

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи

В.В. Павліков

(підпис)

(ініціали та прізвище)

« 30 » 08 2020 р.

Відділ аспірантури і
докторантури

РОБОЧА ПРОГРАМА

ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Моделювання нелінійних та нестационарних систем управління

Галузь знань: 15 Автоматизація та приладобудування

Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітньо-наукова програма «Автоматизація, приладобудування та комп'ютерно-інтегровані технології»

Рівень вищої освіти: третій (освітньо-науковий)

Форма навчання: денна
денна/заочна

Харків – 2020

РОБОЧА ПРОГРАМА
ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
Моделювання нелінійних та нестационарних систем управління
(назва дисципліни)

для здобувачів за спеціальністю 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
освітньої програми Автоматизація, приладобудування та комп'ютерно-інтегровані технології

«28» 08 2020 р., – 11 с.

Розробник: зав. каф. 305, д.т.н., проф.
(посада, науковий ступінь та вчене звання)



(підпис)

Собчак А. П.
(прізвище та ініціали)

Гарант ОНП: проф. каф. 301, д.т.н., проф.
(посада, науковий ступінь та вчене звання)

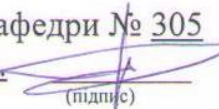


(підпис)

Барсов В. І.
(прізвище та ініціали)

Протокол №1 від «28» 08 2020 р. засідання кафедри № 305

Завідувач кафедри: зав. каф. 305, д.т.н., проф.
(посада, науковий ступінь та вчене звання)



(підпис)

Собчак А. П.
(прізвище та ініціали)

ПОГОДЖЕНО:

Завідувач відділу
аспірантури і докторантури



В. Б. Селевко

Голова наукового товариства
студентів, аспірантів,
докторантів і молодих вчених



Т. П. Старовойт

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Кількість кредитів –6	Галузь знань <u>15 “Автоматизація та приладобудування”</u> (шифр та найменування) Спеціальність <u>151 «Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології»</u> (найменування) Рівень вищої освіти: <u>третій (освітньо-науковий)</u>	Вибіркова
Кількість модулів – 2		Навчальний рік
Кількість змістових модулів – 2		2020/ 2021
Індивідуальне завдання _____ (назва)		Семестр
Загальна кількість годин – 72/180		<u>4</u> -й
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 5 самостійної роботи студента – 5		Лекції ¹⁾
		<u>32</u> години
		Практичні ¹⁾
		<u>16</u> годин
		Лабораторні ¹⁾
		<u>24</u> години
		Самостійна робота
		<u>108</u> годин
		Вид контролю
Іспит		

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: 72/108

*Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину залежно від розкладу занять.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення: засвоєння здобувачами методів отримання, перетворення та аналізу математичних моделей нелінійних і нестационарних систем управління.

Завдання: отримання практичних навичок синтезу та експериментального дослідження нелінійних і нестационарних математичних різних об'єктів та систем керування ними.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми здобувачі повинні досягти таких **компетентностей**:

- здатність застосовувати попередні знання попередніх для розуміння та аналізу процесів в автоматизованих систем управління та їх математичних моделях (ЗК1, ЗК2, СК01, СК05);
- здатність формулювати вимоги до нелінійних і нестационарних математичних моделей об'єктів автоматизації (ЗК1, ЗК2, ЗК3, ЗК7, ЗК12, СК2, СК3);
- здатність застосовувати принципи та методи побудови математичних моделей нелінійних і нестационарних систем (ЗК1, ЗК2, ЗК3, ЗК7, СК1, СК3, СК4, СК6, СК7, СК9);
- здатність застосовувати методи ідентифікації математичних моделей нелінійних і нестационарних систем (ЗК1, ЗК2, ЗК3, ЗК7, СК1, СК3, СК4, СК6, СК7, СК9);
- здатність розвивати фундаментальні моделі та нові методи, досліджувати математичні моделі нелінійних та нестационарних систем.

Програмні результати навчання:

- розуміти суть процесів в нелінійних та нестационарних системах, вміти проводити їх аналіз і обґрунтовувати вибір структури (ПРН06, ПРН13);
- розробляти математичні моделі нелінійних та нестационарних систем (ПРН05-06, ПРН12, ПРН09, ПРН12, ПРН13);
- вміти оцінювати адекватність математичних моделей систем автоматизації (ПРН06, ПРН10, ПРН12);
- проводити аналітичну та експериментальну ідентифікацію нелінійних і нестационарних систем (ПРН06, ПРН12).

Міждисциплінарні зв'язки: дисципліна «Моделювання нелінійних та нестационарних систем управління» є вибірковою дисципліною освітньо-науковий підготовки для здобувачів за спеціальністю «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовний модуль 1. Моделювання нелінійних та нестационарних систем

Тема 1. Поняття моделювання і моделі. Призначення моделей. Складові процесу моделювання. Класифікація моделей. Способи побудови математичних моделей. Методи оцінки схожості моделі та об'єкта. Міра адекватності моделі. Труднощі в складанні математичних моделей динамічних об'єктів.

Тема 2. Поняття про ідентифікацію. Історичне місце ідентифікації як науки. Визначення і завдання ідентифікації математичних моделей. Класифікація методів ідентифікації. Підходи до ідентифікації. Постановка завдання ідентифікації. Ідентифікація структури об'єкта. Ідентифікація параметрів об'єкта. послідовність ідентифікації ММ ОА.

Тема 3. Методи непараметричної ідентифікації. Методи непараметричної (структурної) ідентифікації. Ідентифікація з використанням перехідних характеристик. Ідентифікація за допомогою імпульсних перехідних характеристик. Ідентифікація об'єктів за допомогою частотних характеристик. Метод експертних оцінок. Метод безпосереднього ранжирування.

Тема 4. Методи параметричної ідентифікації. Методи параметричної ідентифікації. Оцінювання параметрів об'єктів за методом найменших квадратів. Постановка завдання ідентифікації динамічного об'єкта. Ідентифікація динамічного об'єкта регресійний МНК.

Модуль 2.

Змістовний модуль 2. Дослідження нелінійних та нестационарних систем

Тема 5. Нелінійні та нестационарні системи. Загальні положення про нелінійні системи. Основні типи нелінійних та нестационарних систем. З'єднання нелінійних ланок. Структурні перетворення нелінійних систем. Поняття про простір станів. Фазові простір та площа. Синтез нелінійних систем. Оцінки якості нелінійних та нестационарних систем.

Тема 6. Стійкість нелінійних та нестационарних систем. Загальне визначення стійкості. Прямий метод дослідження стійкості нелінійних та нестационарних систем. Умови абсолютної стійкості. Критерії Ляпунова та Попова. Метод гармонічного балансу (описових функцій). Нелінійні корегувальні ланки. Компенсація впливу нелінійностей.

Тема 7. Методи аналізу нелінійних та нестационарних систем. Автоколивання. Метод точкових перетворень. Метод припасування. Метод фазових траєкторій (аналіз лінійних та нелінійних систем, дослідження

релейних систем керування, метод точкових перетворень, слизький режим).
 Метод гармонічної лінеарізації. Основні положення. Критерії стійкості.
 Визначення коефіцієнтів гармонійної лінеарізації. Визначення параметрів автоколивань. Вібраційна лінеарізації нелінійностей. Статистична реалізація нелінійностей.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	Денна форма				
	Усього	У тому числі			
		л	п	лаб.	с. р.
1	2	3		5	6
Модуль 1					
Змістовий модуль 1. Моделювання нелінійних та нестационарних систем					
Тема 1. Поняття моделювання і моделі	24	6	2	4	12
Тема 2. Поняття про ідентифікацію	18	4	2	-	12
Тема 3. Методи непараметричної ідентифікації	24	4	2	4	14
Тема 4. Методи параметричної ідентифікації	22	4	2	4	12
Разом за змістовим модулем 1	88	18	8	12	50
Модуль 2					
Змістовий модуль 2. Дослідження нелінійних та нестационарних систем					
Тема 5. Нелінійні та нестационарні системи	26	4	2	4	16
Тема 6. Стійкість нелінійних та нестационарних систем	28	4	2	2	20
Тема 7. Методи аналізу нелінійних та нестационарних систем	38	6	4	6	22
Разом за змістовим модулем 2	92	14	8	12	58
Усього годин	180	32	16	24	108

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		
	Разом	

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Форми подання математичних моделей систем.	2
2	Приклади ідентифікації систем.	2
3	Застосування метода найменших квадратів.	2
4	Застосування рекурентного метода найменших квадратів.	2
5	Математичні моделі нелінійних та нестационарних систем.	2
6	Оцінка стійкості нелінійних систем.	2
7	Оцінка якості нелінійних та нестационарних систем.	2
8	Методи лінеаризації нелінійностей.	2
	Разом	16

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Дослідження математичних моделей нелінійних стаціонарних систем	2
2	Дослідження математичних моделей нестационарних систем	2
3	Дослідження методів ідентифікації систем управління в Matlab	4
4	Дослідження алгоритмів інтерполяції та апроксимації в середовищі Matlab	4
5	Дослідження функціонування нелінійних систем автоматичного управління.	4
6	Дослідження нелінійної системи управління технологічним процесом на стійкість.	2
7	Дослідження фазового портрета системи управління за допомогою ізоклін.	2
8	Дослідження функціонування релейних систем управління.	2
9	Дослідження нелінійної системи управління в умовах статистичної лінеаризації нелінійності.	2
	Разом	24

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Аналіз розвитку методів моделювання та ідентифікації.	12
2	Математичне описування нестационарних й динамічних об'єктів.	12
3	Аналітичні методи ідентифікації.	26
4	Структурні перетворення нелінійних та нестационарних систем. Синтез нелінійних та нестационарних систем.	16
5	Метод фазових траєкторій	20
6	Метод гармонічного балансу (описувальних функцій). Нелінійні корегувальні ланки.	12
7	Вібраційна реалізація нелінійностей. Статистична реалізація нелінійностей.	10
	Разом	108

9. Індивідуальні завдання

10. Методи навчання

Проведення аудиторних занять (лекцій, лабораторних робіт та практичних занять), індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота аспірантів за матеріалами, опублікованими кафедрою, оформлення та захист лабораторних робіт.

11. Методи контролю

Проведення поточного контролю, письмового модульного контролю, фінальний контроль у вигляді іспитів.

12. Розподіл балів, які отримують здобувачі

12.1 Розподіл балів, які отримують аспіранти (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття	Кількість занять	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Виконання і захист практичних занять	2..4	10	20...40

Модульний контроль	5...10	1	5...10
Змістовний модуль 2			
Виконання і захист практичних занять	3..4	10	30...40
Модульний контроль	5...12	1	5...10
Усього за семестр			60...100

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови аспіранта від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту. Під час складання семестрового іспиту аспірант має можливість отримати максимум 100 балів.

12.2 Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

- основні методи побудови моделей об'єктів автоматизації;
- методи аналітичної й експериментальної ідентифікації ОА;
- методи аналізу нелінійних та нестационарних систем.

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

- розробляти нелінійні та нестационарні моделі об'єктів автоматизації;
- виконувати аналіз властивостей нелінійних та нестационарних систем, оцінювати структуру та параметри їх математичних моделей.
- використовувати сучасні методи досліджень нелінійних та нестационарних систем;
- застосовувати математичні моделі нелінійних та нестационарних систем у власних розробках.

12.3 Критерії оцінювання роботи аспіранта протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати мінімум знань та умінь. Відпрацювати всі практичні та лабораторні роботи. Вміти поняття і уявлення всіх розглянутих тем..

Добре (75-89). Твердо мати мінімум знань, виконати усі завдання. Показати вміння виконувати всі практичні та лабораторні роботи в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах. Вміти вірно поставити задачу і визначити шляхи її вирішення.

Відмінно (90-100). Повно знати основний та додатковий матеріал. Орієнтуватися у рекомендованих методичних матеріалах та літературі. Досконально знати усі теми та вміти застосовувати одержані знання для проектування да дослідження адаптивних систем.

Шкала оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційований залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

13. Методичне забезпечення

1. Білоконська Ю. В., Фірсов С. М. Функціональна стійкість в теорії автоматичного керування. Навч. посібник – Х.: ХАІ, 2017. – 96 с.

2. Фірсов, С. М. Спеціальні розділи теорії автоматичного керування [Електронний ресурс] : навч. посіб. для самост. роботи / С. М. Фірсов, С. Б. Кочук, Ю. В. Білоконська. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2019. – 134 с.

3. Кочук, С. Б. Ідентифікація об'єктів автоматизації [Електронний ресурс] : навч. посіб. до лаб. практикуму / С. Б. Кочук, А. О. Нікітін, Л. М. Лутай. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2021. – 45 с.

14. Рекомендована література

Базова

1. Попович, М. Г., Ковальчук О. В. Теорія автоматичного керування: Підручник / М. Г. Попович, О. В. Ковальчук. – К.: Либідь, 2007. - 656 с.

2. Маценко, В.Г. Математичне моделювання: навчальний посібник / В.Г. Маценко. – Чернівці: Чернівецький національний університет, 2014. – 519 с.

3. Рамазанов, С. К. Нелінійні моделі та аналіз складних систем / С. К. Рамазанов, М. Є. Рогоза, Е. К. Мусаєва. – Полтава: РВВ ПУЕТ, 2011. – 516 с.

4. Стоян, В. А. Математичне моделювання лінійних, квазілінійних і нелінійних динамічних систем : монографія / В. А. Стоян. – Київ : ВПЦ “Київський університет”, 2011. – 320 с.

5. Симонов, В. Ф., Дибська І. О. Оптимальні й адаптивні системи керування: навч. посіб. до лаб. практикуму / В. Ф. Симонов, І. О. Дибська. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т»,

2007. – 36 с.

Допоміжна

1. Кочук, С. Б. Математические модели самолета как объекта управления [Текст] : учеб. пособие / С. Б. Кочук, С. Н. Фирсов, К. Ф. Фомичев. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т», 2016. – 74 с.
2. Хусаїнов, Д. Я. Моделювання динамічних систем / Д. Я. Хусаїнов, І. І. Харченко, А. В. Шатирко. – К., 2004.
3. Бідюк, П.І. Ймовірно-статистичні методи моделювання і прогнозування / П.І. Бідюк, О.П. Гожий. – Миколаїв: Чорноморський державний університет ім. Петра Могили, 2015. 440 с.
4. Дорф Р., Бишоп Р. Современные системы управления. Пер. с англ. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2002. – 832с.

14. Інформаційні ресурси

Сайт кафедри: k305@khai.edu
Сайт університету: khai.edu