

# СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «ОПТИМАЛЬНІ ТА АДАПТИВНІ СИСТЕМИ»



|                       |                            |
|-----------------------|----------------------------|
| Ступінь освіти        | доктор філософії           |
| Галузь знань          | 12 Інформаційні технології |
| Тривалість викладання | 1 чверть                   |
| Заняття:              | 7 чверть                   |
| Лекції                | 2 год./тижд.               |
| Практичні заняття     | 3 год./тижд.               |
| Мова викладання       | українська                 |

**Передумови для вивчення:** магістр галузі знань F – Інформаційні технології

**Сторінка курсу в СДО НТУ «ДП»:**

<https://do.nmu.org.ua/course/view.php?id=7088>

**Консультації:** за окремим розкладом, погодженим зі здобувачами ступеня доктор філософії.

**Онлайн-консультації:** MS Teams, електронна пошта

**Інформація про викладачів:**



**Коряшкіна Лариса Сергіївна**

доктор технічних наук, доцент

професор кафедри системного аналізу та управління

[Сторінка кафедри САУ](#)

[Google Scholar](#)

[Scopus iD](#)

[ORCID iD](#)

[ResearchGate Profile](#)

## 1. Анотація до курсу

Теоретичний матеріал дисципліни «Оптимальні та адаптивні системи» містить методи проектування оптимальних та адаптивних систем.

У широкому розумінні слово «оптимальний» означає найкращий (щодо деякого критерію ефективності). Критеріями оптимальності, за допомогою яких здійснюється вибір, можуть бути якість динаміки процесів управління, надійність системи, її вага і габарити, вартість, енергоспоживання та ін., або сукупність цих критеріїв із деякими ваговими коефіцієнтами.

Для знаходження оптимального управління використовують математичний апарат варіаційного обчислення, принцип максимуму Л. С. Понтрягіна (ПМП) та метод динамічного програмування (ДП) теорії оптимального управління. Цей математичний інструментарій є фундаментом для побудови оптимальних систем.

Проектування систем автоматичного управління при невизначених параметрах об'єкта завжди було однією з центральних проблем теорії автоматичного управління. У цьому випадку виникає необхідність створення регуляторів, параметри яких змінюються так, аби точність і якість системи залишалися незмінними. Системи з такими регуляторами називають адаптивними. У теорії адаптивних систем розглядаються різні типи адаптивних систем та принципи їх побудови.

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета дисципліни** – формування у здобувачів компетентностей компетентностей щодо основ створення оптимальних та адаптивних систем управління.

### Завдання курсу:

- ознайомити здобувачів вищої освіти з класифікацією оптимальних та адаптивних систем,
- навчити використовувати методи класичного варіаційного числення щодо синтезу оптимальних систем керування, виконувати аналітичне конструювання оптимальних регуляторів.

## 3. Результати навчання:

- знати класифікацію оптимальних та адаптивних систем, вміти використовувати методи класичного варіаційного числення щодо синтезу оптимальних систем керування;
- знати принципи дії екстремальних систем, основні пошукові алгоритми, виконувати аналітичне конструювання оптимальних регуляторів, вміти використовувати метод ДП щодо синтезу оптимальних систем керування;
- вміти виконувати аналіз та синтез СНС за допомогою методів допоміжних операторів, варіаційні рівняння, методом Ляпунова;
- виконувати розрахунок систем керування методами класичного варіаційного числення, з використанням методу ПМП, методу стискань;
- вміти аналітично конструювати оптимальні регулятори за допомогою рівняння Ріккати. Вміти використовувати метод ДП щодо синтезу оптимальних систем керування. Виконувати методами імітаційного моделювання та дослідження адаптивних систем.

## 4. Структура курсу

| Види та тематика навчальних занять   | Внесок в загальну оцінку, % |
|--|-----------------------------|
| <b>ЛЕКЦІЇ</b>  | <b>60</b>                   |
| <b>1 Класифікація оптимальних та адаптивних систем. Методи класичного варіаційного числення</b><br>Вступ. Актуальність задач оптимального і адаптивного управління. Методи класичного варіаційного числення для рішення задач оптимального управління.<br>Варіація функціонала. Необхідна умова існування екстремуму. Рівняння Ейлера. Умова Лежандра.<br>Умова Лежандра.                                      | 12                          |
| <b>2 Типові задачі оптимізації, їх властивості, методи розв'язування задач оптимального керування і особливості їх застосування.</b><br>Модифікація найпростішої задачі. Рівняння Ейлера – Лагранжа та Ейлера – Пуассона.<br>Задача Лагранжа на умовний екстремум.<br>Ізопериметрична задача. Синтез СУ за допомогою варіаційних методів.<br>ПМП та його застосування для синтезу оптимальних систем керування | 12                          |
| <b>3 Структура та основні типи адаптивних систем. Аналіз та синтез СНС за допомогою методів: допоміжних операторів, варіаційних рівнянь, методом Ляпунова</b><br>Теорема про $n$ -інтервалів. Метод стикування рішень.<br>Аналітичний синтез оптимальних регуляторів по квадратичному критерію якості.<br>Рівняння Ріккати.  | 12                          |

| <b>Види та тематика навчальних занять</b>   | <b>Внесок в загальну оцінку, %</b> |
|---|------------------------------------|
| Загальна характеристика адаптивних систем, їх класифікація.<br>Типи адаптивних систем з моделлю.  |                                    |
| <b>4 Розрахунок систем керування методами класичного варіаційного числення з використанням методу ПМП</b><br>Екстремальні системи, їх класифікація, показники якості. Методи пошуку екстремуму.<br>Гradientні та не gradientні методи.<br>Визначення екстремалей функціоналу.<br>Синтез оптимальних систем управління за допомогою варіаційних методів. | 12                                 |
| <b>5 Аналітичне конструювання оптимальних регуляторів</b><br>Рішення безперервних задач оптимального управління за допомогою методу ДП.<br>Дослідження якості роботи АДСУ за допомогою імітаційного моделювання.<br>Дослідження пошукових СУ.   | 12                                 |
| <b>ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ</b>  | <b>40</b>                          |
| Практична робота № 1<br><b>Тема: Визначення екстремалей функціоналу</b>   | 10                                 |
| Практична робота № 2<br><b>Тема: Аналітичні СНС з налагоджуванням по зовнішньому впливу.</b>  | 10                                 |
| Практична робота № 3<br><b>Тема: Розв'язування задач оптимального керування</b>   | 10                                 |
| Практична робота № 4<br><b>Тема: Аналітичні СНС з еталонною моделлю. Метод допоміжних операторів</b>  | 10                                 |
| <b>РАЗОМ</b>  | 100                                |

## 5. Технічне обладнання та/або програмне забезпечення

Технічні засоби навчання: мультимедійні та комп'ютерні пристрої.

Засоби дистанційної освіти: Moodle, MS Teams.

Пакети прикладних програм Python (безкоштовні).

## 6. Система оцінювання та вимоги

6.1. Навчальні досягнення здобувачів ступеня «доктор філософії» за результатами вивчення курсу оцінюватимуться за шкалою, що наведена нижче:

| Рейтингова шкала | Інституційна шкала |
|------------------|--------------------|
| 90 – 100         | відмінно           |
| 74-89            | добре              |
| 60-73            | задовільно         |
| 0-59             | незадовільно       |

6.2. Здобувач ступеня доктора філософії може отримати підсумкову оцінку з навчальної дисципліни на підставі поточного оцінювання знань за умови, якщо набрана кількість балів з поточного тестування та самостійної роботи складатиме не менше 60 балів. Поточна успішність складається з успішності за теоретичну частину курсу (максимум – 40 балів) та оцінок за виконання практичних робіт (максимум 12 балів за кожну роботу та максимальною сумарною оцінкою за всі роботи – 60 бали). Отримані бали за теоретичну частину курсу та практичні роботи додаються і є підсумковою оцінкою за вивчення

навчальної дисципліни. Максимально за поточною успішністю здобувач може набрати 100 балів.

Шкала оцінювання (зазначено максимально можливі бали):

| Теоретична частина | Практичні роботи при  |                         | Разом |
|--------------------|-----------------------|-------------------------|-------|
|                    | своєчасному складанні | несвоєчасному складанні |       |
| 60                 | 40                    | 24                      | 100   |

6.3. Критерії оцінювання елементів поточного та підсумкового контролю:

– підсумкове оцінювання відбувається у формі диференційованого заліку у форматі тесту, який складається з 20 завдань;

– поточне оцінювання практичних робіт відбувається шляхом захисту звіту з відповідної роботи (максимальний бал – 10, який формується наступним чином: 50 % – правильність і повнота викладення матеріалу в звіті, 50 % – захист індивідуальної роботи шляхом відповіді на контрольні питання, правильне оформлення звіту та своєчасне його подання (зниження оцінки)).

## 7. Політика курсу

**7.1. Політика щодо академічної доброчесності.** Академічна доброчесність здобувачів ступеня доктор філософії є важливою умовою для опанування результатами навчання за дисципліною і отримання задовільної оцінки з поточного та підсумкового контролів. Академічна доброчесність базується на засудженні практик списування (виконання письмових робіт із залученням зовнішніх джерел інформації, крім дозволених для використання), плагіату (відтворення опублікованих текстів інших авторів без зазначення авторства), фабрикації (вигадування даних чи фактів, що використовуються в освітньому процесі). Політика щодо академічної доброчесності регламентується Положенням про систему запобігання та виявлення плагіату у Національному технічному університеті «Дніпровська політехніка».

У разі порушення здобувачем ступеня доктор філософії академічної доброчесності (списування, плагіат, фабрикація), робота оцінюється незадовільно та має бути виконана повторно. При цьому викладач залишає за собою право змінити тему завдання.

**7.2. Комунікаційна політика.** Здобувачі ступеня доктор філософії повинні мати активовану університетську пошту (корпоративну на домені @npu.one) і бути зареєстровані на дистанційний курс «Математичне моделювання динамічних систем». Обов'язком здобувача вищої освіти є перевірка один раз на тиждень (щонеділі) поштової скриньки на Ofis365.

Усі письмові запитання до викладачів стосовно курсу мають надсилатися на університетську електронну пошту або на форум дистанційного курсу.

**7.3. Політика щодо перескладання.** Роботи, які здаються із порушенням термінів без поважних причин оцінюються на нижчу оцінку. Перескладання відбувається із дозволу деканату за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний).

**7.4. Відвідування занять.** Для здобувачів денної форми заняття проводяться у асинхронному режимі. Про відсутність на занятті та причини відсутності здобувач має повідомити викладача особисто.

**7.5. Політика щодо оскарження оцінювання.** Якщо здобувач ступеня доктор філософії не згоден з оцінюванням його знань він може оскаржити виставлену викладачем оцінку у встановленому порядку <https://cutt.ly/N08yRHA>

**7.6. Участь в анкетуванні.** Наприкінці вивчення курсу та перед початком сесії здобувача ступеня доктор філософіїм буде запропоновано анонімно заповнити електронні анкети (MS Office 365), які є доступними на дистанційному курсі або будуть розіслані на їхні університетські поштові скриньки. Заповнення анкет є важливою складовою навчальної активності, що дозволить оцінити дієвість застосованих методів викладання та врахувати ваші пропозиції стосовно покращення змісту навчальної дисципліни.

## **8. Рекомендовані джерела інформації**

### **Базові**

1. Соколов, С.В. Оптимальні та адаптивні системи [Текст]: навч. посіб. / С.В. Соколов. – Суми: СумДУ, 2018. – 221 с.
2. Штаєр, Л. О. Оптимальні та адаптивні системи : конспект лекцій / Л. О. Штаєр. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2015. – 52 с.
3. Szuster M., Hendzel Z. Intelligent Optimal Adaptive Control for Mechatronic Systems, Series: Studies in Systems, Decision and Control Vol. 120, 1st ed. Springer, 2018, XI – 382 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-68826-8>
4. Belegundu, A. D., & Chandrupatla, T. R. (2019). Optimization Concepts and Applications in Engineering (3rd ed.). Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108347976>
5. В. В. Півошенко, М. С. Кулик, Ю. Ю. Іванов, А. С. Васюра, Аналіз та експериментальне дослідження методу безмодельного навчання з підкріпленням , Вісник Вінницького політехнічного інституту: № 3 (2019)
6. Т. М. Боровська, Д. І. Гришин, І. С. Колесник, В. А. Северілов, Розробка моделей і методів оптимального управління системами проєктів на базі методів оптимального агрегування , Вісник Вінницького політехнічного інституту: № 1 (2020)
7. J. Dornheim, N. Link, and P. Gumbsch, “Model-Free Adaptive Optimal Control of Sequential Manufacturing Processes Using Reinforcement Learning,” arXiv.org, 2019. [Electronic resource]. Available: <https://arxiv.org/abs/1809.06646v1> . Accessed: Jan. 07. 2019.
8. Коряшкіна Л.С. Розширення одного класу нескінченновимірних оптимізаційних задач / Л.С. Коряшкіна // Вісн. Черкаського ун-ту. Сер. Прикл. матем. Інф. – 2015. – № 18 (351). – С. 28 – 36.
9. Blyuss O. Optimal placement of irradiation sources in the planning of radiotherapy: mathematical models and methods of solution / Blyuss O., Koriashkina L., Kiseleva E., Molchanov R. // The Scientific World Journal. – Vol. 2015. – 17 p.
10. Kiseleva E.M. Solving the Dynamic Optimal Set Partitioning Problem with Arrangement of Centers of Subsets / E.M. Kiseleva, L.S. Koriashkina, T.A. Shevchenko // Cybernetics and Systems Analysis, Vol. 50, Issue 6, 2014. – P. 842 – 853
11. Avramenko S.E. Guided hybrid genetic algorithm for solving global optimization problems / S.E. Avramenko, T.A. Zheldak, L.S. Koriashkina // Radio Electronics, Computer Science, Control. – 2021. – № 2. – pp. 174–188.