

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВО-НАВЧАЛЬНИЙ ЦЕНТР
ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СИСТЕМ**

**Силабус ДВА -1 «ОСНОВИ СУЧАСНОЇ ТЕОРІЇ АВТОМАТИЧНОГО
КЕРУВАННЯ»**

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти Третій (освітньо-науковий)

Галузь знань	12 – інформаційні технології
Спеціальність	122 – комп'ютерні науки
Освітньо-наукова програма	Інтелектуальні методи та засоби комп'ютерних наук
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	Очна (денна)
Рік підготовки, семестр	2 рік 4 семестр
Обсяг дисципліни	3 кредити/ 90годин
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Іспит
Розклад занять	2 годин аудиторних занять/тиждень,
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: Житецький Леонід Сергійович, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу інтелектуальних автоматичних систем Контактна інформація (e-mail: leonid_zhiteckii@i.ua)
Розміщення курсу	https://aspirant.irtc.org.ua/silabusi/

ХАРАКТЕРИСТИКА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Дисципліна «Основи сучасної теорії автоматичного керування» належить до переліку дисциплін циклу професійної підготовки аспірант (за вибором аспіранта). Вона забезпечує важливий аспект професійного світогляду аспіранта та спрямована на формування цілісного розуміння теорії адаптивних автоматичних систем, орієнтованих на функціонування в умовах як параметричних, так і непараметричних невизначеностей відносно математичної моделі об'єкта і характеристик зовнішнього середовища, з яким має взаємодіяти система керування.

МЕТА, ЗАВДАННЯ, ПРИЗНАЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Мета дисципліни: сформувати у аспіранта необхідний обсяг знань з теоретичних і практичних аспектів автоматичного керування складними технічними об'єктами і технологічними процесами на основі засобів обчислювальної техніки, навчити його формулювати задачі аналізу і синтезу неперервних та дискретних систем керування об'єктами з нерегулярними та стохастичними збуреннями, в тому числі задачі формальної

побудови оптимальних, робастних та адаптивних регуляторів для автоматичного керування за наявності як параметричних, так і непараметричної невизначеностей, ставити нові задачі керування та знаходити власні шляхи розв'язання цих задач.

Основними завданнями є: 1) ознайомлення з перспективними науковими напрямами, які дістали суттєвий розвиток у сучасній теорії автоматичного керування; 2) ознайомлення з принципами та підходами до побудови ефективних автоматичних систем, орієнтованих на функціонування за відсутності повної апріорної інформації про параметри і структуру математичної моделі об'єкта, а також характеристик зовнішніх неконтрольованих збурень (завад); 3) оволодіння сучасними програмними засобами математичного моделювання динамічних процесів, що виникають у цих системах.

Інтегральна компетентність:

Здатність продукувати нові ідеї, розв'язувати комплексні проблеми у сфері комп'ютерних наук, застосовувати методологію наукової та педагогічної діяльності, а також проводити власне наукове дослідження, результати якого мають наукову новизну, теоретичне та практичне значення.

Загальні компетентності:

ЗК01 – Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК04. Здатність розв'язувати комплексні проблеми комп'ютерних наук на основі системного наукового світогляду та загального культурного кругозору з дотриманням принципів професійної етики та академічної доброчесності.

ЗК07. Здатність виявляти проблеми, формалізувати ідеї, визначати мету, ставити та розв'язувати завдання.

Спеціальні(фахові) компетентності:

СК01. Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у комп'ютерних науках та дотичних до них міждисциплінарних напрямах і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з комп'ютерних наук та суміжних галузей.

СК02. Здатність застосовувати сучасні методології, методи та інструменти експериментальних і теоретичних досліджень у сфері комп'ютерних наук, сучасні цифрові технології, бази даних та інші електронні ресурси у науковій та освітній діяльності.

СК03. Здатність виявляти, ставити та розв'язувати дослідницькі науково-прикладні завдання та/або вирішувати проблеми в сфері комп'ютерних наук, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень.

СК07. Здатність до створення та адекватного застосування інтелектуальних методів аналізу інформації та керування складними динамічними об'єктами різної природи.

СК08. Здатність аналізувати дані та одержувати необхідні знання для розв'язання нестандартних завдань з використанням математичних методів та методів комп'ютерного моделювання.

СК09. Здатність до розвитку теорії, розроблення нових методів та інтелектуальних засобів для розв'язання прикладних завдань з різних сфер, зокрема, технічної, економічної, екологічної, медичної, біологічної тощо.

Загальні програмні результати навчання:

РН01. Мати передові концептуальні та методологічні знання з комп'ютерних наук і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з відповідного напрямку, отримання нових знань та/або здійснення інновацій.

PH03. Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані.

PH04. Розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі процесів і систем, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та/або створення інноваційних продуктів у комп'ютерних науках та дотичних міждисциплінарних напрямках.

PH08. Визначати актуальні наукові та практичні проблеми у сфері комп'ютерних наук, глибоко розуміти загальні принципи та методи комп'ютерних наук, а також методологію наукових досліджень, застосувати їх у власних дослідженнях у сфері комп'ютерних наук та у викладацькій практиці.

PH09. Вивчати, узагальнювати та впроваджувати в навчальний процес інновації комп'ютерних наук.

PH10. Відшуковувати, оцінювати та критично аналізувати інформацію щодо поточного стану та трендів розвитку, інструментів та методів досліджень, наукових та інноваційних проєктів з комп'ютерних наук.

PH12. Здійснювати інтелектуальний аналіз електронних масивів даних для розв'язання конкретних практичних завдань, зокрема побудови нейронних мереж, комп'ютерних.

PH14. Розробляти моделі, методи та системи аналізу та інтелектуального керування динамічними об'єктами у реальному часі.

PH18. Використовувати загально наукові філософські знання, необхідні для формування наукового світогляду, професійної етики та культурного кругозору

СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ.

Номер лекції	Назва лекції	Кількість годин		
		Лекції	Семінарські /практичні заняття	Самостійна робота
ЗМ1: Автоматичне керування в умовах повної інформації про параметри об'єкта (1.5 кредит)				
1	Математичні моделі цифрових систем керування	2		10
2	Опис лінійних дискретних систем керування	2	2	
3	Види керування. Стійкість лінійних дискретних систем керування	2	2	10
4	Стабілізація лінійних дискретних систем керування	2		
5	Синтез оптимальних дискретних систем керування у просторі «вхід-вихід»	2	2	
6	Синтез оптимальних дискретних систем керування у просторі станів	2	2	

ЗМ2: Системи автоматичного керування з невизначеністю (1.5 кредит)				
7	Види невизначеностей	2		4
8	Робастна стійкість	2	2	4
9	Робастна стабілізація та керування	2	2	4
10	Адаптивне керування лінійним дискретним динамічним об'єктом за наявності нерегулярних обмежених збурень	2	2	8
11	Адаптивне керування лінійним дискретним динамічним об'єктом за наявності стохастичних збурень	2	2	10
12	Іспит	2		
	ВСЬОГО	24	16	50

ТЕХНОЛОГІЧНА КАРТКА ОПАНУВАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

№ з/п/	Теми та форми занять (год.)	Зміст занять і навчальних завдань	Форми контролю
Змістовий модуль 1.			
Автоматичне керування в умовах повної інформації про параметри об'єкта			
Тема 1. Математичні моделі цифрових систем керування			
1	<i>Лекція Математичні моделі цифрових систем керування(2 год.)</i>	<i>Поняття дискретної системи керування. Квантування неперервних сигналів. Метод z-перетворення. Дискретна передавальна функція.</i>	спостереження за активністю здобувачів PhD у обговоренні питань, усне опитування
2	<i>Самостійна робота (10 год.)</i>	<i>Метод модифікованого z-перетворення. Перехідні й усталені режими функціонування дискретних систем. Теорема Шеннона-Котельникова.</i>	усне опитування
Тема 2. Опис лінійних дискретних систем керування			
1	<i>Лекція Опис лінійних дискретних систем керування (2 год.)</i>	<i>Простір станів. Норми сигналів. Норми дискретних передавальних функцій.</i>	спостереження за активністю здобувачів PhD у обговоренні питань, усне опитування
2	<i>Семінарське заняття Моделі цифрових систем автоматичного керування у просторі «вхід-вихід» та в просторі станів (2 год.)</i>	<i>Перехід від передавальних функцій неперервних об'єктів до дискретних передавальних функцій і різницевих рівнянь. Перехід від опису сигналів у просторі «вхід-вихід» до опису у просторі станів.</i>	спостереження за активністю здобувачів PhD у обговоренні питань, усне опитування
Тема 3. Види керування. Стійкість лінійних дискретних систем керування			
1	<i>Лекція Види керування. Стійкість лінійних дискретних систем керування (2 год.)</i>	<i>Програмне керування. Поняття керованості дискретних систем. Зворотний зв'язок за станом. Зворотний зв'язок за виходом. Поняття спостережуваності дискретних систем. Поняття стійкості. Критерії стійкості лінійних дискретних систем.</i>	спостереження за активністю здобувачів PhD у обговоренні питань, усне опитування
2	<i>Семінарське заняття Керованість, спостережуваність та</i>	<i>Визначення норм сигналів та норм дискретних передавальних функцій. Перевірка на керованість, спостережуваність</i>	спостереження за активністю здобувачів PhD у обговоренні питань, усне опитування

	<i>стійкість дискретних систем (2 год.)</i>	<i>та стійкість дискретних систем керування.</i>	
3	<i>Самостійна робота (10 год.)</i>	<i>Частотний критерій стійкості замкненої дискретної системи керування. Моделі збурень. Синтез оптимального регулятора для керування дискретним мінімально-фазовим об'єктом за наявності розширеної завади.</i>	усне опитування
Тема 4. Стабілізація лінійних дискретних систем керування			
1	<i>Лекція Стабілізація лінійних дискретних систем керування (2 год.)</i>	<i>Синтез стабілізуючого регулятора для керування дискретними об'єктами. Загальний вигляд стабілізуючих регуляторів.</i>	спостереження за активністю здобувачів PhD у обговоренні питань, усне опитування
Тема 5. Стабілізація лінійних дискретних систем керування			
1	<i>Лекція Синтез оптимальних дискретних систем керування у просторі «вхід-вихід» (2 год.)</i>	<i>Оптимізація дискретних систем керування зі зворотним зв'язком за виходом в умовах нерегулярних обмежених збурень. Оптимізація дискретних систем керування зі зворотним зв'язком за виходом в умовах стохастичних збурень.</i>	спостереження за активністю здобувачів PhD у обговоренні питань, усне опитування
2	<i>Семінарське заняття Оптимізація дискретних систем керування за наявності невимірювальних збурень (2 год.)</i>	<i>Синтез оптимального дискретного регулятора.</i>	спостереження за активністю здобувачів PhD у обговоренні питань, усне опитування
Тема 6. Синтез оптимальних дискретних систем керування у просторі станів			
1	<i>Лекція Синтез оптимальних дискретних систем керування у просторі станів (2 год.)</i>	<i>Лінійно-квадратичне керування. H_{∞}-оптимізація.</i>	спостереження за активністю здобувачів PhD у обговоренні питань, усне опитування
2	<i>Семінарське заняття Синтез оптимальних дискретних систем керування в просторі станів (2 год.)</i>	<i>Формальна побудова оптимального дискретного регулятора.</i>	спостереження за активністю здобувачів PhD у обговоренні питань, усне опитування
Змістовий модуль 2. Системи автоматичного керування з невизначеністю			
Тема 7. Види невизначеностей			
1	<i>Лекція Види невизначеностей (2 год.)</i>	<i>Параметрична невизначеність. Частотна невизначеність.</i>	спостереження за активністю

			здобувачів PhD у обговоренні питань, усне опитування
2	Самостійна робота (4 год.)	Спектральний метод синтезу оптимальних регуляторів для багатозв'язних об'єктів. Поняття зверхстійкості та її застосування.	усне опитування
Тема 8. Робастна стійкість			
1	Лекція Робастна стійкість (2 год.)	Поняття робастності. Визначення показників якості та робастності. Робастна стійкість поліномів. Робастна стійкість матриць.	спостереження за активністю здобувачів PhD у обговоренні питань, усне опитування
2	Семінарське заняття Проблеми робастності дискретних систем автоматичного керування. (2 год.)	Перевірка на робастність інтервальних поліномів та матриць..	спостереження за активністю здобувачів PhD у обговоренні питань, усне опитування
3	Самостійна робота (4 год.)	Множини досяжності для стійких систем.	усне опитування
Тема 9. Робастна стабілізація та керування			
1	Лекція Робастна стабілізація та керування (2 год.)	Робастна стабілізація за допомогою H_{∞} -оптимізації. Робастний лінійно-квадратичний регулятор.	спостереження за активністю здобувачів PhD у обговоренні питань, усне опитування
2	Семінарське заняття Робастне лінійно-квадратичне керування(2 год.)	Синтез робастного лінійно-квадратичного регулятора	спостереження за активністю здобувачів PhD у обговоренні питань, усне опитування
3	Самостійна робота (4 год.)	Стабілізація за допомогою регуляторів низького порядку. Лінійно-квадратичний гаусовський регулятор	усне опитування
Тема 10. Адаптивне керування лінійним дискретним динамічним об'єктом за наявності нерегулярних обмежених збурень			
1	Лекція Адаптивне керування лінійним дискретним динамічним об'єктом за наявності нерегулярних обмежених збурень (2 год.)	Проблема ідентифікації. Синтез адаптивного регулятора.	спостереження за активністю здобувачів PhD у обговоренні питань, усне опитування
2	Семінарське заняття Синтез дискретних адаптивних регуляторів у задачах	Формальна побудова дискретних адаптивних регуляторів у задачах автоматичного керування лінійними об'єктами з	спостереження за активністю здобувачів PhD у обговоренні питань, усне опитування

	<i>автоматичного керування лінійними об'єктами з обмеженими нерегулярними збуреннями (2 год.)</i>	<i>обмеженими нерегулярними збуреннями.</i>	
3	<i>Самостійна робота (8 год.)</i>	<i>Теорема Харитонова. μ-аналіз.</i>	усне опитування
Тема 11. Адаптивне керування лінійним дискретним динамічним об'єктом за наявності стохастичних збурень			
1	<i>Лекція Адаптивне керування лінійним дискретним динамічним об'єктом за наявності стохастичних збурень (2 год.)</i>	<i>Постановка задачі. Синтез адаптивного регулятора у випадку мінімально-фазового об'єкта. Синтез адаптивного регулятора в задачі про дисипативність замкненої системи керування.</i>	спостереження за активністю здобувачів PhD у обговоренні питань, усне опитування
2	<i>Семінарське заняття Синтез дискретних адаптивних регуляторів (2 год.)</i>	<i>Формальна побудова дискретних адаптивних регуляторів.</i>	спостереження за активністю здобувачів PhD у обговоренні питань, усне опитування
3	<i>Самостійна робота (10 год.)</i>	<i>Теорема про малий коефіцієнт підсилення. Метод функцій Ляпунова в теорії адаптивних систем.</i>	усне опитування

КОНТРОЛЬ І ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Контроль знань аспірантів здійснюється на підставі Положення про організацію та проведення поточного і підсумкового/семестрового контролю результатів навчання здобувачів вищої освіти третього (освітньо-наукового) рівня.

Контроль знань аспірантів складається з двох складників: поточного і підсумкового/семестрового контролю результатів навчання здобувачів вищої освіти третього (освітньо-наукового) рівня. Кожний складник оцінюється за стобальною системою .

Загальна оцінка результатів за дисципліною (ЗО) розраховують:

$$ЗО = k_1 * \text{ПоК} + k_2 * \text{ПідК},$$

де k_1 , k_2 - коефіцієнти переведення балів поточного (ПоК) та підсумкового контролю (ПідК) відповідно; $k_1 = 0,4$, $k_2 = 0,6$.

Максимальна кількість балів у поточному контролі встановлюється таким чином:

Форми навчальної діяльності	Максимальна сумарна оцінка в балах
усне опитування	65
активна робота на заняттях	35
Всього	100

Порядок перерахунку рейтингових показників нормованої 100-бальної шкали оцінювання в національну шкалу та шкалу ECTS

За 100-бальною шкалою	За національною шкалою		За шкалою ECTS
	Іспит	Залік	
91 - 100	відмінно	Зараховано	A (відмінно)
81 - 90	добре		B (дуже добре)
71 - 80			C (добре)
66 - 70	задовільно		D (задовільно)
60 - 65			E (достатньо)
40 - 59	незадовільно	не зараховано	FX (незадовільно – з можливістю повторного складання)
1 - 39			F (неприйнятно – з обов'язковим повторним навчанням)

ПОЛІТИКА НАВЧАЛЬНОГО КУРСУ

Політика щодо академічної доброчесності

Дотримання академічної доброчесності здобувачами передбачає, зокрема:

- самостійне виконання навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю результатів навчання (для осіб з особливими освітніми потребами ця вимога застосовується з урахуванням їхніх індивідуальних потреб і можливостей);
- посилення на джерела інформації у разі використання ідей, розробок, тверджень, відомостей інших дослідників;
- дотримання норм законодавства про авторське право і суміжні права;
- надання достовірної інформації про результати власної (наукової, творчої) діяльності, використанні методики досліджень і джерела інформації.

Політика щодо відвідування занять та поведінки на заняттях

Відвідування занять є обов'язковим компонентом навчання. За об'єктивних причин (наприклад, хвороба, міжнародне стажування тощо) навчання може відбуватись в он-лайн формі за погодженням із викладачем навчальної дисципліни та затвердженням директора Міжнародного центру.

Політика щодо правил поведінки на заняттях

Здобувачі вищої освіти третього рівня беруть активну участь у всіх заняттях: обговорюють проблемні ситуації, запропоновані викладачем на лекціях; активно включаються і за потреби ініціюють спільну (групову роботу) під час семінарських занять; Спілкування учасників освітнього процесу (викладач, здобувачі) відбувається на засадах партнерських стосунків, взаємодопомоги, толерантності та поваги до особистості кожного, спрямованості на здобуття істинного наукового знання.

Політика щодо термінів виконання завдань і перескладання

Здобувачі вищої освіти третього рівня повинні виконувати всі навчальні завдання вчасно, відповідно до робочої навчальної програми, за невчасне виконання знижується бальна оцінка. Графіки перескладання формують викладачі відповідних дисциплін.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Тунік А.А., Абрамович О.О. Основи сучасної теорії управління : навч. посібник. К. : Вид-во Нац. авіац. ун-ту «НАУ-друк», 2010. 256 с.
2. Fuzzy Logic with Engineering Applications, Second Edition T. J. Ross. 2004 John Wiley & Sons, 652 p
3. Dorf R.C., Bishop R.H. Modern Control Systems. Prentice Hall, 2008. 1018 p.
4. Ковриго Ю.М., Степанець О.В., Баган Т.Г., Бунке О.С. Сучасна теорія управління. К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 155 с.
5. Житецький Л.С. Проблеми та перспективи інтелектуалізації систем автоматичного керування. *Cybernetics and Comp. Engin.*, 2022, 1(207), pp. 46-58

Допоміжна література

6. Åström K.J., Wittenmark B. Computer-controlled Systems: Theory and Design. Prentice Hall, 1997. 557 p.
7. Goodwin G.C., Sin K.S. Adaptive Filtering Prediction and Control. NY: Dover Publications, 1984. 558 p.
8. Zhiteckii L. S., Solovchuk K. Yu. Pseudoinversion in the problems of robust stabilizing multivariable discrete-time control systems of linear and nonlinear static objects under bounded disturbances. *Journal of Automation and Information Sciences*. 2017. N 3. P. 57–70.
9. Zhitetskii L. S., Skurikhin V. I., Solovchuk K.Yu. Stabilization of a nonlinear multivariable discrete-time time-invariant plant with uncertainty on a linear pseudoinverse model. *Journal of Computer and Systems Sciences International*. 2017. N 5. P. 12–26.
10. ZHITECKII L.S., AZARSKOV V.N., SUSHCHENKO O.A., YANOVSKY F.J., SOLOVCHUK K.Yu. Control of a Nonsquare Multivariable System Using Pseudoinverse Model-Based Static Output Feedback. *Cybernetics and Comp. Engin.*, 2020, 3(201).
11. Zhiteckii L. S., Azarskov V. N., Solovchuk K. Yu. Solving a problem of adaptive stabilization for some static MIMO systems. *Cybernetics and Computer Engineering*. 2019. N 3 (197). P. 33