**Силабус**

**ВБ 3.3 «Оптимальне керування функціонально-диференціальними системами»**

**Одеський національний університет імені І.І. Мечникова**

**Ступінь вищої освіти: третій (освітньо-науковий)**

**Спеціальність: 113 - Прикладна математика**

**Освітньо-наукова програма: "Обчислювальна математика, методи математичної фізики, варіаційне числення і теорія оптимального керування та механіка"**

| | |
|---|---|
| **Обсяг** | Загальна кількість:<br>кредитів - 3;<br>годин - 90;<br>змістових модулів – 2 |
| **Рік навчання** | 1 |
| **Дні, Час, Місце** | за розкладом занять |
| **Викладач (і)** | Кічмаренко Ольга Дмитрівна, завідувач кафедри оптимального керування і економічної кібернетики доктор фізико-математичних наук.<br>Скрипник Наталія Вікторівна, доцент кафедри оптимального керування і економічної кібернетики доктор фізико-математичних наук. |
| **E-mail:** | o.kichmarenko@onu.edu.ua<br>natalia.skripnik@onu.edu.ua |
| **Робоче місце** | кафедра **методів математичної фізики** |

## КОМУНІКАЦІЯ

Комунікація зі студентами буде здійснюватися електронною поштою або в аудиторії за розкладом.

## ОПИС ДИСЦИПЛІНИ

***Пререквізити дисципліни:***

Програма навчальної дисципліни **ВБ 3.3 «Оптимальне керування функціонально-диференціальними системами»** складена відповідно до освітньо-наукової програми «Обчислювальна математика, методи математичної фізики, варіаційне числення і теорія оптимального керування та механіка».

**Мета дисципліни:** ознайомлення аспірантів з математичними моделями систем, поточний стан яких залежить від показників стану в попередні моменти часу, зокрема такими, що містять параметр керування; різними постановками початкових задач з функціонально-диференціальними рівняннями, умовами існування розв'язків таких задач; постановка задач оптимального керування функціонально-диференціальними системами на скінченному інтервалі та на півосі, умовами існування розв'язків цих задач та який зв'язок між задачею оптимального керування функціонально-диференціальною системою на скінченному інтервалі та відповідною задачею на півосі.

**Завданнями дисципліни** є надання основних математичних фактів теорії оптимального керування функціонально-диференціальними системами.

Процес вивчення дисципліни спрямований на формування елементів наступних компетентностей:

ІК. Здатність розв’язувати комплексні проблеми в галузі професійної та дослідницько-інноваційної діяльності у сфері математики та статистики із залученням отриманих знань із суміжних навчальних дисциплін, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань та професійних практик.

ФК 01. Здатність до глибокого розуміння теоретичних положень, історії їх розвитку, сучасного стану та майбутнього концепту за напрямком власного наукового дослідження в прикладній математиці.

ФК 02. Здатність до визначення перспективних наукових напрямів на основі аналітичного пошуку з використанням сучасних методів комп’ютерних та інформаційних технологій.

ФК 04. Здатність до абстракції, включаючи здатність логічно розвивати окремі формальні теорії та встановлювати зв’язок між ними.

ФК 05. Здатність до глибинного розуміння загальних та спеціальних математичних дисциплін.

ФК 06. Здатність будувати математичні моделі для опису та подальшого аналізу явищ та процесів.

ФК 07. Здатність формулювати математичні постановки складних оптимізаційних проблем і проблем прийняття рішень.

ФК 09. Здатність користуватися, управляти і розробляти нові інформаційні технології.

**Очікувані результати навчання.** У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

**знати:** сучасні результати в теорії функціонально-диференціальних рівнянь та теорії оптимального керування функціонально-диференціальними системами;

**вміти:** самостійно опрацьовувати літературу, використовувати сучасне програмне забезпечення для розв’язування практичних задач.

Бути здатними до безперервного саморозвитку та самовдосконалення.

Застосовувати в роботі інноваційний підхід.

Сприяти розвитку нових ідей або процесів у передових контекстах професійної та наукової діяльності.

Це відповідає наступним програмним результатам навчання:

ПРН 05. Вміти описувати, аналізувати та синтезувати інформацію, враховуючи попередній досвід; піддавати сумніву отримані раніше результати; правильно поставити задачу дослідження та відібрати підходи до її розв'язку; виявляти ключові ідеї у напрацьованому розв'язку та представлення їх у чіткому і завершеному вигляді.
ПРН 06. Вміти здійснювати аналіз поставленої задачі, працювати з літературою, обирати шляхи до вирішення проблеми, застосовувати сучасні методи дослідження, робити висновки, оцінювати отримані результати.
ПРН 07. Вміти ставити проблему, проводити аналіз її сучасного стану розробки, користуватися апаратом розв'язання та оприлюднення результатів із застосуванням сучасних інформаційно-комп'ютерних технологій.
ПРН 10.Вміти проводити доведення математичних тверджень, що не є аналогічними до раніше відомих.
ПРН 12. Вміти складати модель творчої роботи, програму і план власного дослідження; формулювати висновки та узагальнення; обґрунтовувати практичну значущість результатів дослідження.
ПРН 14. Вміти розв'язувати конкретні математичні задачі, сформульовані у термінах даної предметної області; оцінювати ступінь адекватності математичної моделі явищу, яке вона описує.
ПРН 15. Вміти здійснювати базові перетворення математичних моделей для зручності розв'язання відповідних задач; надавати інтерпретацію отриманих результатів.

## Зміст навчальної дисципліни

**Змістовий модуль 1. Системи з відхильним аргументом.**

Тема 1. Рівняння із запізненням. Постановка початкової задачі. Поняття розв'язку. Умови існування та єдності розв'язку.

Тема 2. Рівняння з максимумом. Постановка початкової задачі. Поняття розв'язку. Умови існування та єдності розв'язку. Числовий алгоритм побудови розв'язку початкової задачі для системи із максимумом.

Тема 3. Функціонально-диференціальні рівняння (ФДР). Постановка початкової задачі. Поняття розв'язку. Умови існування та єдності розв'язку.

Тема 4. ФДР із керуванням. Постановка початкової задачі. Поняття розв'язку. Умови існування та єдності розв'язку.

**Змістовий модуль 2. Задача оптимального керування функціонально - диференціальною системою.**

Тема 1. Задача оптимального керування (ЗОК) системою із запізненням. Постановка задачі. Поняття розв'язку. Умови існування розв'язку. Принцип максимуму Понтрягіна.

Тема 2. ЗОК системою із максимумом. Постановка задачі. Поняття розв'язку. Умови існування розв'язку. Принцип максимуму Понтрягіна.

Тема 3. ЗОК функціонально-диференціальною системою на скінченному інтервалі. Постановка задачі. Поняття розв'язку. Умови існування розв'язку.

Тема 4. ЗОК функціонально-диференціальною системою на півосі. Постановка задачі. Поняття розв'язку. Умови існування розв'язку.

Тема 5. Зв'язок між ЗОК функціонально-диференціальною системою на скінченному інтервалі та на півосі.

***Форми і методи навчання***

Курс буде викладений у формі лекцій (12 год.), практичних занять (10 год.) та організації самостійної роботи студентів (68 годин).

Базова підготовка здобувачів здійснюється на лекційних та практичних заняттях, але більша частина навчального матеріалу засвоюється завдяки самостійному вивченню предмета аспірантами денної форми навчання під час семестру. Під час викладання дисципліни використовуються методи навчання: словесні (лекція, пояснення); наочні презентації; дискусійне обговорення; самостійна робота з літературними джерелами, консультації.

**Рекомендована література**

**Основна**


1. Kolmanovskii, V.B., Shaikhet, L.E. Control of systems with after-effect. // Amer. Math. Society., V. 157. - Providence, 1992
2. Витюк А. Н., Кичмаренко О. Д., Сапожникова Е. Ю. О разрешимости начальной задачи для дифференциального уравнения с максимумом // Вестник Одесского национального университета. Математика и механика. – 2015. – Т. 20. Вып. 1 (25). – С. 38–45.
3. Магомедов А.Р. Обыкновенные дифференциальные уравнения с максимумами. – Баку, 1991. – 220 с. ISNB 5-8060-0100-5.
4. Angell T.S. Existence theorems for optimal control problems involving functional differential equations. // Journ. of Optimiz. Theory and Applic. 1971. - V.7, No 3. - P. 149-169. DOI: 10.1007/BF00932473
5. Hale J.K., Verduyn Lunel S.V. Introduction to Functional Differential Equations. - New York: Springer, 1993. — 458 p.
6. Dashkovskiy S. N., Kichmarenko O. D., Sapozhnikova K. Yu, Vityuk A. N. Numerical solution to initial value problem for one class of differential equation with maximum // International Journal of Pure and Applied Mathematics. – 2016. – V.109, № 4. – P. 1015-1027.
7. Kichmarenko O., Stanzhytskyi O. Optimal control problems for some classes of functional-differential equations on the semi-axis.// Miskolc Mathematical Notes. - 2019. - Vol. 20, No. 2, pp. 1021–1037
8. Kichmarenko O. and Stanzhytskyi O. Sufficient Conditions for the Existence of Optimal Controls for Some Classes of Functional-Differential Equations // Nonlinear dynamics and systems theory. 2018. – V.18, No 2. – P.196 211.


**Додаткова**


1. Bainov D. D., Hristova S. G. Differential equations with maxima. - CRC Press Tylor and Francis Group, 2011. - 291 p
2. Dashkovskiy S., Hristova S. Kichmarenko O., Sapozhnikova K. Behavior of solutions to systems with maximum // Preprints of the 20th World Congress The International Federation of Automatic Control, Toulouse, France, July 9-14, 2017, P.13467-13472.

3. Dashkovskiy S., Kichmarenko O., Sapozhnikova K. Approximation of Solutions to the Optimal Control Problems for Systems with Maximum // Journal of Mathematical Sciences. - 2019. - V. 243, Iss. 2.- P.192-203.
4. Kichmarenko O.D. Schemes of Complete Averaging in the Problem of Optimal Control Over a Functional-Differential System // Journal of Mathematical Sciences. - 2019. - V. 243, Iss. 3.- P.421-432.
5. Харатишвили Г.Л. Принцип максимума в теории оптимальных процессов с запаздыванием // Доклады АН СССР. – 1961. – Т.136. – С.39-42.

## 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://www.lnulibrary.lviv.ua/ - Сайт Наукової бібліотеки Львівського національного університету ім. Івана Франка;
6. http://korolenko.kharkov.com/ – Сайт Харківської державної наукової бібліотеки імені В.Г. Короленка;
7. https://www.imath.kiev.ua/ – Сайт Інституту математики НАН України;
8. https://umj.imath.kiev.ua/ – Український математичний журнал;
9. https://imath.kiev.ua/~nosc/web/?lang=ua/ – журнал Нелінійні коливання;
10. http://www.ams.org/publications/math-reviews/math-reviews/–реферативний математичний журнал, що видається AMS;
11. https://zbmath.org/ – реферативний математичний журнал видавництва «Шпрингер» та електронна база даних «ZBMATH – The database Zentralblatt MATH».

## ПОЛІТИКА КУРСУ

**Політика щодо академічної доброчесності**: регламентується *Положенням про запобігання та виявлення академічного плагіату у освітній та науково-дослідній роботі учасників освітнього процесу та науковців Одеського національного університету імені І.І. Мечникова* (*polozhennya-antiplagiat-2021.pdf (onu.edu.ua )*.

**Політика щодо відвідування**: Відвідування занять є обов'язковим. В окремих випадках навчання може відбуватись он-лайн з використанням дистанційних технологій. Порядок та умови такого навчання регламентуються *Положенням про організацію освітнього процесу в ОНУ (poloz-org-osvit-process_2022.pdf (onu.edu.ua)*.