МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І. І. МЕЧНИКОВА
Кафедра оптимального керування і економічної кібернетики

**"ЗАТВЕРДЖУЮ"**
Проректор з науково-педагогічної роботи
_____ Олександр ЗАПОРОЖЧЕНКО
"12" вересня 2022 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

# ОК 12 «Множиннозначний аналіз та лінійні задачі оптимального керування»

| | |
|---|---|
| Рівень вищої освіти | **другий (магістерський)** |
| Галузь знань | **11 Математика та статистика** |
| Спеціальність | **113 Прикладна математика** |
| Освітньо-професійна програма | **Прикладна математика** |

ОНУ
2022

Робоча програма навчальної дисципліни «Множиннозначний аналіз та лінійні задачі оптимального керування». – Одеса: ОНУ, 2022.

Розробники:
Кічмаренко Ольга Дмитрівна, доктор фізико-математичних наук, доцент, завідувач кафедри оптимального керування і економічної кібернетики
Скрипник Наталія Вікторівна, доктор фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри оптимального керування і економічної кібернетики

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри оптимального керування і економічної кібернетики

Протокол № 1 від. “30” серпня 2022 р.

Завідувач кафедри _____ Ольга КІЧМАРЕНКО

Погоджено із гарантом ОПП “Прикладна математика”.

_____ Ольга КІЧМАРЕНКО

Схвалено навчально-методичною комісією (НМК)факультету математики, фізики та інформаційних технологій

Протокол № 1 від. “9” вересня 2022 р.

Голова НМК _____ Євген СТРАХОВ

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри оптимального керування і економічної кібернетики

Протокол № ___ від. “____”_____20__ р.

Завідувач кафедри _____

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри оптимального керування і економічної кібернетики

Протокол № ___ від. “____”_____20__ р.

Завідувач кафедри _____

## 1. Опис навчальної дисципліни

| Найменування показників | Галузь знань, спеціальність, спеціалізація, рівень вищої освіти | Характеристика навчальної дисципліни |
|---|---|---|
| | | ***очна (денна, вечірня) форма навчання*** |
| Загальна кількість: кредитів 4 ECTS<br><br>годин 120<br><br>змістових модулів 2 | Галузь знань<br>*11 Математика та статистика*<br>(шифр і назва)<br><br>Спеціальність<br>*113 Прикладна математика*<br>(код і назва)<br><br>Рівень вищої освіти:<br>*другий (магістерський)* | Нормативна |
| | | ***Рік підготовки:*** |
| | | 1-й |
| | | ***Семестр*** |
| | | 2-й |
| | | ***Лекції*** |
| | | 20 год. |
| | | ***Практичні, семінарські*** |
| | | 20 год. |
| | | ***Лабораторні*** |
| | | |
| | | ***Самостійна робота*** |
| | | 80 год. |
| | | Форма підсумкового контролю:<br>*іспит* |

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Метою** викладання навчальної дисципліни «Множиннозначний аналіз та лінійні задачі керування» є ознайомлення студентів з теорією множиннозначного аналізу та його застосуванням до лінійних задач керування.

**Основними завданнями** вивчення дисципліни «Множиннозначний аналіз та лінійні задачі керування» є надання основних математичних фактів теорії оптимального керування в найпростішому випадку лінійної задачі швидкодії. Основним математичним апаратом, що використовується в курсі, є апарат опорних функцій, опуклого аналізу та множиннозначних відображень.

Процес вивчення дисципліни спрямований на формування елементів наступних **компетентностей**:

**Інтегральна компетентність :**

Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми прикладної математики у професійної діяльності або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог.

**Загальних компетентностей :**

ЗК 03. Здатність ставити та вирішувати задачі на основі абстрактного мислення, аналізу й синтезу

**Фахових компетентностей:**

ФК 01. Здатність формалізувати та розв'язувати складні задачі й проблеми, які потребують оновлення й інтеграції знань, часто в умовах неповної, неточної чи недостатньої інформації та суперечливих вимог.

ФК 02. Здатність розробляти методи побудови й дослідження моделей складних систем у різних галузях людської діяльності, будувати математичні моделі природних та соціальних явищ та чисельно їх розраховувати.

ФК 04. Здатність до розвитку нових та удосконалення існуючих математичних методів аналізу, моделювання, прогнозування, розв'язування нових проблем у нових галузях знань.

**Очікувані результати навчання.** В результаті вивчення дисципліни здобувач повинен

*знати:* поняття метричного простору $comp(R^n)$ та основних операцій з його елементами, опорної функції та її властивості, поняття множиннозначного відображення та інтегралу Ауманна, основи теорії оптимального керування лінійними системами, принцип максимуму Понтрягіна, необхідні й достатні умови

оптимальності, мати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки у предметі навчальної дисципліни;

*вміти*: використовувати апарат опорних функцій для роботи з множиннозначними відображеннями, обчислювати інтеграл Ауманна від множиннозначних відображень аналітично та наближено, розв'язувати лінійні задачі швидкодії.

Вміти критично осмислювати проблеми у галузі прикладної математики та на межі з іншими галузями знань. Бути здатним до проведення досліджень з метою розвитку нових знань та процедур, бути здатним інтегрувати знання та розв'язувати складні задачі у широких або мультидисциплінарних контекстах, бути здатним розв'язувати проблеми у нових або незнайомих середовищах за наявності неповної або обмеженої інформації з урахуванням аспектів соціальної та етичної відповідальності, бути здатним продовжувати навчання з високим ступенем автономії.

**Що забезпечує наступні програмні результати навчання:**

**ПРН 01.** Знати та вміти застосовувати процедури формального опису та моделювання поведінки реальних природних, технічних, соціально-економічних систем, впливів некерованих чинників, потрібних для прийняття раціональних рішень.

**ПРН 06.** Вміти застосовувати математичний апарат при вирішенні актуальних задач на практиці

**ПРН 07.** Вміти будувати моделі складних систем, обирати методи їх дослідження, реалізовувати побудовані моделі програмно та перевіряти їх адекватність за допомогою комп'ютера .

**ПРН 09.** Виявляти здатність до самонавчання та продовження професійного розвитку.

## 3. Зміст навчальної дисципліни

### Змістовий модуль 1. Основи множиннозначного аналізу

**Тема 1.** Простір $comp(R^n)$ непустих компактних підмножин простору $R^n$. Алгебраїчна сума множин. Множення множини на число. Образ множини при лінійному перетворенні. Метрика Хаусдорфа.

**Тема 2**. Опукла оболонка множини. Теорема Каратеодорі. Теорема про компактність опуклої оболонки компактної множини.

**Тема 3**. Віддільність та строга віддільність множин, критерії. Лема про строгу віддільність. Лема про віддільність.

**Тема 4.** Опорна функція. Властивості опорних функцій.

**Тема 5**. Множиннозначні відображення. Теорема про неперервність опорної функції множиннозначного відображення. Вимірні однозначні гілки. Теорема О.Ф. Філіпова.

**Тема 6**. Інтеграли від множиннозначних відображень. Властивості інтегралів від множиннозначних відображень. Теорема А.А.Ляпунова.

**Змістовий модуль 2.** Лінійні задачі керування

**Тема 7**. Лінійна задача швидкодії. Множина досяжності та її властивості. Множина керуємості та її властивості.

**Тема 8**. Загальна задача керуємості. Існування оптимального керування.

**Тема 9**. Принцип максимуму Понтрягіна. Необхідні умови оптимальності. Застосування необхідних умов оптимальності.

**Тема 10**. Достатні умови оптимальності.

## 4. Структура навчальної дисципліни

| Назви змістових модулів і тем | Кількість годин | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Очна (денна, вечірня) форма | | | | | |
| | усього | у тому числі | | | | |
| | | л | п | лаб. | інд. | с. р. |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| **Змістовий модуль 1. Основи множиннозначного аналізу** | | | | | | |
| **Тема 1.** Простір $comp(R^n)$ непустих компактних підмножин простору $R^n$. Алгебраїчна сума множин. Множення множини на число. Образ множини при лінійному перетворенні. Метрика Хаусдорфа. | 12 | 2 | 4 | | | 6 |
| **Тема 2**. Опукла оболонка множини. Теорема Каратеодорі. Теорема про компактність опуклої оболонки компактної множини. | 8 | 2 | | | | 6 |
| **Тема 3**. Віддільність та строга віддільність множин, критерії. Лема про строгу віддільність. Лема про віддільність. | 8 | 2 | | | | 6 |
| **Тема 4.** Опорна функція. Властивості опорних функцій. | 12 | 2 | 2 | | | 8 |
| **Тема 5**. Множиннозначні відображення. Теорема про неперерність опорної функції множиннозначного відображення. Вимірні однозначні гілки. Теорема О.Ф. Філіпова. | 10 | 2 | | | | 8 |
| **Тема 6**. Інтеграли від множиннозначних відображень. Властивості інтегралів від | 14 | 2 | 4 | | | 8 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| множиннозначних відображень. Теорема А.А.Ляпунова. | | | | | | |
| Разом за змістовим модулем 1 | 64 | 12 | 10 | | | 42 |
| **Змістовий модуль 2. Лінійні задачі керування** | | | | | | |
| **Тема 7**. Лінійна задача швидкодії. Множина досяжності та її властивості. Множина керованості та її властивості. | 12 | 4 | | | | 8 |
| **Тема 8**. Загальна задача керованості. Існування оптимального керування. | 12 | 2 | 2 | | | 8 |
| **Тема 9**. Принцип максимуму Понтрягіна. Необхідні умови оптимальності. Застосування необхідних умов оптимальності. | 16 | | 4 | | | 12 |
| **Тема 10**. Достатні умови оптимальності. | 16 | 2 | 4 | | | 10 |
| Разом за змістовим модулем 2 | 56 | 8 | 10 | | | 38 |
| **Усього годин** | **120** | **20** | **20** | | | **80** |

## 5. Теми семінарських занять

Не передбачено навчальним планом

## 6. Теми практичних занять

| № з/п | Назва теми | Кількість годин |
|---|---|---|
| 1 | **Тема 1.** Простір $comp(R^n)$ непустих компактних підмножин простору $R^n$. Алгебраїчна сума множин. Множення множини на число. Образ множини при лінійному перетворенні. Метрика Хаусдорфа. Розв'язання задач за темою. | 4 |
| 2 | **Тема 4.** Опорна функція. Властивості опорних функцій. | 2 |
| 3 | **Тема 6**. Інтеграли від множиннозначних відображень. Властивості інтегралів від множиннозначних відображень. Теорема А.А.Ляпунова. Розв'язання задач за темою. | 4 |
| 4 | **Тема 8**. Загальна задача керованості. Існування оптимального керування. Розв'язання задач за темою. | 2 |
| 5 | **Тема 9**. Принцип максимуму Понтрягіна. Необхідні умови оптимальності. Застосування необхідних умов оптимальності. | 4 |
| 6 | **Тема 10**. Достатні умови оптимальності. Розв'язання задач за темою. | 4 |
| | **Разом** | **20** |

## 7. Теми лабораторних занять

Не передбачено навчальним планом

## 8. Самостійна робота

| № з/п | Назва теми/ види завдань | Кількість годин |
|---|---|---|
| 1 | **Тема 1.** Простір $comp(R^n)$ непустих компактних підмножин простору $R^n$. Алгебраїчна сума множин. Множення множини на число. Образ множини при лінійному перетворенні. Метрика Хаусдорфа. Підготувати доповідь. Виконання індивідуального завдання. | 6 |
| 2 | **Тема 2**. Опукла оболонка множини. Теорема Каратеодорі. Теорема про компактність опуклої оболонки компактної множини. Підготувати доповідь. | 6 |
| 3 | **Тема 3**. Віддільність та строга віддільність множин, критерії. Лема про строгу віддільність. Лема про віддільність. Підготувати доповідь. | 6 |
| 4 | **Тема 4.** Опорна функція. Властивості опорних функцій. Підготувати доповідь. Виконання індивідуального завдання. | 8 |
| 5 | **Тема 5**. Множиннозначні відображення. Теорема про неперерність опорної функції множиннозначного відображення. Вимірні однозначні гілки. Теорема О.Ф. Філіпова. Підготувати доповідь. | 8 |
| 6 | **Тема 6**. Інтеграли від множиннозначних відображень. Властивості інтегралів від множиннозначних відображень. Теорема А.А.Ляпунова. Підготувати доповідь. Виконання індивідуального завдання. | 8 |
| 7 | **Тема 7**. Лінійна задача швидкодії. Множина досяжності та її властивості. Множина керованості та її властивості. Підготувати доповідь. Виконання індивідуального завдання. | 8 |
| 8 | **Тема 8**. Загальна задача керованості. Існування оптимального керування. Підготувати доповідь. | 8 |
| 9 | **Тема 9**. Принцип максимуму Понтрягіна. Необхідні умови оптимальності. Застосування необхідних умов оптимальності. Підготувати доповідь. Виконання індивідуального завдання. | 12 |
| | **Тема 10**. Достатні умови оптимальності. Підготувати доповідь. Виконання індивідуального завдання. | 10 |
| | Разом | 80 |

Самостійна робота оформлюється у вигляді доповіді та (або) виконання індивідуального завдання, обговорення та оцінювання яких здійснюється на поточному та підсумковому контролі.

Самостійна робота здобувачів забезпечується засобами Google Workspace for Education.

Навчально-методичне забезпечення: робоча програма навчальної дисципліни; навчально-методичні матеріали для лекцій, конспекти (тексти, схеми)

лекцій; мультимедійні презентації; плани практичних занять; методичні вказівки (рекомендації) щодо самостійного вивчення дисципліни.

Критерії оцінювання виконання самостійної роботи**:**

– своєчасність виконання;

– доброчесність та коректність у представлені текстів, презентацій та посилань (у разі доведеного плагіату бали за роботу анулюються);

– повнота, грамотність і коректність розкриття основних положень;

– творчий підхід до постановки і реалізації завдання;

– відповідність формальним критеріям (структура, послідовність, логічність, мовна грамотність, якість оформлення тощо).

– вміння застосовувати теоретичні знання для рішення практичних завдань.

## 9. Методи навчання

Метод проблемного викладення (наукового пошуку).

Пояснювально-ілюстративні методи: лекція, пояснення, самостійне опрацювання літературних джерел, робота з електронними конспектами лекцій та презентаціями, опрацювання наукових публікацій.

Наочні методи (презентації, ілюстрації, презентації результатів власних досліджень).

Репродуктивні методи та практичні методи: розв’язування задач за алгоритмами конкретних методів, практичні роботи, виконання індивідуальних завдань.

Дослідницький метод.

Методи формування і стимулювання пізнавальної діяльності: навчальні дискусії

## 10. Форми контролю і методи оцінювання

Методи поточного періодичного контролю: індивідуальне усне поточне опитування, оцінювання доповідей, оцінювання виконання та захисту індивідуальних завдань, письмові поточні самостійні роботи.

Підсумковий контроль - іспит. Підсумкова оцінка визначається як сума балів за поточний і періодичний контроль та за **іспит** - за 100-бальною системою, виставляється за результатами роботи здобувача вищої освіти впродовж всього семестру.

**При оцінюванні в балах рівня засвоєння матеріалу використовуються загальні критерії оцінювання навчальних досягнень здобувачів вищої освіти:**

| | Теоретична підготовка | Практична підготовка |
|---|---|---|

| Оцінка за національною шкалою та відсоток від максимальної кількості балів | Здобувач освіти | |
|---|---|---|
| Відмінно (90-100% від максимальної кількості балів) | у повному обсязі володіє навчальним матеріалом, вільно, самостійно та аргументовано його викладає під час усних виступів та письмових відповідей; глибоко та всебічно розкриває зміст теоретичних питань, використовуючи при цьому нормативну, обов'язкову та додаткову літературу; робить самостійні висновки, виявляє причинно-наслідкові зв'язки; самостійно знаходить додаткову інформацію та використовує її для реалізації поставлених перед ним завдань. Здобувач здатен виділяти суттєві ознаки вивченого за допомогою операцій синтезу, аналізу, виявляти причинно-наслідкові зв'язки, формувати висновки і узагальнення, вільно оперувати фактами та відомостями. | глибоко та всебічно розкриває сутність практичних/ розрахункових завдань, використовуючи при цьому нормативну, обов'язкову та додаткову літературу; може аргументовано обрати раціональний спосіб виконання завдання й оцінити результати власної практичної діяльності; виконує творчі завдання та ініціює нові шляхи їх виконання; вільно використовує набуті теоретичні знання при аналізі практичного матеріалу; проявляє творчий підхід до виконання індивідуальних та колективних завдань при самостійній роботі. |
| Добре (75-89% від максимальної кількості балів) | достатньо повно володіє навчальним матеріалом, обґрунтовано його викладає під час усних виступів та письмових відповідей, використовуючи при цьому нормативну та обов'язкову літературу; при представленні деяких питань не вистачає достатньої глибини та аргументації, застосовує знання для розв'язання стандартних ситуацій; самостійно аналізує, узагальнює і систематизує навчальну інформацію, але допускаються при цьому окремі несуттєві неточності та незначні помилки. | правильно вирішив більшість розрахункових /тестових завдань за зразком; має стійкі навички виконання завдання |
| Задовільно (60-74% від максимальної кількості балів) | володіє навчальним матеріалом на репродуктивному рівні або відтворює певну частину навчального матеріалу з елементами логічних зв'язків, знає основні поняття навчального матеріалу; має ускладнення під час виділення суттєвих ознак вивченого; під час виявлення причинно-наслідкових зв'язків і формулювання висновків. | може використовувати знання в стандартних ситуаціях, має елементарні, нестійкі навички виконання завдання. Правильно вирішив половину розрахункових/тестових завдань. Здобувач має ускладнення під час виділення суттєвих ознак вивченого; під час виявлення причинно-наслідкових зв'язків і формулювання висновків. |
| Незадовільно з можливістю | володіє навчальним матеріалом поверхово й фрагментарно (без аргументації та | недостатньо розкриває сутність практичних завдань, допускаючи |

| | | |
|---|---|---|
| повторного складання (35-59% від максимальної кількості балів) | обґрунтування); безсистемно виокремлює випадкові ознаки вивченого; не вміє робити найпростіші операції аналізу і синтезу; робити узагальнення, висновки; під час відповіді допускаються суттєві помилки | при цьому суттєві неточності, правильно вирішив окремі розрахункові/тестові завдання за допомогою викладача, відсутні сформовані уміння та навички. |
| Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни (0-34% від максимальної кількості балів) | не володіє навчальним матеріалом | виконує лише елементи завдання, потребує постійної допомоги викладача |

Примітка: максимальна кількість балів за кожною темою вказана в п.12.

## 11. Питання для поточного, періодичного та підсумкового контролю

1. Простір непустих компактних підмножин простору Алгебраїчна сума множин. Множення множини на число.
2. Образ множини при лінійному перетворенні.
3. Метрика Хаусдорфа.
4. Опукла оболонка множини. Теорема Каратеодорі.
5. Теорема про компактність опуклої оболонки компактної множини.
6. Віддільність та строга віддільність множин, критерії. Лема про строгу віддільність. Лема про віддільність.
7. Опорна функція. Властивості опорних функцій.
8. Множиннозначні відображення. Теорема про неперерність опорної функції множиннозначного відображення.
9. Вимірні однозначні гілки. Теорема О.Ф. Філіпова
10. Інтеграли від множиннозначних відображень. Властивості інтегралів від множиннозначних відображень.
11. Теорема А.А.Ляпунова.
12. Лінійна задача швидкодії. Множина досяжності та її властивості.

13. Лінійна задача швидкодії. Множина керованості та її властивості..

14. Загальна задача керованості. Існування оптимального керування.

15. Загальна задача керованості. Принцип максимуму Понтрягіна. Необхідні умови оптимальності.

16. Загальна задача керованості. Достатні умови оптимальності.

## 12. Розподіл балів, які отримують здобувачі

| **Змістовний модуль 1** | | | | | | **Змістовний модуль 2** | | | | іспит | Всього |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Т1 | Т2 | Т3 | Т4 | Т5 | Т6 | Т7 | Т8 | Т9 | Т10 | | |
| 8 | 6 | 6 | 10 | 10 | 10 | 8 | 8 | 12 | 12 | 10 | 100 |

## Розподіл балів за видами навчальної роботи

| Види навчальної роботи | Бали за одне заняття (завдання) | Кількість занять (завдань) | Сумарна кількість балів |
|---|---|---|---|
| Змістовий модуль 1 | | | |
| Поточний контроль на лекціях | 4 | 5 | 20 |
| Виконання практичних робіт | 10 | 3 | 30 |
| **Усього за змістовим модулем 1** | | | **0 – 50** |
| Змістовий модуль 2 | | | |
| Поточний контроль на лекціях | 5 | 2 | 10 |
| Виконання практичних робіт | 10 | 3 | 30 |
| **Усього за змістовим модулем 2** | | | **0 – 40** |
| **Підсумковий контроль - іспит** | | | **0 – 10** |
| **Підсумкова сума балів** | | | **0 – 100** |

## Шкала оцінювання: національна та ECTS

| Сума балів за всі | Оцінка | Оцінка за національною шкалою |
|---|---|---|

<table>
<tr><th>види навчальної діяльності</th><th>ECTS</th><th>для екзамену, курсового проекту (роботи), практики</th><th>для заліку</th></tr>
<tr><td>90 – 100</td><td>A</td><td>відмінно</td><td rowspan="5">зараховано</td></tr>
<tr><td>85-89</td><td>B</td><td rowspan="2">добре</td></tr>
<tr><td>75-84</td><td>C</td></tr>
<tr><td>70-74</td><td>D</td><td rowspan="2">задовільно</td></tr>
<tr><td>60-69</td><td>E</td></tr>
<tr><td>35-59</td><td>FX</td><td>незадовільно з можливістю повторного складання</td><td>не зараховано з можливістю повторного складання</td></tr>
<tr><td>0-34</td><td>F</td><td>незадовільно з обов’язковим повторним вивченням дисципліни</td><td>не зараховано з обов’язковим повторним вивченням дисципліни</td></tr>
</table>

## 13. Навчально-методичне забезпечення

Робоча програма навчальної дисципліни; силабус; навчально-методичні матеріали для лекцій, конспекти лекцій; мультимедійні презентації; плани практичних занять.

1. Арсірій А., Кічмаренко О.Д., Скрипник Н.В. Багатозначний аналіз та лінійні завдання управління. Методичні вказівки та варіанти контрольних робіт для студентів 3 – 6 курсів. Одеса: Астропринт, 2008. - 72 с.

## 14. Рекомендована література

### Основна


1. Гаращенко Ф.Г., Пічкур В.В. Вступ до аналізу та оптимізації структурно заданих систем: Навч. посіб. для студентів факультету кібернетики. К.: Видавничо-поліграфічний центр “Київський університет”, 2003. 113 с.
2. Martynyuk, Anatoly. Qualitative Analysis of Set-Valued Differential Equations. 2019. 10.1007/978-3-030-07644-3.
3. Banks H., Jacobs, Marc. A differential calculus for multifunctions. *Journal of Mathematical Analysis and Applications.* 1970. V. 29. 10.1016/0022-247X(70)90078-8.
4. Jr. Bridgland. Trajectory Integrals of Set valued Functions. *Pacific J. Math.* 1970. V.23. 10.2140/pjm.1970.33.43.


### Додаткова

2. Арсірій А., Кічмаренко О.Д., Скрипник Н.В. Багатозначний аналіз та лінійні завдання управління. Методичні вказівки та варіанти контрольних робіт для студентів 3 – 6 курсів. Одеса: Астропринт, 2008. - 72 с.
3. Гамкрелидзе Р.В. Основы оптимального управления. Тбилиси, 1977.
4. Комлева Т.А., Плотников А.В., Скрипник Н.В. Дифференциальные уравнения с многозначными решениями. *Український математичний журнал.* 2008. Т. 60, № 10. С. 1326–1337.
5. Комлева Т.А., Плотніов А.В., Плотнікова Л.І., Скрипник Н.В. Умови існування базових розв'язків лінійних множиннозначних диференціальних рівнянь. *Український математичний журнал.* Т.73, № 5. С.65–73. http://dx.doi.org/10.37863/umzh.v73i5.6356.

## 15. Електронні інформаційні ресурси

1. http://nbuv.gov.ua/ – Сайт Національної бібліотеки України імені В. І. Вернадського;
2. http://www.dnpb.gov.ua/ – Сайт Державної науково-педагогічної бібліотеки України імені В.О. Сухомлинського;
3. http://onu.edu.ua/ – Сайт бібліотеки ОНУ імені І. І. Мечникова;
4. http://odnb.odessa.ua/ – Сайт Одеської національної наукової бібліотеки;
5. http://korolenko.kharkov.com/ – Сайт Харківської державної наукової бібліотеки імені В.Г. Короленка;
6. https://www.imath.kiev.ua/ – Сайт Інституту математики НАН України;
7. https://umj.imath.kiev.ua/ – Український математичний журнал;
8. https://imath.kiev.ua/~nosc/web/?lang=ua/ – журнал Нелінійні коливання.
9. http://www.ams.org/publications/math-reviews/math-reviews - реферативний математичний журнал, що видається AMS
10. https://zbmath.org/ - реферативний математичний журнал видавництва «Шпрингер» та електронна база даних «ZBMATH — The database Zentralblatt MATH»
11. https://scholar.google.com/ - Google Scholar, пошукова система, яка індексує повний текст наукових публікацій всіх форматів і дисциплін.
12. https://indexcopernicus.com/ - Index Copernicus (IC) — онлайнова наукометрична база даних
13. https://www.scopus.com/home.uri - Scopus, бібліографічна і реферативна база даних
14. https://clarivate.com/products/web-of-science/ - Web of Science, бази наукової літератури і патентів
15. 352485088_Umovi_isnuvanna_bazovih_rozv'azkiv_linijnih_mnozinnoznacnih_diferencialnih_rivnan - див. посилання до статті.