

# СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «ОПТИМАЛЬНІ ТА АДАПТИВНІ СИСТЕМИ»



Ступінь освіти	Доктор філософії
Освітня програма	
Тривалість викладання	7 чверть
Заняття:	Весняний семестр
лекції:	3 години
Практичні заняття:	2 години
Мова викладання	українська

**Передумови для вивчення** – якісне засвоєння дисципліни «Оптимальні та адаптивні системи» у встановлених відповідною робочою програмою обсягах пов'язане з успішним завершенням навчання за першим і другим рівнями вищої освіти за спеціальностями галузі знань 12 «Інформаційні технології».


**Сторінка курсу в СДО НТУ «ДП»:**

<https://do.nmu.org.ua/course/view.php?id=2358>

**Консультації:** за окремим розкладом, погодженим зі здобувачами вищої освіти.

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

**Інформація про викладачів:**

	<b>Коряшкіна Лариса Сергіївна (лекції, практичні заняття)</b>
	<b>Посада:</b> доцент кафедри системного аналізу і управління
	<b>Вчене звання:</b> доцент
	<b>Вчений ступінь:</b> кандидат фізико-математичних наук
	Сторінка кафедри САіУ: <a href="https://sau.nmu.org.ua/ua/kadry/koryashkina.php">https://sau.nmu.org.ua/ua/kadry/koryashkina.php</a>
	Orcid ID: <a href="https://orcid.org/0000-0001-6423-092X">https://orcid.org/0000-0001-6423-092X</a>
	Scopus ID: <a href="https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55844269100">https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55844269100</a>
<b>E-mail:</b> <a href="mailto:koriashkina.l.s@nmu.one">koriashkina.l.s@nmu.one</a>	
<b>Кабінет:</b> 7/1007	

## 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 курсу

**Мета дисципліни** – формування 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;
- вивчити типові задачі оптимізації, їх властивості, методи розв'язування задач оптимального керування і особливості їх застосування;
- надати інформацію про загальну структуру та основні типи адаптивних систем. Вміти виконувати аналіз та синтез СНС за допомогою методів допоміжних операторів, варіаційні рівняння, методом Ляпунова, тощо;
- навчити виконувати розрахунок систем керування методами класичного варіаційного числення, з використанням методу ПМП. Визначати види оптимальних керуючих впливів методом стикування рішень;
- навчити виконувати аналітичне конструювання оптимальних регуляторів за допомогою рівняння Ріккати. Вміти використовувати метод ДП щодо синтезу оптимальних систем керування. Виконувати методами імітаційного моделювання та дослідження адаптивних систем.

## 3. Результати навчання:

Знати принципи дії екстремальних систем, основні пошукові алгоритми, виконувати аналітичне конструювання оптимальних регуляторів, вміти використовувати метод ДП щодо синтезу оптимальних систем керування.

## 4. Структура курсу.

Шифри ДРН	Види та тематика навчальних занять	Обсяг складових, години
	ЛЕКЦІЇ	70

Шифри ДРН	Види та тематика навчальних занять	Обсяг складових, години
ДРН-1 ДРН-2	<b>1 Класифікація оптимальних та адаптивних систем. Методи класичного варіаційного числення</b> Вступ. Актуальність задач оптимального і адаптивного управління. Методи класичного варіаційного числення для рішення задач оптимального управління. Варіація функціонала. Необхідна умова існування екстремуму. Рівняння Ейлера. Умова Лежандра. Умова Лежандра.	14
ДРН-2 ДРН-3 ДРН-4	<b>2 Типові задачі оптимізації, їх властивості, методи розв'язування задач оптимального керування і особливості їх застосування.</b> Модифікація найпростішої задачі. Рівняння Ейлера – Лагранжа та Ейлера – Пуассона. Задача Лагранжа на умовний екстремум. Ізопериметрична задача. Синтез СУ за допомогою варіаційних методів. ПМП та його застосування для синтезу оптимальних систем керування	14
ДРН-1 ДРН-3 ДРН-6	<b>3 Структура та основні типи адаптивних систем. Аналіз та синтез СНС за допомогою методів: допоміжних операторів, варіаційних рівнянь, методом Ляпунова</b> Теорема про $n$ -інтервалів. Метод стикування рішень. Аналітичний синтез оптимальних регуляторів по квадратичному критерію якості. Рівняння Ріккати. Загальна характеристика адаптивних систем, їх класифікація. Типи адаптивних систем з моделлю.	14
ДРН-3 ДРН-5	<b>4 Розрахунок систем керування методами класичного варіаційного числення з використанням методу ПМП</b> Екстремальні системи, їх класифікація, показники якості. Методи пошуку екстремуму. Гradientні та не gradientні методи. Визначення екстремалей функціоналу. Синтез оптимальних систем управління за допомогою варіаційних методів.	14
ДРН-2 ДРН-5	<b>5 Аналітичне конструювання оптимальних регуляторів</b> Рішення безперервних задач оптимального управління за допомогою методу ДП. Дослідження якості роботи АДСУ за допомогою імітаційного моделювання. Дослідження пошукових СУ.	14
	<b>ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ</b>	<b>50</b>
ДРН-1 ДРН-2 ДРН-4	Визначення екстремалей функціоналу.	25
ДРН-1 ДРН-2 ДРН-5	Аналітичні СНС з налагоджуванням по зовнішньому впливу	15
ДРН-6	Аналітичні СНС з еталонною моделлю. Метод допоміжних операторів	10
<b>РАЗОМ</b>		<b>120</b>

## 5. Система оцінювання та вимоги

Сертифікація досягнень здобувачів вищої освіти здійснюється за допомогою прозорих процедур, що ґрунтуються на об'єктивних критеріях відповідно до Положення університету «Про оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти».

Досягнутий рівень компетентностей відносно очікуваних, що ідентифікований під час контрольних заходів, відображає реальний результат навчання здобувача вищої освіти за дисципліною.

### 5.1 Шкали

Оцінювання навчальних досягнень здобувачів вищої освіти НТУ «ДП» здійснюється за рейтинговою (100-бальною) та інституційною шкалами. Остання необхідна (за офіційною відсутністю національної шкали) для конвертації (переведення) оцінок здобувачів вищої освіти різних закладів.

#### *Шкали оцінювання навчальних досягнень здобувачів вищої освіти НТУ «ДП»*

Рейтингова	Інституційна
90...100	відмінно / Excellent
74...89	добре / Good
60...73	задовільно / Satisfactory
0...59	незадовільно / Fail

Кредити навчальної дисципліни зараховується, якщо здобувач вищої освіти отримав підсумкову оцінку не менше 60-ти балів. Нижча оцінка вважається академічною заборгованістю, що підлягає ліквідації відповідно до Положення про організацію освітнього процесу НТУ «ДП».

### 5.2 Засоби та процедури

Зміст засобів діагностики спрямовано на контроль рівня сформованості знань, умінь, комунікації, автономності та відповідальності здобувача вищої освіти за вимогами НРК до 7-го кваліфікаційного рівня під час демонстрації регламентованих робочою програмою результатів навчання.

Здобувач вищої освіти на контрольних заходах має виконувати завдання, орієнтовані виключно на демонстрацію дисциплінарних результатів навчання (розділ 2).

Засоби діагностики, що надаються здобувачам вищої освіти на контрольних заходах у вигляді завдань для поточного та підсумкового контролю, формуються шляхом конкретизації вихідних даних та способу демонстрації дисциплінарних результатів навчання.

Засоби діагностики (контрольні завдання) для поточного та підсумкового контролю дисципліни затверджуються кафедрою.

Види засобів діагностики та процедур оцінювання для поточного та підсумкового контролю дисципліни подано нижче.

#### *Засоби діагностики та процедури оцінювання*

ПОТОЧНИЙ КОНТРОЛЬ			ПІДСУМКОВИЙ КОНТРОЛЬ	
навчальне заняття	засоби діагностики	процедури	засоби діагностики	процедури
лекції	контрольні завдання за кожною темою	виконання завдання під час лекцій	комплексна контрольна робота (ККР)	визначення середньозваженого результату поточних контролів;
практичні	контрольні завдання за кожною темою	виконання завдань під час практичних занять		виконання ККР під час екзамену за бажанням здобувача вищої освіти
	або індивідуальне завдання	виконання завдань під час самостійної роботи		

Під час поточного контролю лекційні заняття оцінюються шляхом визначення якості виконання контрольних конкретизованих завдань. Практичні заняття оцінюються якістю виконання контрольного або індивідуального завдання.

Якщо зміст певного виду занять підпорядковано декільком дескрипторам, то інтегральне значення оцінки може визначатися з урахуванням вагових коефіцієнтів, що встановлюються викладачем.

За наявності рівня результатів поточних контролів з усіх видів навчальних занять не менше 60 балів, підсумковий контроль здійснюється без участі здобувача вищої освіти шляхом визначення середньозваженого значення поточних оцінок.

Незалежно від результатів поточного контролю кожен здобувач вищої освіти під час екзамену має право виконувати ККР, яка містить завдання, що охоплюють ключові дисциплінарні результати навчання.

Кількість конкретизованих завдань ККР повинна відповідати відведеному часу на виконання. Кількість варіантів ККР має забезпечити індивідуалізацію завдання.

Значення оцінки за виконання ККР визначається середньою оцінкою складових (конкретизованих завдань) і є остаточним.

Інтегральне значення оцінки виконання ККР може визначатися з урахуванням вагових коефіцієнтів, що встановлюється кафедрою для кожного дескриптора НРК.

### **5.3 Критерії**

Реальні результати навчання здобувача вищої освіти ідентифікуються та вимірюються відносно очікуваних під час контрольних заходів за допомогою критеріїв, що описують дії здобувача вищої освіти для демонстрації досягнення результатів навчання.

Для оцінювання виконання контрольних завдань під час поточного контролю лекційних і практичних занять в якості критерія використовується коефіцієнт засвоєння, що автоматично адаптує показник оцінки до рейтингової шкали:

$$O_i = 100 a/m,$$

де  $a$  – число правильних відповідей або виконаних суттєвих операцій відповідно до еталону рішення;  $m$  – загальна кількість запитань або суттєвих операцій еталону.

Індивідуальні завдання та комплексні контрольні роботи оцінюються експертно за допомогою критеріїв, що характеризують співвідношення вимог до рівня компетентностей і показників оцінки за рейтинговою шкалою.

## **6. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення**

Технічні засоби навчання.

Дистанційна платформа MOODLE.

## **7. Політика курсу**

**7.1. Політика щодо академічної доброчесності.** Академічна доброчесність здобувачів вищої освіти 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 "Положення про систему запобігання та виявлення плагіату у Національному технічному університеті "Дніпровська політехніка".

[http://www.nmu.org.ua/ua/content/activity/us\\_documents/System\\_of\\_prevention\\_and\\_detection\\_of\\_plagiarism.pdf](http://www.nmu.org.ua/ua/content/activity/us_documents/System_of_prevention_and_detection_of_plagiarism.pdf).

У разі порушення здобувачем вищої освіти 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 вищої освіти повинні мати активовану університетську пошту.

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

### **7.3. Політика щодо перекладання.**

Роботи, які здаються із порушенням термінів без поважних причин оцінюються на нижчу оцінку. Перекладання відбувається із дозволу деканату за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний).

**7.4 Політика щодо оскарження оцінювання.** Якщо здобувач вищої освіти не згоден з оцінюванням його знань він може опротестувати виставлену викладачем оцінку у встановленому порядку.

### **7.5. Відвідування занять.**

Для здобувачів вищої освіти денної форми відвідування занять є обов'язковим. Поважними причинами для неявки на заняття є хвороба, участь в університетських заходах, академічна мобільність, які необхідно підтверджувати документами. Про відсутність на занятті та причини відсутності здобувач вищої освіти має повідомити викладача або особисто, або через старосту.

За об'єктивних причин (наприклад, міжнародна мобільність) навчання може відбуватись в он-лайн формі за погодженням з керівником курсу.

**7.6. Бонуси.** Наприкінці вивчення курсу та перед початком сесії здобувача вищої освіти буде запропоновано анонімно заповнити електронні анкети (MicrosoftFormsOffice 365), які буде розіслано на ваші університетські поштові скриньки. Заповнення анкет є важливою складовою вашої навчальної активності, що дозволить оцінити дієвість застосованих методів викладання та врахувати ваші пропозиції стосовно покращення змісту навчальної дисципліни «Оптимальні та адаптивні системи». За участь у анкетуванні здобувач вищої освіти отримує **4 бали**.

## **8. Рекомендовані джерела інформації**

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 проектів на базі методів оптимального агрегування , Вісник Вінницького політехнічного інституту: № 1 (2020)
7. F. Chollet, Deep learning with Python. Shelter Island. NY: Manning Publications Co., 2018, pp. 27-38.
8. Jin, Z. Allen-Zhu, S. Bubeck, and M. Jordan, "Is Q-learning Provably Efficient?", arXiv.org, 2018. [Electronic resource]. Available: <https://arxiv.org/pdf/1807.03765.pdf> . Accessed: Jul. 10, 2018.
9. 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.
10. W. Haskell, and W. Huang, "Stochastic Approximation for Risk-Aware Markov Decision Processes", Arxiv.org, 2018. [Electronic resource]. Available: <https://arxiv.org/pdf/1805.04238.pdf>. Accessed: May. 17, 2018.
11. M. Rahman and H. Rashid, "Implementation of Q Learning and Deep Q Network for Controlling a Self-Balancing Robot Model," ArXiv.org, 2018. [Electronic resource]. Available: <https://arxiv.org/pdf/1807.08272.pdf> . Accessed: Jul. 22, 2018.