Силабус
освітнього компоненту ВД

Назва дисципліни:	**Системи оптимального, адаптивного та робастного керування**
Рівень вищої освіти:	**перший (бакалаврський)**
Сторінка курсу в Moodle:	*https://dl2022.khadi-kh.com/course/view.php?id=2934*
Обсяг освітнього компоненту	**4 кредити (120 годин)**
Форма підсумкового контролю	**Залік**
Консультації:	**за графіком**
Назва кафедри:	**кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій**
Мова викладання:	**українська**
Керівник курсу:	**Гурко Олександр Геннадійович, д.т.н., професор**
Контактний телефон:	*(057) 738-77-92*
E-mail:	*gurko@khadi.kharkov.ua*

Короткий зміст освітнього компоненту:
Метою є формування у здобувача знань про методи синтезу оптимальних, адаптивних та робастних систем автоматичного керування і вмінь їх практичного застосування в MATLAB.
Предмет: методи аналізу та синтезу оптимальних, адаптивних та робастних систем автоматичного керування.
Основними завданнями вивчення навчальної дисципліни є:
- вивчення основних принципів теорій оптимального, адаптивного та робастного керування;
- формування вмінь використовувати MATLAB для синтезу та аналізу оптимальних, адаптивних та робастних систем автоматичного керування.

Передумови для вивчення освітнього компоненту: вища математика; фізика; теорія автоматичного керування.
Компетентності, яких набуває здобувач:
***Загальні компетентності*:**
- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;
- здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово;
-здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;
- навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

Спеціальні (фахові) компетентності:
- здатність застосовувати математичні методи для аналізу і синтезу систем автоматизації;
- здатність застосовувати методи теорії автоматичного керування для аналізу та синтезу систем автоматичного керування;
- здатність застосовувати методи математичного моделювання, ідентифікації та числові методи для розроблення моделей систем автоматизації і аналізу якості їх функціонування;
- здатність використовувати спеціалізовані комп'ютерно-інтегровані середовища для розв'язання задач автоматизації.

Результати навчання:

- вміти застосовувати методи теорії автоматичного керування для аналізу та синтезу систем автоматичного керування;

- вміти застосовувати методи системного аналізу, моделювання та ідентифікації для розроблення математичних та імітаційних моделей систем автоматизації і аналізу якості їх функціонування;

- вміти використовувати спеціалізоване програмне забезпечення для розв'язування інженерних задач у галузі автоматизації, зокрема математичного моделювання та автоматизованого проектування.

Тематичний план

№ теми	Назва тем (ЛК, ЛР, ПР, СЗ, СР)	Кількість годин
1	**2**	**3**
1	ЛК. Моделі динамічних систем у просторі станів	2
	ПР. Моделювання систем у просторі станів у MATLAB	2
	СР. Лінеаризація нелінійних моделей. Зв'язок рівнянь стану та передавальної функції. Моделі системи в змінних стану у вигляді сигнального графа.	10
2	ЛК. Регулятор стану. Синтез регулятора стану методом розміщення полюсів. Формула Акермана	2
	ПР. Синтез регулятора стану у MATLAB	2
	СР. Обмеження керування. Введення задавального впливу в систему з регулятором стану	10
3	ЛК. Поняття оптимальності. Функція витрат. Лінійно-квадратичний регулятор.	2
	ПР. Синтез лінійно-квадратичного регулятора у MATLAB	2
	СР. Вибір вагових матриць Q і R. Рівняння Ріккаті	10
4	ЛК. Оцінювання стану. Спостерігач стану. Фільтр Калмана	2
	ПР. Синтез спостерігача стану та фільтра Калмана у MATLAB. LQG-регулятор	2
	СР. Спостерігач повного порядку. Принцип розділення. Дискретний фільтр Калмана.	10
5	ЛК. Керування з прогнозуючою моделлю. Горизонт прогнозування.	4
	ПР Синтез MPC-регулятора у MATLAB	2
	СР Вибір параметрів MPC: час дискретизації, горизонт керування, вагові коефіцієнти, жорсткі та м'які обмеження	10
6	ЛК Адаптивні системи автоматичного керування	4
	ПР Побудова моделі адаптивної системи у MATLAB	2
	СР. Самонастроювальні системи. Адаптивні системи з ідентифікатором	10
7	ЛК. Поняття робастності. Невизначеності. Запаси стійкості.	4
	ПР. Аналіз запасів стійкості та робастності для системи з невизначеними параметрами у MATLAB	2
	СР. Робастність багатовимірних систем. Функції чутливості та комплементарної чутливості. Робастна якість перехідних процесів.	10

1	**2**	**3**
8	ЛК. Синтез робастного регулятора. H^{∞}-регулятор та μ-регулятор.	4

	ПР. Синтез H∞-регулятора та робастного μ-регулятора у MATLAB	2
	СР. Вибір вагових функцій. Порівняння номінального та робастного регуляторів.	10
Разом	ЛК	24
	ПР	16
	СР	80
УСЬОГО за дисципліною		**120**

Методи навчання:
– словесний метод (пояснення, дискусія, бесіда тощо);
– практичний метод (практичні заняття / лабораторні заняття);
– наочний метод (метод ілюстрацій, метод демонстрацій);
– робота з науково-методичною літературою / робота з довідниковою літературою;
– самостійна робота;

Система оцінювання та вимоги:
Поточна успішність
1 Поточна успішність здобувачів за виконання навчальних видів робіт на навчальних заняттях і за виконання завдань самостійної роботи оцінюється за допомогою чотирибальної шкали оцінок з наступним перерахуванням у 100-бальною шкалу. Під час оцінювання поточної успішності враховуються всі види робіт, передбачені навчальною програмою.
1.1 Лекційні заняття оцінюються шляхом визначення якості виконання конкретизованих завдань.
1.2 Практичні заняття оцінюються якістю виконання контрольного або індивідуального завдання, виконання та оформлення практичної роботи.

2 Оцінювання поточної успішності здобувачів вищої освіти здійснюється на кожному практичному занятті (лабораторному чи семінарському) за чотирибальною шкалою («5», «4», «3», «2») і заносяться у журнал обліку академічної успішності.

– «відмінно»: здобувач бездоганно засвоїв теоретичний матеріал, демонструє глибокі знання з відповідної теми або навчальної дисципліни, основні положення;

– «добре»: здобувач добре засвоїв теоретичний матеріал, володіє основними аспектами з першоджерел та рекомендованої літератури, аргументовано викладає його; має практичні навички, висловлює свої міркування з приводу тих чи інших проблем, але припускається певних неточностей і похибок у логіці викладу теоретичного змісту або при аналізі практичного;

– «задовільно»: здобувач в основному опанував теоретичні знання навчальної теми, або дисципліни, орієнтується у першоджерелах та рекомендованій літерату рі, але непереконливо відповідає, плутає поняття, невпевнено відповідає на додаткові питання, не має стабільних знань; відповідаючи на питання практичного характеру, виявляє неточність у знаннях, не вміє оцінювати факти та явища, пов'язувати їх із майбутньою професією;

– «незадовільно»: здобувач не опанував навчальний матеріал теми (дисципліни), не знає наукових фактів, визначень, майже не орієнтується в першоджерелах та рекомендованій літературі, відсутнє наукове мислення, практичні навички не сформовані.

3 Підсумковий бал за поточну діяльність визнається як середньоарифметична сума балів за кожне заняття, за індивідуальну роботу, поточні контрольні роботи за

формулою:

$$K^{поточ} = \frac{K1 + K2 + ... + Kn}{n},$$

де $K^{поточ}$ – підсумкова оцінка успішності за результатами поточного контролю;

$K1, K2, ..., Kn$ – оцінка успішності n-го заходу поточного контролю;

n – кількість заходів поточного контролю.

Оцінки конвертуються у бали згідно шкали перерахунку (таблиця 1).

Таблиця 1 – Перерахунок середньої оцінки за поточну діяльність у багатобальну шкалу

4-бальна шкала	100-бальна шкала	4- бальна шкала	100-бальна шкала	4- бальна шкала	100-бальна шкала	4- бальна шкала	100- бальна шкала
5	100	4,45	89	3,90	78	3,35	67
4,95	99	4,4	88	3,85	77	3,3	66
4,9	98	4,35	87	3,80	76	3,25	65
4,85	97	4,3	86	3,75	75	3,2	64
4,8	96	4,25	85	3,7	74	3,15	63
4,75	95	4,20	84	3,65	73	3,1	62
4,7	94	4,15	83	3,60	72	3,05	61
4,65	93	4,10	82	3,55	71	3	60
4,6	92	4,05	81	3,5	70	від 1,78 до 2,99	від 35 до 59
						повторне складання	
4,55	91	4,00	80	3,45	69	від 0 до 1,77	від 0 до 34
4,5	90	3,95	79	3,4	68	повторне вивчення	

Підсумкове оцінювання

1 Здобувач вищої освіти отримує залік на останньому занятті з дисципліни за результатами поточного оцінювання. Середня оцінка за поточну діяльність конвертується у бали за 100-бальною шкалою, відповідно до таблиці перерахунку (таблиця 1).

Здобувачі вищої освіти, які мають середню поточну оцінку з дисципліни нижче ніж «3» (60 балів), на останньому занятті можуть підвищити свій поточний бал шляхом складання тестів з дисципліни.

Оцінювання знань здобувачів шляхом тестування здійснюється за шкалою:

– «Відмінно»: не менше 90 % правильних відповідей;

– «Дуже добре»: від 82 % до 89 % правильних відповідей;

– «Добре»: від 74 % до 81 % правильних відповідей;

– «Задовільно»: від 67 % до 73% правильних відповідей;

– «Задовільно достатньо»: від 60 % до 66 % правильних відповідей;

– «Незадовільно»: менше 60 % правильних відповідей.

2 Умовою отримання заліку є:

– відпрацювання всіх пропущених занять;

– середня поточна оцінка з дисципліни не нижче «3» (60 балів).

3 За виконання індивідуальної самостійної роботи та участь у наукових заходах здобувачам нараховуються додаткові бали.

3.1 Додаткові бали додаються до суми балів, набраних здобувачем вищої освіти за поточну навчальну діяльність (для дисциплін, підсумковою формою контролю для яких

є залік), або до підсумкової оцінки з дисципліни, підсумковою формою контролю для якої є екзамен.

3.2 Кількість додаткових балів, яка нараховується за різні види індивідуальних завдань, залежить від їх об'єму та значимості:

– призові місця з дисципліни на міжнародному / всеукраїнському конкурсі наукових студентських робіт – 20 балів;

– призові місця з дисципліни на всеукраїнських олімпіадах – 20 балів;

– участь у міжнародному / всеукраїнському конкурсі наукових студентських робіт – 15 балів

– участь у міжнародних / всеукраїнських наукових конференціях студентів та молодих вчених – 12 балів;

– участь у всеукраїнських олімпіадах з дисципліни – 10 балів

– участь в олімпіадах і наукових конференціях ХНАДУ з дисципліни – 5 балів;

– виконання індивідуальних науково-дослідних (навчально-дослідних) завдань підвищеної складності – 5 балів**.**

3.3 Кількість додаткових балів не може перевищувати 20 балів.

4 Результат навчання оцінюється *(обрати потрібне)*:

– за двобальною шкалою (зараховано/не зараховано) згідно з таблицею 2;

– за 100-бальною шкалою (для диференційованого заліку) згідно з таблицею 3.

Підсумкова оцінка разом з додатковими балами не може перевищувати 100 балів.

Таблиця 2 – Шкала переведення балів у національну систему оцінювання

За 100-бальною шкалою	**За національною шкалою**
від 60 балів до 100 балів	зараховано
менше 60 балів	незараховано

Таблиця 3 – Шкала оцінювання знань здобувачів за результатами підсумкового контролю з навчальної дисципліни

Оцінка в балах	Оцінка за національною шкалою		Оцінка за шкалою ЄКТС	
	екзамен	залік	Оцінка	Критерії
90-100	**Відмінно**	**Зараховано**	**A**	Теоретичний зміст курсу освоєний цілком, без прогалин, необхідні практичні навички роботи з освоєним матеріалом сформовані, усі передбачені програмою навчання навчальні завдання виконані, якість їхнього виконання оцінено числом балів, близьким до максимального
80–89	**Добре**	**Зараховано**	**B**	Теоретичний зміст курсу освоєний цілком, без прогалин, необхідні практичні навички роботи з освоєним матеріалом в основному сформовані, усі передбачені програмою навчання навчальні завдання виконані, якість виконання більшості з них оцінено числом балів, близьким до максимального
75-79			**C**	Теоретичний зміст курсу освоєний цілком, без прогалин, деякі практичні навички роботи з освоєним матеріалом сформовані недостатньо, усі передбачені програмою навчання навчальні завдання виконані, якість виконання жодного з них не оцінено мінімальним числом балів, деякі види завдань виконані з помилками
67-74	**Задовільно**		**D**	Теоретичний зміст курсу освоєний частково, але прогалини не носять істотного характеру, необхідні практичні навички роботи з освоєним матеріалом в основному сформовані, більшість передбачених програмою навчання навчальних завдань виконано, деякі з виконаних завдань, можливо, містять помилки
60–66			**E**	Теоретичний зміст курсу освоєний частково, деякі практичні навички роботи не сформовані, багато передбачених програмою навчання навчальних завдань не виконані, або якість виконання деяких з них оцінено числом балів, близьким до мінімального.

Оцінка в балах	Оцінка за національною шкалою		Оцінка за шкалою ЄКТС	
	екзамен	залік	Оцінка	Критерії
35–59	**Незадовільно**	**Не зараховано**	**FX**	Теоретичний зміст курсу освоєний частково, необхідні практичні навички роботи не сформовані, більшість передбачених програм навчання навчальних завдань не виконано, або якість їхнього виконання оцінено числом балів, близьким до мінімального; при додатковій самостійній роботі над матеріалом курсу можливе підвищення якості виконання навчальних завдань (з можливістю повторного складання)
0–34	**Неприйнятно**		**F**	Теоретичний зміст курсу не освоєно, необхідні практичні навички роботи не сформовані, усі виконані навчальні завдання містять грубі помилки, додаткова самостійна робота над матеріалом курсу не приведе до якого-небудь значущого підвищення якості виконання навчальних завдань (з обов'язковим повторним курсом)

Політика курсу:

– курс передбачає роботу в колективі, середовище в аудиторії є дружнім, творчим, відкритим до конструктивної критики;

– освоєння дисципліни передбачає обов'язкове відвідування лекцій і практичних занять, а також самостійну роботу;

– самостійна робота передбачає вивчення окремих тем навчальної дисципліни, які винесені відповідно до програми на самостійне опрацювання, або ж були розглянуті стисло;

– усі завдання, передбачені програмою, мають бути виконані у встановлений термін;

– якщо здобувач вищої освіти відсутній на заняттях з поважної причини, він презентує виконані завдання під час самостійної підготовки та консультації викладача;

– курсова робота повинна бути захищена не пізніше, ніж за тиждень до початку екзаменаційної сесії ***(вказується за наявності)*;**

– під час вивчення курсу здобувачі вищої освіти повинні дотримуватись правил академічної доброчесності, викладених у таких документах: «Правила академічної доброчесності учасників освітнього процесу ХНАДУ» (https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_Standart/pologeniya/stvnz_67_01_dobroch_1.pdf), «Академічна доброчесність. Перевірка тексту академічних, наукових та кваліфікаційних робіт на плагіат» (https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_Standart/pologeniya/stvnz_85_1_01.pdf), «Морально-етичний кодекс учасників освітнього процесу ХНАДУ (https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_Standart/pologeniya/stvnz_67_01_MEK_1.pdf).

– у разі виявлення факту плагіату здобувач отримує за завдання 0 балів і повинен повторно виконати завдання, які передбачені у силабусі;

– списування під час контрольних робіт та екзаменів заборонені (в т.ч. із використанням мобільних пристроїв). Мобільні пристрої дозволяється використовувати лише під час он-лайн тестування.

Рекомендована література:

1. Попович М. Г., Ковальчук О. В. Теорія автоматичного керування: Підручник. 2-ге вид., перероб. і доп. К.: Либідь, 2007. 656 с.

2. Луцька Н. М., Ладанюк А. П. Оптимальні та робастні системи керування технологічними об'єктами: монографія. К.: Ліра-К. 2016. 288 с.

3. Синтез лінійних оптимальних динамічних систем: Навчальний посібник / О. Ю. Лозинський, А. О. Лозинський, Я. Ю. Марущак, Я. С. Паранчук, В. Б. Цяпа. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2016. 392 с.

Додаткові джерела:

1. Liu K.-Z., Yao Y. Robust Control. Singapore : John Wiley & Sons Singapore Pte. Ltd, 2016. URL: https://doi.org/10.1002/9781119113072.

2. Chia-Chi Tsui. Robust Control System Design. Advanced State Space Techniques. 3rd Edition. CRC Press. 2024.

Розробник
силабусу навчальної дисципліни _____ Олександр ГУРКО
підпис ПІБ

Завідувач кафедри _____ Олександр ГУРКО
підпис ПІБ