалах. Інтегруючий множник.
8. Диф. рівняння не розв'язні відносно похідної.
9. Рівняння Лагранжа і Клеро.
10. Задача на ізогональні траєкторії.
11. Поняття про метричні простори. Збіжність в метричних просторах. Повні і неповні метричні простори. Повнота $C[a,b]$.
12. Теорема Банаха (принцип стискаючих відображень).
13. Теорема (Пікара) існування і єдиності розв'язку задачі Коші для диф. рівняння 1-го порядку.
14. Диф. рівняння вищих порядків Теорема існування і єдиності розв'язку задачі Коші для диф. рівняння n-го порядку (формулювання). Диф. рівняння вищих порядків, які допускають зниження порядку.
15. Лінійні однорідні диф. рівняння n-го порядку. Лінійна залежність функцій, детермінант Вронського, його властивості.
16. Фундаментальна система розв'язків ЛОДР, її існування.
17. Структура загального розв'язку лінійного однорідного диф. рівняння n-го порядку. Формула Лувілля.
18. Лінійне неоднорідне диф. рівняння n-го порядку. Структура загального розв'язку. Метод варіації довільних сталих розв'язування ЛНДР.
19. Лінійні однорідні диф. рівняння n-го порядку зі сталими коефіцієнтами.
20. Лінійні неоднорідні диф. рівняння n-го порядку зі сталими коефіцієнтами і спеціальними правими частинами.
21. Самоспряжений вигляд лінійного диференціального оператора другого порядку. Зведення ЛНДР до самоспряженого вигляду. Поняття про крайову задачу. Різні типи крайових умов.
22. Задача Штурма-Ліувілля. Деякі властивості власних чисел та власних функцій.
23. Поняття про системи диференціальних рівнянь. Нормальні системи. Лінійні однорідні і неоднорідні системи (ЛОС і ЛНС).

24. ЛОС зі сталими коефіцієнтами Побудова ФСР ЛОС у випадку простих власних значень.
25. ЛОС зі сталими коефіцієнтами. Побудова ФСР ЛОС у випадку кратних власних значень.
26. Метод варіації довільних сталих розв'язування лінійних неоднорідних систем (ЛНС).
27. Поняття автономної системи. Фазова крива, фазовий портрет. Положення рівноваги.
28. Поведінка розв'язків лінійної системи біля положення рівноваги (випадки різних дійсних власних чисел). Відповідні фазові портрети (стійкий і нестійкий вузол, седло).
29. Дикритичний вузол, вироджений вузол, фокус, центр. Біфуркаційна діаграма.
30. Елементи теорії стійкості. Означення стійкості за Ляпуновим. Означення асимптотичної стійкості. Геометрична інтерпретація стійкості та асимптотичної стійкості.
31. Стійкість лінійних систем. Еквівалентність стійкості будь-якого розв'язку лінійної однорідної системи і стійкості її нульового розв'язку.
32. Умови стійкості (асимптотичної стійкості) ЛОС.
33. Умови стійкості (асимптотичної стійкості) ЛОС зі сталими коефіцієнтами.
34. Критерій Рауса-Гурвіца. Приклади застосування.
35. Лінеаризація автономної системи. Стійкість за першим наближенням.
36. Функції Ляпунова. Означення додатно(від'ємно)визначеної функції. Означення похідної в силу системи (повної похідної функції за часом). Означення функції Ляпунова. Приклади.
37. Теореми Ляпунова про стійкість і асимптотичну стійкість.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено проф, д.ф.-м.н., проф. Лось Валерій Миколайович.

Ухвалено кафедрою прикладної математики (протокол № 14 від 14.05.2025)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 11 від 23.05.2025)