

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

Навчально-науковий інститут енергетики, автоматики та водного господарства

04-03-119S

СИЛАБУС

навчальної дисципліни

SYLLABUS

| | | |
|--|-----|---|
| Автоматизація та оптимальне керування технологічними процесами | | Automation and optimal control of technological processes |
| Шифр за ОП | OK3 | Code in Degree Programme |
| Освітній рівень: магістерський (другий) | | Level of Education: Master's (second) |
| Галузь знань Електроніка, автоматизація та електронні комунікації | 17 | Field of Knowledge Electronics, automation and electronic communications |
| Спеціальність Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка | 174 | Field of Study Automation, computer-integrated technologies and robotics |
| Освітня програма: Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка | | Degree Programme: Automation, computer-integrated technologies and robotics |

РІВНЕ – 2024

Силабус навчальної дисципліни «Автоматизація та оптимальне керування технологічними процесами» для здобувачів вищої освіти ступеня «магістр», які навчаються за освітньо-професійною програмою «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка». Рівне. НУВГП. 2024. 12 стор.

ОП на сайті університету: <https://ep3.nuwm.edu.ua/26561/>

Розробник силабусу:

Матус Світлана Костянтинівна, к.т.н., доцент, доцент кафедри автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Силабус схвалений на засіданні кафедри автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій
Протокол № 18 від 01 квітня 2024 року

Завідувач кафедри: Древецький В.В., д.т.н., проф.

Керівник (гарант) ОП: Рудик А.В., д.т.н., проф., професор кафедри автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Схвалено науково-методичною радою з якості ННІ ЕАВГ
Протокол № 8 від 23 квітня 2024 року

Голова науково-методичної ради з якості ННІ ЕАВГ: Сафоник А.П., д.т.н., проф.

© НУВГП, 2024

| ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ | |
|--|--|
| Автоматизація та оптимальне керування технологічними процесами | |
| ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ | |
| Ступінь вищої освіти | магістр |
| Освітня програма | Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка |
| Спеціальність | 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» |
| Рік навчання, семестр | 1 рік навчання, 2 семестр |
| Кількість кредитів | 5 |
| Лекції: | 20 год. – денна форма, 2 год. – заочна форма |
| Лабораторні заняття: | 20 год. – денна форма, 8 год. – заочна форма |
| Практичні заняття: | 10 год. – денна форма, 6 год. – заочна форма |
| Самостійна робота: | 100 год. – денна форма, 134 год. – заочна форма |
| Курсовий проект: | ні |
| Форма навчання | денна/заочна |

| | |
|---|---|
| Форма підсумкового контролю | екзамен |
| Мова викладання | державна |
| ІНФОРМАЦІЯ ПРО РОЗРОБНИКІВ | |
| Лектор  | Матус Світлана Костянтинівна , кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно- інтегрованих технологій |
| Вікіситет | Матус Світлана Костянтинівна |
| ORCID | https://orcid.org/0000-0002-6184-5184 |
| Як комунікувати | s.k.matus@nuwm.edu.ua |
| ІНФОРМАЦІЯ ПРО ОСВІТНІЙ КОМПОНЕНТ | |
| Мета та завдання | |
| <p>Метою освітньої компоненти є формування у студентів знань щодо автоматизації та оптимального керування технологічними процесами, про найбільш поширені методи та принципи оптимізації, які використовуються у системах управління складними об'єктами та здобуття навичок застосування сучасної теорії керування та методів оптимального керування технологічними процесами, самостійного розв'язання практичних і наукових задач синтезу оптимальних систем керування технологічними об'єктами.</p> <p>Завдання:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ознайомлення із сучасними підходами до аналізу і синтезу систем керування, що базуються на математичних методах оптимізації; - надання теоретичних та практичних знань щодо вирішення задач синтезу систем керування і оптимального програмного керування для конкретного технологічного процесу. | |
| Посилання на розміщення освітнього компонента на навчальній платформі Moodle, на платформі освітніх програм та їхніх освітніх компонентів | |
| https://exam.nuwm.edu.ua/course/view.php?id=36 | |
| Передумови вивчення* | |
| (місце освітнього компоненту в структурно-логічній схемі) | |
| Передумови вивчення забезпечують такі навчальні дисципліни: Інтелектуальні системи управління та пристрої, Окремі питання теорії автоматичного управління технічних засобів автоматизації | |
| Компетентності | |

ЗК3. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
 СК3. Здатність застосовувати методи моделювання та оптимізації для дослідження і підвищення ефективності систем і процесів керування складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами.
 СК6. Здатність застосовувати сучасні методи теорії автоматичного керування для розроблення автоматизованих систем управління технологічними процесами та об'єктами.

Програмні результати навчання

РН04. Застосовувати сучасні підходи і методи моделювання та оптимізації для дослідження та створення ефективних систем автоматизації складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами.
 РН08. Застосовувати сучасні математичні методи, методи теорії автоматичного керування, теорії надійності та системного аналізу для дослідження та створення систем автоматизації складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами, кіберфізичних виробництв.

Структура та зміст освітнього компонента

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1. Сучасна теорія автоматичного керування багатовимірними об'єктами

Кількість годин:

| | Денна форма | Заочна форма |
|---------------------|-------------|--------------|
| Лекції | 6 | 0,6 |
| Лабораторні заняття | 4 | 2 |
| Практичні заняття | 4 | 2 |
| Самостійна робота | 30 | 40 |

Методи та технології навчання: демонстрація, проблемно-пошуковий метод, навчальна дискусія, аналіз конкретних ситуацій, розв'язання винахідницьких завдань, проблемна лекція, візуалізація.

Тема

| Кількість годин, результати навчання, література | Зміст теми |
|--|------------|
|--|------------|

Тема 1

Математичні моделі систем керування

| год. | ден. | заоч. |
|--------|------|-------|
| лек. | 2 | 0,2 |
| лаб. | 0 | 0 |
| практ. | 0 | 0 |

Результати навчання:
 РН04, РН08
 Література: [1-4]

Етапи розвитку теорії автоматичного керування. Математичний опис фізичних систем та їх лінеаризація. Інтегро-диференціальні рівняння, передавальні функції, частотні та часові характеристики систем управління.

Тема 2

Аналіз об'єктів в просторі змінних стану

| | | |
|--------|------|-------|
| год. | ден. | заоч. |
| лек. | 2 | 0,2 |
| лаб. | 2 | 1 |
| практ. | 2 | 1 |

Результати навчання:
PH04, PH08
Література: [1-4, 8]

Змінні стану динамічних систем. Матричні передавальні функції. Керованість і спостережність лінійних динамічних систем.

Лабораторна робота № 1. Дослідження керованості і спостережності систем

Практична робота № 1. Подання математичних моделей об'єктів і систем у просторі станів

Тема 3 Автономні системи та модальне керування

| | | |
|--------|------|-------|
| год. | ден. | заоч. |
| лек. | 2 | 0,2 |
| лаб. | 2 | 1 |
| практ. | 2 | 1 |

Результати навчання:
PH04, PH08
Література: [4, 9]

Автономні системи автоматичного керування. Модальне керування

Лабораторна робота № 2. Побудова моделі системи модального керування

Практична робота № 2. Синтез автономної системи керування пов'язаного об'єкта

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2. Методи оптимізації статичних режимів технологічних процесів

Кількість годин:

| | Денна форма | Заочна форма |
|---------------------|-------------|--------------|
| Лекції | 4 | 0,4 |
| Лабораторні заняття | 2 | 1 |
| Практичні заняття | 4 | 2 |
| Самостійна робота | 20 | 27 |

Методи та технології навчання: демонстрація, проблемно-пошуковий метод, навчальна дискусія, аналіз конкретних ситуацій, розв'язання винахідницьких завдань, проблемна лекція, візуалізація.

| Кількість годин, результати навчання, література | Зміст теми |
|--|------------|
|--|------------|

Тема 4 Задачі оптимального керування статичними режимами технологічних процесів, що розв'язуються методом лінійного програмування

| | | |
|--------|------|-------|
| год. | ден. | заоч. |
| лек. | 2 | 0,2 |
| лаб. | 0 | 0 |
| практ. | 2 | 1 |

Результати навчання:
PH04, PH08
Література: [5, 6]

Постановка задачі оптимального керування статичними режимами технологічних процесів.

Постановка задачі лінійного програмування. Графічний метод розв'язування задач лінійного програмування. Симплекс-метод розв'язування задач лінійного програмування.

Практична робота № 3. Застосування методів лінійного програмування для управління статичними режимами

Тема 5 Задачі оптимального керування статичними режимами технологічних процесів, що розв'язуються методом нелінійного програмування

| | | |
|--------|------|-------|
| год. | ден. | заоч. |
| лек. | 2 | 0,2 |
| лаб. | 2 | 1 |
| практ. | 2 | 1 |

Результати навчання:
PH04, PH08
Література: [5, 6, 10]

Класичний метод пошуку умовного екстремуму. Метод множників Лагранжа. Методи нелінійного програмування. Числові методи розв'язування задач нелінійного програмування.

Лабораторна робота № 3. Використання Matlab для оптимізації функціоналів

Практична робота № 4. Оптимальне керування технологічними апаратами з використанням пошукових алгоритмів

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3. Методи оптимізації динамічних режимів технологічних процесів

Кількість годин:

| | Денна форма | Заочна форма |
|---------------------|-------------|--------------|
| Лекції | 10 | 1 |
| Лабораторні заняття | 14 | 5 |
| Практичні заняття | 2 | 2 |
| Самостійна робота | 50 | 67 |

Методи та технології навчання: демонстрація, проблемно-пошуковий метод, навчальна дискусія, аналіз конкретних ситуацій, розв'язання винахідницьких завдань, проблемна лекція, візуалізація.

| Кількість годин, результати навчання, література | Зміст теми |
|--|------------|
|--|------------|

Тема 6 Застосування методів варіаційного числення для розв'язування задач оптимального керування

| | | |
|--------|------|-------|
| год. | ден. | заоч. |
| лек. | 2 | 0,2 |
| лаб. | 2 | 1 |
| практ. | 2 | 2 |

Результати навчання:
PH04, PH08
Література: [1-3]

Варіація функціонала. Необхідна умова існування екстремуму. Рівняння Ейлера. Рівняння Ейлера-Лагранжа. Умовний екстремум функціонала. Ізопериметрична задача. Задача Майєра і Больца. Синтез оптимальних систем керування за допомогою варіаційних методів.

Лабораторна робота № 4. Знаходження оптимального керування методами варіаційного числення

Практична робота № 5. Використання методів варіаційного числення для синтезу оптимального управління

Тема 7 Синтез оптимальних систем керування за допомогою принципу максимуму Л.С. Понтрягіна

| | | |
|--------|------|-------|
| год. | ден. | заоч. |
| лек. | 2 | 0,2 |
| лаб. | 4 | 1 |
| практ. | 0 | 0 |

Результати навчання:
PH04, PH08
Література: [1-3]

Принцип максимуму. Застосування принципу максимуму для синтезу оптимальних систем. Зв'язок оптимального керування з енергією, нагромадженою в об'єкті керування. Теорема про n інтервалів. Визначення моментів перемикання керувальної функції задачі про швидкодію. Метод «склеювання» рішень. Аналітичний синтез оптимальних регуляторів відповідно до квадратичного критерію якості за допомогою принципу максимуму Понтрягіна.

Лабораторна робота № 5. Дослідження роботи системи оптимальної за швидкодією

| Тема 8 | | | |
|---|------|-------|--|
| Розв'язування задач оптимізації методом динамічного програмування | | | |
| год. | ден. | заоч. | <p>Дискретна форма варіаційної задачі. Принцип оптимальності Беллмана. Неперервна задача динамічного програмування.</p> <p>Лабораторна робота № 6. Синтез оптимального управління з повним зворотнім зв'язком</p> |
| лек. | 2 | 0,2 | |
| лаб. | 2 | 1 | |
| практ. | 0 | 0 | |
| <p>Результати навчання: PH04, PH08 Література: [1-3]</p> | | | |
| Тема 9 | | | |
| Аналітичне конструювання оптимальних регуляторів | | | |
| год. | ден. | заоч. | <p>Постановка задачі аналітичного конструювання. Критерій якості керування.</p> <p>Лабораторна робота № 7. Дослідження системи з вбудованою моделлю</p> |
| лек. | 2 | 0,2 | |
| лаб. | 4 | 1 | |
| практ. | 0 | 0 | |
| <p>Результати навчання: PH04, PH08 Література: [1-4]</p> | | | |
| Тема 10 | | | |
| Адаптивні системи керування | | | |
| год. | ден. | заоч. | <p>Загальна характеристика адаптивних систем та їх класифікація. Типи самоналаштувальних систем керування. Аналітичні СНС з еталонною моделлю.</p> <p>Лабораторна робота № 8. Дослідження адаптивної системи управління</p> |
| лек. | 2 | 0,2 | |
| лаб. | 2 | 1 | |
| практ. | 0 | 0 | |
| <p>Результати навчання: PH04, PH08 Література: [1, 7]</p> | | | |
| Форми та методи навчання | | | |
| <p>Форми занять: лекція, лабораторна робота, практичне заняття, самостійна робота. Методи навчання: демонстрація, навчальна дискусія. Технології викладання: аналіз проблемних питань, обговорення, презентації.</p> | | | |
| Інструменти, обладнання, програмне забезпечення | | | |
| <p>Лекції читаються з використанням мультимедійного проектора для демонстрації лекційних матеріалів. Лабораторні і практичні роботи виконуються у комп'ютерній аудиторії. Використовується демонстраційна версія програмного пакета MatLab.</p> | | | |
| Порядок оцінювання програмних результатів навчання/ результатів навчання | | | |

Форми оцінювання відбуваються у вигляді:

- оцінювання роботи під час лекційних занять;
- оцінювання роботи під час виконання лабораторних і практичних робіт;
- оцінювання захисту звітів з лабораторних робіт;
- модульних та підсумкового контролів в системі Moodle.

Положення про семестровий поточний та підсумковий контроль навчальних досягнень здобувачів вищої освіти <https://ep3.nuwm.edu.ua/25889/>. Для визначення рівня засвоєння здобувачами освіти матеріалу використовуються такі методи оцінювання знань: оцінювання за виконання лабораторних робіт; опитування при захисті лабораторних; оцінювання за роботу на практичних заняттях; оцінки за модульні контрольні роботи; підсумковий контроль знань. Усі форми контролю включено до 100-бальної шкали оцінювання:

| Вид заняття | Бали |
|---|------------|
| 1. Поточна складова оцінювання | |
| 1.1 Робота під час лекцій (10 пар * 0,5 бали) | 5 |
| 1.2 Робота під час лаб. занять (10 пар * 0,5 бали) | 5 |
| 1.3 Захисти звітів з лабораторних робіт (8 звітів * 4 бали) | 32 |
| 1.4 Робота під час практичних занять (5 пар * 3,6 бали) | 18 |
| Всього поточна складова оцінювання | 60 |
| 2. Підсумкова складова оцінювання | |
| 2.1. Модульний контроль №1 | 20 |
| 2.2. Модульний контроль №2 | 20 |
| Всього підсумкова складова оцінювання | 40 |
| Разом | 100 |

Модульні контролі (МК1, МК2) проводяться шляхом тестування в системі Moodle. Час виконання білету становить 30 хв. Білет тестового завдання має завдання трьох рівнів складності, які оцінюються наступним чином:

| Рівень складності | Кількість завдань в білеті | Оцінка завдань (бали) | |
|-------------------|----------------------------|-----------------------|----------|
| | | за одне | загальна |
| 1 | 15 | 0,8 | 12 |
| 2 | 4 | 1 | 4 |
| 3 | 1 | 4 | 4 |
| | 20 | | 20 |

Підсумковий контроль проводиться шляхом тестування в системі Moodle. Час виконання білету становить 80 хв. Білет тестового завдання має завдання трьох рівнів складності, які оцінюються наступним чином:

| Рівень складності | Кількість завдань в білеті | Оцінка завдань (бали) | |
|-------------------|----------------------------|-----------------------|----------|
| | | за одне | загальна |
| 1 | 30 | 0,9 | 27 |
| 2 | 9 | 1 | 9 |
| 3 | 1 | 4 | 4 |
| | 40 | | 40 |

Рекомендована література (основна, допоміжна)

Основна література:

1. Новицький І.В., Ус С.А. Сучасна теорія керування: навч. посіб. м-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. Дніпро : НГУ, 2017. 263 с.
2. Синтез лінійних оптимальних динамічних систем : навчальний посібник / Лозинський О.Ю. та ін. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2016. 392 с.
3. Луцька Н.М., Ладанюк А.П. Оптимальні та робастні системи керування технологічними об'єктами : монографія. К.: Видавництво Ліра-К, 2019. 288 с.
4. Системи автоматичного керування технологічними комплексами : навчальний посібник / Сільвестров А.М. та ін. К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 466с.
5. Горбійчук М.І. Математичні методи оптимізації : навч. посіб. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2018. 302 с.
6. Ладієва Л.Р. Оптимальні системи керування : навч. посіб. для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського. 2020, 211 с.

Допоміжна література:

7. Мовчан А.П., Степанець О.В. Адаптивні та параметрично-оптимальні системи управління : Навч. посіб. К.: НТУУ «КПІ», 2011. 108 с.
8. Методи сучасної теорії управління : підручник / Ладанюк А.П. та ін. Київ : Видавництво Ліра-К, 2019. 368 с.
9. Марущак Я.Ю. Синтез електромеханічних систем з послідовним та паралельним коригуванням : Навч. посібник. Львів : Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2005. 208 с.
10. Control System Analysis and Identification with MATLAB // D. Anish, R. Srimanti. CRC Press, 2020. 364 p.

Інформаційні ресурси в Інтернет

1. Офіційний сайт Mathworks. URL: <https://www.mathworks.com>
2. Міжнародний науково-технічний журнал «Проблеми керування та інформатики». URL: <https://jais.net.ua/>
3. Форум присвячений оптимальному керуванню «Optimal Control Applications and Methods». URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/journal/10991514>

Поєднання навчання та досліджень

У процесі навчання здобувачі вищої освіти залучаються до реалізації наукових досліджень. Передбачено можливість участі студентів у роботі наукових конференцій та публікації статей за результатами досліджень.

ПОЛІТИКИ ВИКЛАДАННЯ ТА НАВЧАННЯ

Перелік соціальних, «м'яких» навичок (soft skills)

Освітня компонента спрямована на розвиток таких «м'яких» навичок: аналітичні навички, взаємодія з людьми, гнучкість розуму, комплексне рішення проблем, саморозвиток, здатність до навчання, пошук виходу зі складних ситуацій, оцінювання ризиків та приймання рішень, працелюбність, креативність, навички письмового та усного спілкування, комунікаційні якості.

Дедлайни та перескладання

Ліквідація академічної заборгованості та реалізація повторного вивчення дисципліни здійснюються згідно з «Порядком ліквідації академічних заборгованостей у НУВГП» (<https://ep3.nuwm.edu.ua/25072/>). Процедура перездачі модулів регулюється нормативними документами, що доступні в розділі «Документи» на сторінці Навчально-наукового центру незалежного оцінювання <https://nuwm.edu.ua/struktorni-pidrozdili/navch-nauk-tsentr-nezaleznoho-otsiniuvannia-znan>. Оголошення стосовно дедлайнів здачі частин навчальної дисципліни публікуються на сторінці даної дисципліни на платформі MOODLE.

Неформальна та інформальна освіта

Відповідно до «Положення про неформальну та інформальну освіту в НУВГП» (<https://ep3.nuwm.edu.ua/28363/>) студенти мають право на визнання (перезарахування) результатів навчання, які здобуті шляхом неформального та інформального навчання.

Зокрема, студенти можуть самостійно проходити онлайн-курси на таких навчальних платформах, як Prometheus, Coursera, edEx, edEra, FutureLearn та інших, для наступного перезарахування результатів навчання.

При цьому важливо, щоб знання та навички, що формуються під час проходження певного онлайн-курсу чи його частин, мали зв'язок з програмними результатами даної дисципліни зазначеними вище, та перевірялись в підсумковому оцінюванні.

Правила академічної доброчесності

При виконанні розрахунково-практичних завдань, написанні індивідуальних робіт або есе студенти повинні дотримуватися академічної доброчесності. Документи з академічної доброчесності викладені на сайті університету <http://nuwm.edu.ua/sp/akademichna-dobrochesnistj>. Письмові роботи перевіряються на наявність плагіату і допускаються до захисту із коректними текстовими запозиченнями встановленими відповідно до «Порядку перевірки навчальних, випускних кваліфікаційних, навчально-методичних та наукових робіт на наявність ознак академічного плагіату в НУВГП» (<https://ep3.nuwm.edu.ua/24856/>). Принципи доброчесності у НУВГП та відповідність показникам забезпечення якості вищої освіти регламентовано Національним агентством із забезпечення якості вищої освіти та положеннями відділу якості освіти НУВГП. Сайт Національного агентства із забезпечення якості вищої освіти: <https://naqa.gov.ua/>. Відділ якості освіти НУВГП: <https://nuwm.edu.ua/struktorni-pidrozdili/vyo>

Вимоги до відвідування

Відвідування занять здобувачем вищої освіти є обов'язковим. За об'єктивних причин проведення занять, консультування може проводитися у змішаному форматі із застосуванням інтернет інструментів (GoogleMeet, Moodle). Здобувачі можуть на заняттях використовувати мобільні телефони та ноутбуки, але виключно в навчальних цілях з даної дисципліни.

Автор
Доцент

Світлана МАТУС

Затверджено

Проректор з науково-педагогічної та
навчальної роботи

Валерій СОРОКА



документ підписаний КЕП
Номер документа СИЛ №648
Підписувач Сорока Валерій Степанович
Підписувач (дані КЕП):
Сертифікат 58E2D9E7F900307B04000000807E2D0054327D00