

Силабус навчальної дисципліни

«Диференціальні рівняння»

Ступінь вищої освіти: магістр

Освітньо-професійна програма:

«Середня освіта: математика»

Рік навчання: 1 **Семестр:** 2

Кількість кредитів: 6

Мова викладання: українська

Підсумковий контроль - екзамен

Форма проведення занять – лекції, практичні

Назва курсу	Диференціальні рівняння
Викладач	Чернобай Ольга Борисівна
Контактний тел.	+380677554239
Е-mail:	chernobai.olga@gmail.com
Електронна версія курсу	http://library.nusta.edu.ua/metod-ma-clos-menu
Консультації	<i>Очні консультації:</i> кафедра кібернетики та прикладної математики, аудиторія 401, 408 В <i>Он лайн- консультації:</i> за телефоном 0677554239

1. Коротка анотація до курсу

Мета дисципліни: дати наукове обґрунтування та навчити методам розв'язування диференціальних рівнянь першого та другого порядку, а також методам пониження порядку диференціальних рівнянь.

Завдання дисципліни: отримання студентами базових знань з теорії диференціальних рівнянь та вмінь розв'язувати основні типи диференціальних рівнянь першого і другого порядку, а також їх систем.

Предметом вивчення навчальної дисципліни є основні поняття теорії диференціальних рівнянь та методи їх розв'язання.

Об'єктом вивчення навчальної дисципліни є звичайні диференціальні рівняння першого, другого порядку та їх системи.

2. Формат курсу

очний

змішаний

дистанційний

3. Компетентності, які мають бути сформовані в результаті опанування навчальної дисципліни:

Після вивчення курсу здобувачі вищої освіти повинні володіти такими компетентностями:

ЗК 4. Здатність до прийняття ефективних рішень у професійній діяльності та відповідального ставлення до обов'язків, мотивування людей до досягнення спільної мети (лідерська компетентність).

ЗК 5. Здатність генерування нових ідей, виявлення та розв'язання проблем, ініціативності та підприємливості (підприємницька компетентність).

ПК2. Здатність моделювати зміст навчання відповідно до обов'язкових результатів навчання.

ПК3. Здатність формувати та розвивати в учнів ключові компетентності та уміння спільні для всіх компетентностей.

ПК4. Здатність добирати і використовувати сучасні та ефективні методики і технології навчання, виховання і розвитку учнів.

ПК5. Здатність здійснювати оцінювання та моніторинг результатів навчання учнів на засадах компетентнісного підходу.

Результати навчання:

ПРН 3. Використовує навчальний матеріал з метою розвитку в учнів ключових компетентностей і умінь спільних для всіх компетентностей, навчає учнів застосовувати їх на практиці.

ПРН 4. Добирає доцільні сучасні методики і технології навчання, виховання і розвитку учнів засобами математики, відповідно до визначених теми, мети і завдань уроку.

ПРН 5. Володіє різними методиками та інструментами оцінювання та моніторингу результатів навчання учнів, коригує їх індивідуальні освітні траєкторії учнів з урахуванням отриманих результатів.

5. Обсяг курсу

Вид заняття	Загальна к-сть годин
Лекції	30
практичні	30
Індивідуальна робота	3
самостійна робота	117

6. Технічне й програмне забезпечення /обладнання – комп'ютери, інтернет

7. Політика курсу - дотримання академічної доброчесності відповідні до «Положення про академічну доброчесність в УДФСУ».

8. Схема дисципліни

Год ини/ семе стр	Тема, план	Форма заняття та діяльності *лекція, семінар, практична робота, лабораторна робота самостійна, дискусія, групова робота)	Результати навчання	Вага оцінки
10/2	Тема 1. Задачі, що приводять до диференціальних рівнянь. 1. Закон природного зростання. 2. Закон радіоактивного розпаду. 3. Рівняння руху. 4. Зростання інвестицій.	<i>Лекція.</i> <i>Практична робота:</i> Розв'язання задач на складання диференціальних рівнянь. <i>Самостійна робота:</i> 1. . Складання диференціальних рівнянь за умовою задачі..	Встановити та передбачити зв'язки між суміжними дисциплінами фізико- математичного циклу в контексті математичної моделі певної задачі. Аналізувати з наукової точки зору соціально- економічні, соціально- педагогічні та соціально- психологічні проблеми та процеси, використовувати отримані результати у різних видах професійної діяльності.	26.
10/2	Тема 2. Диференціальні рівняння. Основні поняття. 1. Основні поняття та означення. 2. Задача Коші. 3. Диференціальні рівняння першого порядку. 4. Теорема Коші.	<i>Лекція.</i> <i>Практична робота:</i> Перевірити чи є функція розв'язком рівняння. Скласти диференціальне рівняння за даних умов. <i>Самостійна робота:</i> Розв'язання задач на складання диференціальних рівнянь за його розв'язком.	Вивчити основні поняття теорії звичайних диференціальних рівнянь. Знати поняття порядку диференціального рівняння, загального та частинного розв'язку	26.
10/2	Тема 3: Тема 3. Диференціальні рівняння першого порядку.	<i>Лекція.</i> <i>Практична робота:</i> Розв'язання диференціальних рівнянь з	Вивчити алгоритми розв'язання рівнянь з відокремлюваними змінними.	26.

	<p>План лекційного заняття:</p> <p>1. Диференціальні рівняння з відокремленими змінними.</p> <p>2. Диференціальні рівняння з відокремлюваними змінними.</p> <p>3. Однорідні диференціальні рівняння I-го порядку.</p> <p>4. Задача Коші для диференціального рівняння I-го порядку.</p>	<p>відокремленими змінними.</p> <p>Розв'язання диференціальних рівнянь з відокремлюваними змінними.</p> <p>Розв'язання однорідних диференціальних рівняння I-го порядку.</p> <p><i>Самостійна робота:</i></p> <p>Знаходження розв'язку задачі Коші для диференціальних рівнянь I-го порядку.4.</p>	<p>Вміти розв'язувати диференціальні рівняння першого порядку.</p> <p>Знати основні методи розв'язання диференціальних рівнянь першого порядку</p>	
10/2	<p>Тема 4.</p> <p>Лінійні диференціальні рівняння першого порядку</p> <p>1. Лінійні диференціальні рівняння I-го порядку.</p> <p>2. Метод Бернуллі.</p> <p>3. Рівняння Бернуллі.</p>	<p><i>Лекція.</i></p> <p><i>Практична робота:</i></p> <p>1. Розв'язання лінійних диференціальних рівнянь першого порядку за схемою Бернуллі.</p> <p>2. Розв'язок задачі Коші для лінійного диференціального рівняння.</p> <p><i>Самостійна робота:</i></p> <p>Інтегрування рівняння Бернуллі.</p>	<p>Вивчити основні правила розв'язання лінійних диференціальних рівнянь першого порядку.</p> <p>Знати алгоритми інтегрування ЛОДР.</p> <p>Вміти знаходити загальний та частинний розв'язок</p>	26.
10/2	<p>Тема 5. Рівняння не розв'язані відносно похідної.</p> <p>1. Рівняння в повних диференціалах.</p> <p>2. Необхідна і достатня умова, щоб рівняння було в повних диференціалах.</p>	<p><i>Лекція.</i></p> <p><i>Практична робота:</i></p> <p>Інтегрування рівняння в повних диференціалах.</p> <p>Інтегрування рівняння Лагранжа.</p> <p>Інтегрування рівняння Клеро.</p> <p><i>Самостійна робота:</i></p>	<p>Вивчити методи інтегрування рівняння в повних диференціалах.</p> <p>Знати алгоритм розв'язання диференціального рівняння в повних диференціалах</p> <p>Вміти знаходити загальний та частинний розв'язок рівняння Лагранжа та Клеро.</p>	26.

	<p>3. Знаходження інтегрального множника.</p> <p>4. Рівняння Лагранжа. Методи інтегрування.</p> <p>5. Рівняння Клеро. Методи розв'язання.</p>	<p>Знаходження інтегрального множника.</p>		
10/2	<p>Тема 6. Диференціальні рівняння, що дозволяють понизити порядок</p> <p>1. Диференціальні рівняння II-го порядку. Основні означення.</p> <p>2. Диференціальні рівняння II-го порядку, що допускають зниження порядку.</p>	<p><i>Лекція.</i></p> <p><i>Практична робота:</i> Розв'язання диференціальних рівнянь II-го порядку, що допускають зниження порядку.</p> <p><i>Самостійна робота:</i> Знаходження розв'язку задачі Коші для диференціальних рівнянь другого порядку</p> <p><i>Індивідуальна робота:</i></p>	<p>Вивчити основні поняття диференціальних рівнянь, що допускають пониження порядку.</p> <p>Знати типи диференціальних рівнянь, що допускають пониження порядку.</p> <p>Вміти знаходити частинні та загальні розв'язки.</p>	<p>26.</p> <p>56.</p>
10/2	<p>Тема 7. Лінійні однорідні диференціальні рівняння II порядку зі сталими коефіцієнтами.</p> <p>1. Поняття про лінійні однорідні диференціальні рівняння II порядку зі сталими коефіцієнтами.</p> <p>2. Характеристичне рівняння.</p> <p>3. Розв'язування лінійних однорідних диференціальних рівнянь II порядку зі сталими коефіцієнтами.</p>	<p><i>Лекція.</i></p> <p><i>Практична робота:</i> Складання характеристичного рівняння. Розв'язування лінійних однорідних диференціальних рівнянь II порядку зі сталими коефіцієнтами.</p> <p><i>Самостійна робота:</i> Знаходження частинного розв'язку лінійного однорідного диференціального рівняння II порядку зі сталими коефіцієнтами.</p>	<p>Вивчити основні поняття лінійних однорідних, диференціальних рівнянь другого порядку зі сталими коефіцієнтами.</p> <p>Вміти знаходити зачальний та частинний розв'язок.</p> <p>Знати методи розв'язання лінійних, однорідних диференціальних рівнянь зі сталими коефіцієнтами</p>	16.

10/2	<p>Тема 8. Лінійні неоднорідні диференціальні рівняння II порядку зі сталими коефіцієнтами.</p> <p>1. Теорема про структуру загального розв'язку лінійного неоднорідного диференціального рівняння II порядку зі сталими коефіцієнтами.</p> <p>2. Відшукання часткового розв'язку методом варіації довільної сталої.</p> <p>3. Метод невизначених коефіцієнтів для диференціальних рівнянь зі спеціальною правою частиною.</p>	<p><i>Лекція.</i></p> <p><i>Практична робота:</i></p> <p>1. Відшукання часткового розв'язку методом варіації довільної сталої.</p> <p>Знаходження розв'язку методом невизначених коефіцієнтів для диференціальних рівнянь зі спеціальною правою частиною</p> <p><i>Самостійна робота:</i></p> <p>1. Розв'язок задачі Коші для лінійних неоднорідних диференціальних рівнянь II порядку із сталими коефіцієнтами.</p>	<p>Вивчити основні поняття теорії рядів.</p> <p>Знати формули радіуса та інтервалу збіжності функціонального ряду</p> <p>Вміти розкласти функцію в ряд.</p>	26.
10/2	<p>Тема 9. Лінійні диференціальні рівняння вищого порядку із змінними коефіцієнтами</p> <p>1. Поняття лінійного диференціального рівняння вищого порядку із змінними коефіцієнтами.</p> <p>2. Рівняння Ейлера.</p> <p>3. Рівняння Лагранжа.</p>	<p><i>Лекція.</i></p> <p><i>Практична робота:</i></p> <p>1. Інтегрування рівняння Ейлера.</p> <p>2. Розв'язання рівняння Лагранжа.</p> <p><i>Самостійна робота:</i></p> <p>1. Розв'язок задачі Коші для рівняння Ейлера та Лагранжа</p> <p><i>Модульна контрольна робота:</i></p>	<p>Вивчити основні поняття лінійних диференціальних рівнянь із змінними коефіцієнтами.</p> <p>Знати алгоритми розв'язання рівняння Ейлера та Лагранжа.</p> <p>Вміти знаходити загальний та частинний розв'язок.</p>	0 б. 56
20/2	<p>Тема 10. Системи диференціальних рівнянь.</p> <p>1. Поняття системи диференціальних рівнянь.</p> <p>2. Поняття розв'язку системи диференціальних рівнянь.</p>	<p><i>Лекція.</i></p> <p><i>Практична робота:</i></p> <p>1. Зведення системи до одного диференціального рівняння.</p> <p>2. Розв'язання однорідних лінійних систем першого</p>	<p>Вивчити особливості розв'язування систем диференціальних рівнянь</p> <p>Знати методику інтегрування систем диференціальних рівнянь</p> <p>Вміти знаходити загальний та частинний розв'язок системи диференціальних рівнянь</p>	26.

	<p>3. Система диференціальних рівнянь, що називається нормальною.</p> <p>4. Теорему про існування та єдність розв'язку нормальної системи.</p> <p>5. Зведення системи до одного диференціального рівняння.</p>	<p>порядку.</p> <p><i>Самостійна робота:</i> Знаходження частинного розв'язку системи.</p> <p><i>Індивідуальна робота:</i> Розв'язок задачі Коші для систем диференціальних рівнянь.</p>		
20/2	<p>Тема 11. Лінійні системи першого порядку Лекція 1:</p> <p>1. Поняття лінійної однорідної системи першого порядку.</p> <p>2. Загальний розв'язок лінійної однорідної системи першого порядку.</p> <p>3. Метод Ейлера.</p> <p>Лекція 2:</p> <p>1. Поняття лінійної не однорідної системи першого порядку.</p> <p>2. Загальний розв'язок лінійної не однорідної системи першого порядку.</p> <p>3. Метод розв'язання лінійної не однорідної системи першого порядку.</p>	<p>Лекція 1,2.</p> <p><i>Практична робота:</i> 1. Розв'язання лінійної однорідної системи першого порядку методом Ейлера.</p> <p>2. Розв'язання лінійної не однорідної системи першого порядку.</p> <p><i>Самостійна робота:</i> Задача Коші для системи диференціальних рівнянь.</p>	<p>Вивчити типи систем диференціальних рівнянь.</p> <p>Вміти знаходити загальний та частинний розв'язок.</p> <p>Знати основні методи розв'язання неоднорідної системи.</p>	2 б.
18/2	<p>Тема 12. Інтегральні методи 1. Деякі поняття теорії аналітичних функцій.</p> <p>2. Метод Лапласа.</p>	<p>Лекція.</p> <p><i>Практична робота:</i> Застосування операційного числення до розв'язання диференціальних рівнянь</p> <p><i>Самостійна робота:</i></p>	<p>Вивчити інтегральні методи розв'язання диференціальних рівнянь</p> <p>Знати найпростіші методи, що застосовуються для розв'язання диференціальних рівнянь.</p> <p>Вміти застосовувати метод Лапласа.</p>	2 б.

		Розв'язання рівнянь методом Лапласа		
14/2	Тема 13. Диференціальні рівняння частинними похідними 1. Поняття диференціального рівняння з частинними похідними. 2. Хвильове рівняння. 3. Рівняння Лапласа.	<i>Лекція.</i> <i>Практична робота:</i> Знаходження загального розв'язку диференціального рівняння першого порядку у частинних похідних. Задача Коші для рівняння коливання струни. <i>Самостійна робота:</i> Задача Діріхле для рівняння Лапласа. Мішані задачі.	Вивчити основні типи диференціальних рівнянь з частинними похідними. Знати основні поняття хвильового рівняння. Вміти інтегрувати диференціальні рівняння у частинних похідних..	06.
18/2	Тема 14. Інтегральні рівняння 1. Поняття інтегрального рівняння. 2. Лінійні інтегральні рівняння. 3. Інтегральні рівняння Вольтера.	<i>Лекція.</i> <i>Практична робота:</i> Розв'язання інтегральних рівнянь. <i>Модульна контрольна робота:</i> <i>Самостійна робота</i> Методи розв'язання інтегральних рівнянь.. <i>Підсумковий тестовий контроль на платформі дистанційного навчання УДФСУ MOODLE</i>	Вивчити означення інтегрального рівняння. Знати основні поняття теорії інтегральних рівнянь. Вміти розв'язувати простіші інтегральні рівняння.	06. 56. 106.

9. Система оцінювання

Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою.

Бали нараховуються за наступним співвідношенням:

Практичні роботи: 30% загальної кількості балів;

Завдання самостійної/ індивідуальної роботи: 10% загальної кількості балів;

Комп'ютерне тестування: 10% загальної кількості балів;

Екзамен: 50% загальної кількості балів.

10. Шкала оцінювання

Сума балів за 100-бальною шкалою	Оцінка в ЄКТС	Значення оцінки ЄКТС	Критерії оцінювання	Рівень компетентності	Оцінка за національною Шкалою	
					Екзамен	Залік
90-100	A	відмінно	Здобувач вищої освіти виявляє особливі творчі здібності, вміє самостійно здобувати знання, без допомоги викладача знаходить та опрацьовує необхідну інформацію, вміє використовувати набуті знання і вміння для прийняття рішень у нестандартних ситуаціях, переконливо аргументує відповіді, самостійно розкриває власні обдарування і нахили.	високий (творчий)	відмінно	Зараховано
80-89	B	дуже добре	Здобувач вищої освіти вільно володіє вивченим обсягом матеріалу, застосовує його на практиці, вільно розв'язує вправи і задачі у стандартних ситуаціях, самостійно виправляє допущені помилки, кількість яких незначна.	достатній (конструктивний у варіативній)	добре	
70-79	C	добре	Здобувач вищої освіти вміє зіставляти, узагальнювати, систематизувати інформацію під керівництвом викладача; в цілому самостійно застосовувати її на практиці; контролювати власну діяльність; виправляти помилки, серед яких є суттєві, добирати аргументи для підтвердження думок.			
60-69	D	задовільно	Здобувач вищої освіти відтворює значну частину теоретичного матеріалу, виявляє знання і розуміння основних положень; з допомогою викладача може аналізувати навчальний матеріал, виправляти помилки, серед яких є значна кількість суттєвих.	середній (репродуктивний)	Задовільно	
50-59	E	достатньо	Здобувач вищої освіти володіє навчальним матеріалом на рівні, вищому за початковий, значну частину його відтворює на репродуктивному рівні.			
35-49	FX	незадовільно з можливістю повторного складання семестрового конт	Здобувач вищої освіти володіє матеріалом на рівні окремих фрагментів, що становлять незначну частину навчального матеріалу.	Низький (рецептивно-продуктивний)	незадовільно	Не зараховано

		ролю				
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням залікового кредиту	Здобувач вищої освіти володіє матеріалом на рівні елементарного розпізнання і відтворення окремих фактів, елементів, об'єктів.			

11. Політика оцінювання

- **Політика щодо дедлайнів та перескладання:** Завдання, які виконуються із порушенням термінів без поважних причин, оцінюються на нижчу оцінку (- 1 бал). Перескладання модулів відбувається із дозволу дирекції ННІ / Факультету за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний).
- **Політика щодо академічної доброчесності:** Списування під час практичних, контрольних робіт та екзаменів заборонені (в т.ч. із використанням мобільних девайсів).
- **Політика щодо відвідування:** Відвідування занять є обов'язковим компонентом оцінювання.

Загальна система оцінювання курсу	виконання всіх видів навчальних робіт впродовж семестру/екзамен - 50/50
Вимоги до письмової роботи	на кожному практичному занятті виконуються письмові практичні роботи, які здобувачі вищої освіти виконують відповідно до варіанту, з письмовим поясненням, обґрунтуванням та обчисленням. Оцінюється якість та правильність виконання. Практична робота може бути максимально оцінено у 3 бали. Усі студенти повинні обов'язково виконати практичну роботу, а її відсутність з будь-яких причин не може бути виправданим.
Умови підсумкового контролю	До підсумкового контролю допускаються здобувачі вищої освіти, які за підсумками поточного контролю набрали не менше 25 балів. Підсумковий контроль проходить у вигляді письмового екзамену. Кожен здобувач вищої освіти отримує екзаменаційний білет, який складається з 5 завдань і містить теоретичну та практичну частину. Кожне завдання оцінюється в max 10 балів

11. Рекомендована література

Основна

1. Дюженкова Л.І., Колесник Т.В., Лященко М.Я. Михалін Г.О., Шкіль М.І. Математичний аналіз у задачах і прикладах: навч. посіб./ – К.: Вища шк.,2002.— Ч.1.—462с,
2. Дюженкова Л.І., Колесник Т.В., Лященко М.Я. Михалін Г.О., Шкіль М.І. Математичний аналіз у задачах і прикладах: навч. посіб./ – К.: Вища шк.,2003.— Ч.2.—470с,
3. Задорожня Т.М., Кучменко С.М., Чернобай О.Б. Практичні заняття з вищої математики. – Частина III: навчальний посібник / за заг.ред. О.Б. Чернобай. – Ірпінь: Національний університет ДПС України, 2009. – 160 с.

4. Задорожня Т.М., Кучменко С.М., Руденко І.Б., Сторожук Є.А., Точиліна Н.В., Харенко С.Б., Чернобай О.Б. Практичні заняття з вищої математики.: навчальний посібник. – Ірпінь: Національний університет ДПС України, 2010. – 428 с.
5. Задорожня Т.М., Кучменко С.М., Мамонова Г.В., Руденко І.Б., Семко М.М., Харенко С.Б., Чернобай О.Б. Збірник тестових завдань з вищої математики\ Ірпінь: ВЦ НУДПС України, 2013. -284с.
6. Залізко В.Д., Мамонова Г.В., Чернобай О.Б. Диференціальні рівняння. Практикум: навчальний посібник / за заг.ред. Г.В.Мамонової. – Ірпінь: Національний університет ДПС України, 2009. – 158 с.
7. Руденко І.Б., Харенко С.Б., Чернобай О.Б. Курс лекцій з вищої математики / за заг.ред. О.Б. Чернобай. – 2-ге видання, без змін. – Ірпінь: Національний університет ДПС України, 2009. – 266 с.
8. Руденко І.Б., Чернобай О.Б. Вища та прикладна математика: навч. посіб./Державна фіскальна служба України, Університет ДФС України, – Ірпінь, 2017. – 374с.
9. Розрахункові роботи з вищої та прикладної математики За заг.ред. Чернобай О. Б. / М.М.Семко, О.Ю.Башук, Л.В.Скасків, О.Б.Чернобай. Київ, 2019. – 94с.
10. Самойленко А.М. та ін. Диференціальні рівняння: Підручник/ А.М. Самойленко, М.О. Перестюк, І.О. Парасюк-2-е вид., перероб. і доп.-К. : Либідь—2003.—600с.
11. Семко М.М., Задорожня Т.М., Кучменко С.М., Мамонова Г.В., Руденко І.Б., Харенко С.Б., Чернобай О.Б., Ярова О.А. Вища математика (другий семестр).Розрахункові роботи. / за заг.ред. О.Б. Чернобай. – Київ,2016. –100 с.
12. Перестюк М. О., Свіщук М. Я. Збірник задач з диференціальних рівнянь: Навч.посібник.-- К.:ТВиМС,2004, –224 с.

Допоміжна

1. Дороговцев А.Я. Математичний аналіз. Ч. 1, 2. – Київ: Либідь, 1993.
2. Дубовик В.П., Юрик І.І. Вища математика. – К.: А.С.К., 2001.
3. Дубовик В.П. Дороговцев А.Я. Математичний аналіз. Ч. 1, 2. – Київ: Либідь, 1993.
4. Дубовик В.П., Юрик І.І., Вовкодав І.П. та ін. Вища математика: Збірник задач. Навчальний посібник. – К.: А.С.К., 2001.
5. Кривуца В.Г., Барковський В.В., Барковська Н.В. Вища математика. Практикум.— К.:ЦУЛ,2003.
6. Юрик І.І., Вовкодав І.П. та ін. Вища математика: Збірник задач. Навчальний посібник. – К.: А.С.К., 2001.
7. М.І. Шкіль, Т.В. Колесник. Вища математика. Диференціальне та інтегральне числення функції однієї змінної. Ряди. Книга 2. – Київ: Либідь, 1994.
8. М.І. Шкіль, Т.В. Колесник. Вища математика. Диференціальне та інтегральне числення функцій багатьох змінних. Диференціальні рівняння. Книга 3. – Київ: Либідь, 1994.

Інформаційні ресурси і Інтернеті

1. Вища математика: Підручник / Домбровський В.А., Крижанівський І.М., Мацьків Р.С., Мигович Ф.М., Неміш В.М., Окрепкий Б.С., Хома Г.П., Шелестовська М.Я.; за редакцією Шинкарика М.І. –Тернопіль: Видавництво Карп'юка, 2003 - 480с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
http://botanichik.at.ua/publ/uchebniki_pidruchniki/matematika/vishha_matematika_pidruchnik_dom_brovskij_v_a_nemish_v_m_za_redakcieju_shinkarika_m_i_ternopil_vidavnictvo_karp_juka_2003_480s/101-1-0-271

2. Дубовик, Юрик. Вища математика. Навч. посібник [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://erudyt.net/elektronni-pidruchniki/vishha-matematika/dubovyk-yuryk-vyscha-matematyka-navch-posibnyk.html>

3. Клепко В.Ю., Голець В.Л. Вища математика в прикладах і задачах[Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://subject.com.ua/pdf/350.pdf>

Міжнародні видання

1. Український математичний журнал: ISSN: [0041-6053](https://doi.org/10.1017/S0041-6053), [1027-3190](https://doi.org/10.1017/S1027-3190)
[Ukrainian Mathematical Journal](https://doi.org/10.1017/S0041-6053)