

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПРИКАРПАТСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТЕФАНІКА**



Факультет математики та інформатики

Кафедра математичного і функціонального аналізу

**СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Лінійний та нелінійний аналіз**

Рівень вищої освіти – третій (освітньо-науковий)

Освітня програма Математика

Спеціальність 111 Математика

Галузь знань 11 Математика та статистика

Затверджено на засіданні кафедри  
Протокол № 1 від “25” серпня 2023 р.

м. Івано-Франківськ – 2023 р.

## 1. Загальна інформація

Назва дисципліни	Лінійний та нелінійний аналіз
Викладач	Загороднюк Андрій Васильович
Контактний телефон викладача	0955333348
E-mail викладача	andriy.zagorodnyuk@pnu.edu.ua
Формат дисципліни	Очний/заочний
Обсяг дисципліни	3 кредити ЄКТС, 90 год.
Посилання на сайт дистанційного навчання	<a href="https://d-learn.pnu.edu.ua/">https://d-learn.pnu.edu.ua/</a>
Консультації	Очні та онлайн консультації: згідно розкладу консультацій

## 2. Анотація до навчальної дисципліни

Предметом вивчення навчальної дисципліни є теорія лінійного та нелінійного аналізу, що сприяє підготовці аспірантів для написання наукових досліджень.

## 3. Мета та цілі навчальної дисципліни

Метою вивчення навчальної дисципліни є доповнення вивчених раніше розділів функціонального аналізу розділами нелінійного функціонального аналізу, засвоєння понять  $C^*$ -алгебри, банахової алгебри, самоспряжених операторів, спектра, резольвенти, тензорних та симетричних тензорних добутків лінійних просторів.

Основними цілями вивчення дисципліни є надання аспірантам знань, які дадуть їм можливість зрозуміти основні поняття нелінійного функціонального аналізу, зокрема, , банахової алгебри, самоспряжених операторів, спектра, резольвенти, тензорних та симетричних тензорних добутків лінійних просторів.

## 4. Програмні компетентності та результати навчання

Загальні компетентності:

**ЗК-1.** Здатність виявляти та вирішувати проблеми, генерувати нові наукові ідеї на межі предметних галузей і здійснювати власні дослідження.

**ЗК-3.** Здатність ефективно будувати професійну комунікацію як усно, так і письмово державною мовою та принаймні однією з поширених іноземних мов.

**ЗК-5.** Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

**ЗК-6.** Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

**ЗК-7.** Здатність працювати в міжнародному контексті.

**ЗК-9.** Здатність до професійного спілкування зі спеціалістами з інших галузей знань.

**ЗК-10.** Здатність здійснювати самостійні розробки шляхом творчого застосування існуючих та генерування нових ідей.

Фахові компетентності:

**ФК-1.** Знання на рівні новітніх досягнень, необхідні для дослідницької або практичної діяльності у сфері математики.

**ФК-2.** Здатність виявляти актуальні математичні проблеми і використовувати поглиблені знання з математики.

**ФК-3.** Уявлення про загальні принципи побудови математичних теорій.

**ФК-4.** Здатність формулювати та доводити математичні твердження, вміти правильно формувати висновки.

**ФК-5.** Здатність реалізовувати знання з фундаментальних методів математичного, комплексного та функціонального аналізу, алгебри, математичної логіки, геометрії, топології, теорії ймовірності, статистики тощо у теоретичних дослідженнях та при розв'язанні конкретних прикладних задач.

**ФК-6.** Здатність використовувати спеціалізовані мови програмування та програмне забезпечення для розв'язання задач дослідницького або практичного характеру, оформлення результатів роботи тощо.

**ФК-9.** Здатність вибирати правильний математичний апарат, використовувати відомі теоретичні поняття та факти для розв'язання конкретних дослідницьких задач.

**ФК-10.** Здатність здійснювати дослідницьку та професійну діяльність у міжнародному середовищі.

Програмні результати навчання:

**ПРН-1.** Самостійно мислити, генерувати нові ідеї та гіпотези на межі предметних галузей і здійснювати власні дослідження.

**ПРН-2.** Здійснювати повний та різносторонній пошук інформації, її систематизацію та аналіз.

**ПРН-4.** Мати глибинні знання з напрямку спеціалізації та широку ерудицію в галузі математики.

**ПРН-5.** Вміти самостійно розв'язувати складні математичні задачі, доводити теореми, будувати приклади.

**ПРН-7.** Вміти аналізувати відомі методи наукових досліджень та використовувати їх у подальшій науковій роботі.

**ПРН-8.** Вміти представляти свої результати державною мовою та однією з іноземних мов в усній та письмовій формі.

**ПРН-10.** Вміти розробляти наукові проекти в галузі математики.

## 5. Організація навчання

Обсяг навчальної дисципліни	
Вид заняття	Загальна кількість годин
лекції	20
семінарські заняття / практичні / лабораторні	10
самостійна робота	60

Ознаки навчальної дисципліни			
Семестр	Спеціальність	Курс (рік навчання)	Нормативний / вибірковий
I	111 Математика	I	Нормативний

Тематика навчальної дисципліни			
Тема	кількість год.		
	лекції	заняття	сам. роб
Тема 1. Самоспряжені оператори у гільбертовому просторі. Спектр, резольвента.	2	1	8
Тема 2. Необмежені самоспряжені оператори.	2	1	6
Тема 3. Спектральна теорема для самоспряжених операторів.	2	1	6
Тема 4. Банахові алгебри.	2	1	6
Тема 5. $C^*$ -алгебри, алгебри операторів. $C^*$ -алгебри. Алгебри операторів.	2	1	6
Тема 6. Зображення Гельфанда-Нолімарна-Сігала для $C^*$ -алгебри.	2	2	8
Тема 7. Тензорні добутки лінійних просторів, симетричні тензорні добутки.	4	1	8

Тема 8. Норми на тензорних добутках. Теорема Гротендіка.	2	1	6
Тема 9. Гільбертові тензорні добутки та самоспряжені оператори на них.	2	1	6
ЗАГ.:	20	10	60

## 6. Система оцінювання навчальної дисципліни

Загальна система оцінювання навчальної дисципліни	<p><b>100 балівна:</b>  <b>50 балів</b> – допуск до екзамені протягом роботи на парах.  <b>50 балів</b> – екзамен.</p> <p><b>Критерії оцінювання знань, умінь і навичок студентів:</b>  <b>90 – 100 (відмінно)</b> – студент демонструє повні і глибокі знання навчального матеріалу, достовірний рівень розвитку умінь та навичок, правильне й обґрунтоване формулювання практичних висновків, наводить повний обґрунтований розв’язок прикладів та задач, аналізує причинно-наслідкові зв’язки; вільно володіє науковими термінами;  <b>70 – 89 (добре)</b> – студент демонструє повні знання навчального матеріалу, але допускає незначні пропуски фактичного матеріалу, вміє застосувати його до розв’язання конкретних прикладів та задач, у деяких випадках нечітко формулює загалом правильні відповіді, допускає окремі несуттєві помилки та неточності розв’язках;  <b>50 – 69 (задовільно)</b> – студент володіє більшою частиною фактичного матеріалу, але викладає його не досить послідовно і логічно, допускає істотні пропуски у відповіді, не завжди вміє правильно застосувати набуті знання до розв’язання конкретних прикладів та задач, нечітко, а інколи й невірно формулює основні твердження та причинно-наслідкові зв’язки;  <b>0 – 49 (незадовільно)</b> – студент не володіє достатнім рівнем необхідних знань, умінь, навичок, науковими термінами.</p>
Вимоги до письмових робіт	Відповідно до навчального плану, аспірант виступає з теоретичними доповідями по питаннях з тем предмету та розв’язує задачі. Головна їх мета – перевірка самостійної роботи студентів в процесі навчання, виявлення ступеня засвоєння ними теоретичних положень курсу. При розв’язанні задач студент має детально вказувати, яким саме був хід його роздумів, якими формулами він користувався.
Практичні заняття	Практичні заняття проводяться з метою формування у студентів умінь і навичок з курсу, вирішення сформульованих завдань, їх перевірка та оцінювання. За метою і структурою практичні заняття є ланцюжком, який пов’язує теоретичне навчання і навчальну практику з курсу, а також передбачає попередній контроль знань студентів. Оцінки за практичні

	заняття враховуються при виставленні підсумкової оцінки з курсу.
Умови допуску до підсумкового контролю	Оцінка за опитування має бути не менша, ніж <b>25 балів</b> .
Підсумковий контроль	Форма контролю: екзамен. Форма здачі: комбінована. Структура білета і розподіл балів за завдання: Описові питання 3 по 10 балів та 1 якісна задача – 20 балів. У підсумку 50 балів.

## 7. Політика навчальної дисципліни

### Письмові роботи:

Самостійне виконання навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю результатів навчання (для осіб з особливими освітніми потребами ця вимога застосовується з урахуванням їхніх індивідуальних потреб і можливостей).

### Академічна доброчесність:

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника. Детальніше: <https://pnu.edu.ua/polozhennia-pro-zapobihannia-plahiatu/>

### Відвідування занять

Засвоєння пропущеної теми лекції з поважної причини перевіряється під час складання підсумкового контролю. Пропуск лекції з неповажної причини відпрацьовується студентом. Пропущені практичні заняття, незалежно від причини пропуску, студент відпрацьовує згідно з графіком консультацій. Поточні незадовільні оцінки, отримані студентом під час засвоєння відповідної теми на практичному занятті, перескладаються викладачеві, який веде заняття до складання підсумкового контролю з обов'язковою відміткою у журналі обліку роботи академічних груп.

### Неформальна освіта:

Результат може бути зарахований за умови повної відповідності програм та відповідно до Положення про визнання результатів навчання, здобутих шляхом неформальної освіти, в Прикарпатському національному університеті імені Василя Стефаника <https://nmv.pnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/118/2022/11/neformalna-osvita.pdf>

## 8. Рекомендована література

1. Dineen S. Complex Analysis in Locally Convex Spaces. North-Holland, Amsterdam, New York, Oxford: Mathematics Studies, 1981.
2. Dineen S. Complex Analysis on Infinite Dimensional Spaces. New York: Monographs in Mathematics, 1999.
3. Mujica J. Complex Analysis in Banach Spaces North-Holland, Amsterdam, New York, Oxford, 1986.
4. Fabian M., Habala P., Hájek P., Montesinos V., Zizler V. Banach Space Theory. The Basis for Linear and Nonlinear Analysis. New York, Springer: Dordrecht, Heidelberg, London, 2011.

Викладач *Андрій Загороднюк*, завідувач кафедри  
*математичного і функціонального аналізу*