

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Львівський національний університет імені Івана Франка**  
**Факультет прикладної математики та інформатики**  
**Кафедра обчислювальної математики**

**Затверджено**

На засіданні  
кафедри обчислювальної математики  
факультету прикладної математики та  
інформатики  
Львівського національного університету  
імені Івана Франка  
(протокол № \_\_\_\_ від \_\_\_\_\_ 2020 р.)

Завідувач кафедри Хапко Р.С.

---

**Силабус з навчальної дисципліни**  
**“Лінійні інтегральні рівняння”,**  
**що викладається в межах ОПІ Прикладна математика**  
**першого (бакалаврського) рівня вищої освіти для здобувачів з**  
**спеціальності 113 – прикладна математика**

Львів 2020 р.

<b>Назва дисципліни</b>	Лінійні інтегральні рівняння
<b>Адреса викладання дисципліни</b>	Головний корпус ЛНУ ім. І. Франка м. Львів, вул. Університетська 1
<b>Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна</b>	Факультет прикладної математики та інформатики Кафедра обчислювальної математики
<b>Галузь знань, шифр та назва спеціальності</b>	11 – математика та статистика 113 – прикладна математика
<b>Викладачі дисципліни</b>	Хапко Роман Степанович, завідувач кафедри обчислювальної математики, професор; Гарасим Ярослав Степанович, старший викладач кафедри обчислювальної математики; Бешлей Андрій Володимирович, асистент кафедри обчислювальної математики;
<b>Контактна інформація викладачів</b>	<a href="mailto:roman.chapko@lnu.edu.ua">roman.chapko@lnu.edu.ua</a> ; <a href="https://ami.lnu.edu.ua/employee/chapko">https://ami.lnu.edu.ua/employee/chapko</a> ; <a href="mailto:Jaroslav.Harasym@lnu.edu.ua">Jaroslav.Harasym@lnu.edu.ua</a> ; <a href="https://ami.lnu.edu.ua/employee/harasym">https://ami.lnu.edu.ua/employee/harasym</a> ; <a href="mailto:andriy.beshley@lnu.edu.ua">andriy.beshley@lnu.edu.ua</a> ; <a href="https://ami.lnu.edu.ua/employee/beshley">https://ami.lnu.edu.ua/employee/beshley</a> ; Головний корпус ЛНУ ім. І. Франка, каб. 262. м. Львів, вул. Університетська, 1
<b>Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються</b>	Консультації в день проведення лекцій/практичних занять (за попередньою домовленістю).
<b>Сторінка курсу</b>	<a href="https://ami.lnu.edu.ua/course/linear-integral-equations-applied-mathematics">https://ami.lnu.edu.ua/course/linear-integral-equations-applied-mathematics</a>
<b>Інформація про дисципліну</b>	Даний курс є продовженням курсів чисельних методів і функціонального аналізу. До його складу входять: цикл лекцій та лабораторних занять. Студенти отримують необхідні знання з теорії регуляризації інтегральних рівнянь першого роду та теорії Пісса-Шаудера для рівнянь другого роду, теорії колективно компактних операторів, дослідження збіжності наближених методів типу Нистрьома, вироджених ядер та проєкційних. В процесі виконання лабораторних робіт студенти будують наближені розв'язки інтегральних рівнянь першого та другого роду на основі методу квадратур з використанням вивчених методів. Використовуючи відповідне програмне забезпечення, проводять необхідні обчислювальні експерименти.
<b>Коротка анотація дисципліни</b>	Дисципліна “Лінійні інтегральні рівняння” є нормативною дисципліною з спеціальності 113 – прикладна математика для освітньої програми Прикладна математика, яка викладається в 7-му семестрі (4 кредити ECTS).
<b>Мета та цілі дисципліни</b>	Метою курсу є ознайомлення студентів з теоріями дослідження коректності інтегральних рівнянь, чисельними методами їх розв'язування та варіантами застосування для крайових задач. Ціль курсу навчити студентів основних методів зведення диференціальних задач до граничних інтегральних рівнянь, дослідження розв'язності інтегральних рівнянь першого та другого роду, а також принципів побудови та обґрунтування наближених методів їх розв'язування.

<b>Література для вивчення дисципліни</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Остудін Б.А., Хапко Р.С. Застосування теорії операторів до аналізу інтегральних рівнянь. – Львів, 1995. – 51 с.</li> <li>2. Kress R. Linear integral equations. - Berlin: Springer, 2014.</li> <li>3. Atkinson K. The numerical solution of integral equations of the second kind. -Cambridge : Cambridge University Press, 1997.</li> </ol>
<b>Обсяг курсу</b>	Загальний обсяг: 120 годин (аудиторних занять: 64 год., з них 48 год. лекцій та 16 години лабораторних робіт; самостійної роботи: 56 год).
<b>Очікувані результати навчання</b>	<p>Після завершення цього курсу студент буде :</p> <p>Знати теорії дослідження інтегральних рівнянь (ІР):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• теорію Рісса;</li> <li>• теорію Фредгольма</li> </ul> <p>та основні чисельні методи для ІР:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• метод заміни ядра на вироджене;</li> <li>• метод Нистрьома;</li> <li>• метод колокації;</li> <li>• метод Гальоркіна;</li> <li>• метод граничних елементів.</li> </ul> <p>Вміти:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- застосовувати ІР до крайових задач і вивчені методи для їх наближеного розв'язування;</li> <li>- здійснювати програмну реалізацію вивчених алгоритмів.</li> </ul>
<b>Ключові слова</b>	Інтегральні рівняння Фредгольма першого і другого роду. Компактні оператори. Теорія Рісса. Теорія Фредгольма. Методи вироджених ядер, Нистрьома, Гальоркіна, колокації. Крайові задачі для рівняння Лапласа. Граничні інтегральні рівняння. Теорія потенціалів. Формули Гріна. Коректність.
<b>Формат курсу</b>	Очний, дистанційний Проведення лекцій, лабораторних робіт і консультацій.
<b>Теми</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Короткий огляд типів інтегральних рівнянь.</li> <li>2. Компактні інтегральні оператори.</li> <li>3. Теорія Рісса</li> <li>4. Теорія Фредгольма.</li> <li>5. Метод вироджених ядер.</li> <li>6. Проекційні методи.</li> <li>7. Метод Нистрьома.</li> <li>8. Дискретні проекційні методи.</li> <li>9. Ітераційні методи.</li> <li>10. Гармонійні функції та їх властивості. Граничні задачі для рівняння Лапласа.</li> <li>11. Непрямий метод граничних ІР.</li> <li>12. Граничні інтегральні рівняння. Прямий підхід.</li> <li>13. Граничні інтегральні рівняння першого роду.</li> <li>14. Граничні інтегральні рівняння на кусково гладких плоских кривих.</li> <li>15. Метод граничних елементів в <math>R^2</math>.</li> <li>16. Метод граничних інтегральних рівнянь для рівняння Гельмгольца.</li> <li>17. Чисельне розв'язування поверхневих інтегральних рівнянь.</li> <li>18. Регуляризація Тіхонова для некоректних лінійних інтегральних рівнянь. Використання для граничних задач.</li> </ol>

<b>Підсумковий контроль, форма</b>	Екзамен
<b>Пререквізити</b>	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з <ul style="list-style-type: none"> <li>- Чисельних методів;</li> <li>- Диференціальних рівнянь;</li> <li>- Функціонального аналізу</li> <li>- Програмування;</li> </ul>
<b>Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу</b>	Презентації, лекції Індивідуальні завдання
<b>Необхідне обладнання</b>	Комп'ютер із програмним забезпеченням Visual Studio 2017/2019, Internet доступ до обчислювального кластера.
<b>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</b>	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• індивідуальне завдання (проект): максимальна кількість балів 50 (за звіт – макс.15, за програму – макс.15, за публічний захист – макс.20).</li> <li>• екзамен: максимальна кількість балів 50</li> </ul> <p>Підсумкова максимальна кількість балів 100.</p> <p><b>Письмові роботи:</b> Очікується, що студенти виконають звіт про виконання проекту.</p> <p><b>Академічна доброчесність:</b> Очікується, що роботи студентів будуть їх оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикування джерел, списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману.</p> <p><b>Відвідування занять</b> є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції та практичні заняття курсу. Студенти повинні інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися термінів визначених для виконання всіх видів письмових робіт та індивідуальних завдань, передбачених курсом.</p> <p><b>Література.</b> Уся література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надана викладачем виключно в освітніх цілях без права її передачі третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.</p> <p><b>Політика виставлення балів.</b> Враховуються бали набрані при поточному тестуванні, самостійній роботі та бали підсумкового тестування. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час практичного заняття; недопустимість пропусків та запізнь на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях не пов'язаних з навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін. Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p>
<b>Питання до заліку чи екзамену.</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Класифікація інтегральних рівнянь.</li> <li>2. Компактні оператори та їх властивості.</li> <li>3. Теорії Рісса (перша і друга теореми з доведенням).</li> </ol>

	<ol style="list-style-type: none"> <li>4. Теорія Фредгольма.</li> <li>5. Метод вироджених ядр.</li> <li>6. Проекційні методи. Метод Гальоркіна.</li> <li>7. Проекційні методи. Метод колокації.</li> <li>8. Метод Нистрьома.</li> <li>9. Дискретні проекційні методи.</li> <li>10. Ітераційні методи.</li> <li>11. Гармонійні функції та їх властивості. Граничні задачі для рівняння Лапласа. Єдиність розв'язку.</li> <li>12. Непрямий метод граничних ІР.</li> <li>13. Прямий метод граничних ІР..</li> <li>14. Граничні інтегральні рівняння першого роду.</li> <li>15. Метод граничних елементів в R2.</li> <li>16. Метод граничних інтегральних рівнянь для рівняння Гельмгольца.</li> <li>17. Чисельне розв'язування поверхневих інтегральних рівнянь.</li> <li>18. Регуляризація Тіхонова для некоректних лінійних інтегральних рівнянь.</li> </ol>
<p><b>Опитування</b></p>	<p>Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.</p>