

# **ПРОГРАМА**

## **вступного іспиту**

зі спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»  
для здобувачів вищої освіти третього (освітньо-наукового) рівня

### **Вступне слово**

Програма складена з урахуванням програми рівня вищої освіти магістра зі спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка». Вона містить 7 розділів, у яких представлено питання з теорії автоматичного керування, оптимізації систем керування та розроблення інтелектуальних систем керування, мікропроцесорної техніки та технічних засобів автоматизації, автоматизації технологічних процесів, автоматизованих системи керування технологічними процесами, математичного моделювання об'єктів та систем.

Розроблені питання базуються на результатах навчання, сформованих за освітніми програмами другого (магістерського) рівня вищої освіти зі спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка». Розроблені питання спрямовані на виявлення знань та умінь здобувачів вищої освіти третього (освітньо-наукового) рівня зі спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка».

### **Розділ 1 .ТЕОРІЯ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ.**

Системи автоматичного керування, їх класифікація. Способи математичного опису систем автоматичного керування та їх елементів. Лінеаризація моделей нелінійних елементів систем керування. Типові ланки елементів систем керування. Передавальна функція. Частотні характеристики елементів систем керування. Динамічні характеристики елементів та систем. Структурні схеми систем та їх перетворення. Передавальні функції замкнених та розімкнених систем.

Моделі об'єктів керування із зосередженими та розподіленими параметрами. Побудова моделей об'єктів керування за експериментальними даними. Методи активного та пасивного експерименту для ідентифікації об'єкта керування. Регресійні моделі. Отримання імпульсної перехідної функції та частотних характеристик об'єкта на основі статистичних характеристик випадкових процесів на його вході та виході. Адекватність математичних моделей.

Стійкість лінійних систем автоматичного регулювання. Постановка задачі. Алгебраїчні та частотні критерії стійкості. Запас стійкості системи та його кількісні характеристики. Області стійкості.

Якість процесів керування. Прямі методи оцінювання якості та показники якості процесів регулювання. Інтегральні оцінки якості перехідних процесів. Непрямі методи дослідження якості процесів керування, їх загальна характеристика. Частотні методи дослідження якості процесів керування. Оцінювання якості САР при дії випадкових збурень.

Методи розрахунку лінійних САР. Розрахунок оптимальних параметрів налаштування типових регуляторів. Адаптивні методи настроювання САР.

Нелінійні системи та їх опис. Типові нелінійності. Автоколивання. Методи дослідження вільних коливань у системах високих порядків. Фазовий простір та фазовий портрет. Метод фазової площини, зв'язок перехідних процесів з фазовою траєкторією. Ковзний режим в релейних системах керування. Гармонічна лінеаризація нелінійних елементів. Визначення стійкості нелінійних систем. Перший та другий методи Ляпунова, приклади визначення функцій Ляпунова. Частотний метод визначення абсолютної стійкості Попова. Нелінійні системи зі змінною структурою. Дослідження якості перехідних процесів нелінійних САР за допомогою сучасних програмних пакетів (Matlab, Mathcad).

Дискретні системи, їх класифікація та означення. Дискретне перетворення Лапласа,  $z$ - перетворення. Різницеві рівняння дискретних елементів. Передавальні функції дискретних елементів та цифрових систем керування. Стійкість та якість цифрових систем керування.

Алгебраїчна теорія багатовимірних систем. Поняття про методи декомпозиції. Методи аналізу та синтезу багатовимірних нестационарних систем. Керованість та спостережність.

Методи підвищення якості систем автоматичного регулювання. Корекція САР за допомогою послідовних та паралельних зв'язків і елементів. Підвищення якості перехідних процесів в системах із запізненням. Синтез лінійних оптимальних систем за умови мінімуму середнього квадрата похибки регулювання.

Схемні методи підвищення якості САР. Інваріантні системи (комбіновані, коваріантні), умова інваріантності, фізична реалізованість. Автономні системи, умова автономності. Багатоконтурні системи: каскадні системи, системи з допоміжним сигналом з проміжної точки. Методи розрахунку багатоконтурних систем.

## Розділ 2. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ.

Штучний інтелект та експертні системи. Основні поняття та визначення. Системи штучного інтелекту. Моделі представлення знань. Інженерія знань.

Інтелектуальне керування. Ідея інтелектуального керування. Ієрархічна організація інтелектуальних систем керування. Ентропія як міра якості процесу інтелектуального керування. Оптимізація процесів керування в інтелектуальному керуванні.

Інтелектуальні системи керування на базі нечіткої логіки. Нечітка множина та лінгвістична змінна. Операції над нечіткими множинами. Нечіткий алгоритм та дефазифікація. Нечітка модель динамічних систем. Синтез нечітких алгоритмів керування. Нечітка адаптивна система регулювання. Стійкість систем з нечіткими регуляторами. Приклади застосування нечіткої логіки.

Інтелектуальні системи керування на базі штучних нейронних мереж. Становлення теорії штучних нейронних мереж. Формальний нейрон. Архітектура штучних нейронних мереж. Структури штучних нейронних мереж.

Задачі та методи навчання. Алгоритм зворотного поширення. Застосування штучних нейронних мереж для задач керування. Схеми нейромережевого керування.

Інтелектуальні системи керування на базі генетичних алгоритмів. Еволюційні методи. Генетичні алгоритми. Приклади реалізації генетичних алгоритмів.

Інтелектуальні системи керування на базі когнітивних карт. Когнітивне моделювання. Побудова когнітивних карт. Приклади застосування когнітивних карт для систем керування.

### Розділ 3. ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ.

Постановки задач параметричної оптимізації. Критерії в задачах параметричної оптимізації, параметри оптимізації. Задачі безумовної оптимізації. Задачі оптимізації з обмеженнями. Типи обмежень. Загальна структура оптимізаційної задачі. Класифікація задач оптимізації

Постановки задач синтезу систем оптимального керування та їх принципова відмінність від постановки задач параметричної оптимізації. Критерії в задачах оптимального керування.

Суть класичних методів оптимізації. Елементи теорії поля. Скалярне поле. Еквіпотенціальні лінії. Диференціальна характеристика скалярного поля. Необхідні умови існування локального екстремуму. Диференціальна характеристика векторного поля градієнта. Достатні умови існування екстремуму. Матриця Гессе. Сідлові точки. Перевірка матриць Гессе на додатну визначеність.

Методи пошуку екстремуму. Поняття експерименту в оптимізації. Евристичні та теоретично обґрунтовані методи пошуку. Пошук екстремуму вздовж напрямку. Прямі, градієнтні ньютонівські та квазіньютонівські методи пошуку екстремуму та обмеження на критерії оптимізації, які накладаються при їх застосуванні. Рекомендації щодо застосування цих методів.

Оптимізація з обмеженнями. Класичні аналітичні методи (Метод множників Лагранжа). Методи пошуку екстремуму (метод штрафних функцій).

### Розділ 4. МІКРОПРОЦЕСОРНА ТЕХНІКА ТА ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Архітектура мікропроцесорних систем та основні принципи їх функціонування. Структурна схема мікроконтролера. Універсальний арифметико–логічний пристрій. Пам'ять даних і програм. Регістри спеціальних функцій мікроконтролера. Засоби керування та синхронізації. Поняття переривання та системи переривань. Інтерфейси вводу-виводу. Організація пам'яті. Адресні, асоціативні та стекові запам'ятовуючі пристрої. Постійні запам'ятовуючі пристрої. Підключення постійних запам'ятовуючих пристроїв до мікропроцесорних систем. Оперативні запам'ятовуючі пристрої. Доступ до зовнішньої пам'яті. Програмування мікропроцесорних систем. Мови

програмування низького рівня. Використання емуляторів для відлагодження програм.

Структура та функціональний склад технічних засобів автоматизації (ТЗА). Функціонування та основні компоненти мікропроцесорних засобів автоматизації. Види мікропроцесорних контролерів (PLC, PC-based, DCS). Засоби людино-машинного інтерфейсу (НМІ) Програмне забезпечення мікропроцесорних засобів автоматизації. Стандартизовані мови програмування та їх застосування для вирішення задач автоматизації.

Застосування мікропроцесорних засобів для реалізації багаторівневих та розподілених систем керування. Цифрові мережі, їх топологія, архітектура та задачі обміну інформацією. Основні технології локальних інформаційних мереж. Технології та протоколи обміну інформацією, що застосовують в автоматизованих системах управління.

## Розділ 5. АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Автоматизація промислових процесів. Методика аналізу технологічного апарату та процесу як об'єкта керування. Принципи синтезу систем керування на основі результатів аналізу об'єктів керування. Методика і загальні принципи синтезу функціональної схеми автоматизації (ФСА).

Системи регулювання основних технологічних параметрів (тиску, температури, рівня, витрати, якісних параметрів речовин). Їх динамічні властивості. Вибір регулятора та структури системи регулювання параметра. Синтез багатоконтурних САР.

Особливості автоматизації неперервних технологічних процесів. Автоматизація механічних, гідрогазомеханічних процесів, процесів розділення неоднорідних рідинних і газових систем. Автоматизація теплових процесів, масообмінних процесів.

Принципи автоматизації періодичних процесів. Автоматизація процесів пуску, зупинки, аварійного захисту технологічних процесів. Автоматизація періодичних процесів зважування та дозування, пакування, теплової обробки матеріалів та виробів. Автоматизація реакторів періодичної дії.

## Розділ 6. АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Принципи побудови автоматизованих систем керування технологічними процесами (АСК ТП). Функції та класифікація АСК ТП. Основні типи АСК ТП (супервізорні, інформаційні, централізовані, розподілені).

Математичне, інформаційне, технічне та організаційне забезпечення АСК ТП. Алгоритми первинного опрацювання інформації в АСК ТП, реалізації законів регулювання та формування керуючих впливів.

Розроблення багаторівневих АСК ТП. Реалізація верхніх рівнів керування за допомогою SCADA-систем. Структура та основні засади побудови SCADA-

систем. Принципи реалізації систем керування та диспетчеризації технологічних процесів на основі SCADA-систем.

Проектування АСК ТП. Автоматизовані системи проектування АСК ТП та їх елементів. Основи побудови систем автоматизованого проектування (CAD/CAM) систем автоматизації та гнучких виробництв. Функції CAD/CAM-систем у гнучкому виробництві. Основи й методологія створення САПР. Алгоритмізація завдань проектування, проблемна адаптація САПР.

## Розділ 7. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОБ'ЄКТІВ ТА СИСТЕМ КЕРУВАННЯ

Математичне моделювання як метод пізнання. Експертна та конструктивна задачі моделювання. Поняття об'єкта та його математичної моделі. Відповідність моделі об'єктові.

Аналітичний, експериментальний та експериментально-аналітичний методи побудови математичних моделей. Системний підхід. Основні фізичні закони та емпіричні залежності, якими описують окремі елементи об'єктів та зв'язки між ними та середовищем. Поняття системи.

Форми подання математичних моделей нелінійних об'єктів динамічних систем у диференціальній формі. Властивості нелінійних систем у динаміці та статиці. Статичні та динамічні характеристики систем із багатьма входами та виходами.

Поділ систем на класи за їхніми властивостям: лінійні, нелінійні; стаціонарні, нестаціонарні; комутативні, некомутативні. Детерміновані та стохастичні системи. Властивості та форми подання цих систем у їхніх математичних моделях.

Лінеаризація нелінійних моделей. Матрична форма подання лінеаризованих систем у термінах простору станів. Матричні функції передачі, імпульсні та перехідні характеристики лінеаризованих систем. Класичні методи дослідження лінійних систем.

Аналітичні дослідження та імітаційне моделювання у вирішенні задач моделювання. Середовища для структурного імітаційного моделювання систем.

## Форми контролю та методи оцінювання

Організування та проведення вступних випробувань до аспірантури здійснюють відповідно до Правил прийому до аспірантури Національного університету «Львівська політехніка» у відповідному році.

Вступний іспит зі спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» проводять у письмовій формі згідно з окремим графіком, який затверджує Ректор Університету та який оприлюднюють на інформаційному стенді відділу докторантури та аспірантури й офіційному веб-сайті Університету не пізніше ніж за три дні до початку приймання документів.

Екзаменаційні білети вступного іспиту зі спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» формують в обсязі програми вищої освіти магістра зі спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» та затверджують рішенням Приймальної комісії Національного університету «Львівська політехніка».

Результати вступного іспиту зі спеціальності оцінюють за 100-бальною шкалою.

Екзаменаційний білет вступного іспиту до аспірантури зі спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» містить письмову компоненту з п'яти питань, сформованих за розділами 1-7 цієї Програми (кожне з п'яти питань екзаменаційного білета оцінюють максимально в 20 балів, максимальна сумарна кількість балів письмової компоненти – 100 балів);

Критерії оцінювання кожного питання письмової компоненти вступного іспиту зі спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» є такими:

Оцінка «відмінно» (18-20 балів для питань письмової компоненти): вступник до аспірантури демонструє бездоганне володіння матеріалом щодо змісту питання; самостійно, грамотно і послідовно, з вичерпною повнотою відповів на питання; демонструє глибокі та всебічні знання, логічно будує відповідь; формулює своє ставлення до тих чи інших проблем; вміє встановлювати причинно-наслідкові зв'язки, логічно та обґрунтовано будувати висновки.

Оцінка «добре» (14-17 балів для питань письмової компоненти): вступник до аспірантури добре засвоїв теоретичний матеріал щодо змісту питання, аргументовано викладає його; розкриває основний зміст питання, дає неповні визначення понять, допускає незначні порушення в послідовності викладення матеріалу та неточності при використанні наукових термінів; нечітко формулює висновки, надає свої міркування щодо тих чи інших проблем, але припускається певних похибок у логіці викладу теоретичного змісту.

Оцінка «задовільно» (10-13 балів для питань письмової компоненти): вступник до аспірантури в основному засвоїв теоретичний матеріал щодо змісту питання; фрагментарно розкриває зміст питання і має лише загальне

його розуміння; при викладі основного змісту питання допускає суттєві помилки, наводить прості приклади, плутає поняття.

Оцінка «незадовільно» (0-9 балів для питань письмової компоненти): вступник не засвоїв зміст питання, не знає основних його понять; дає неправильну відповідь на запитання.

Під час виконання завдань вступного іспиту зі спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» вступник повинен неухильно дотримуватися норм та правил академічної доброчесності відповідно до Положення про академічну доброчесність у Національному університеті «Львівська політехніка». За порушення зазначених норм та правил вступників до аспірантури притягають до відповідальності згідно вимог чинного законодавства.

## Рекомендована література

1. Ладанюк А. П. Методи сучасної теорії управління : навч. посіб. для студ. ВНЗ / А. П. Ладанюк, В. Д. Кишенько, Н. М. Луцька, В. В. Іващук; Нац. ун-т харч. технологій. - К. : НУХТ, 2010. - 195 с.
2. Теорія автоматичного керування: навч. посібник / Ганна Крих, Федір Матіко. – Львів: СПОЛОМ, 2017. – 165 с.
3. О. Ю. Лозинський. 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.
4. Боровська Т.М., Северілов В.А., Васюра А.С. Теорія автоматичного управління. Частина 1. Аналіз САУ. — Вінниця: ВДГУ. 2002. — 97 с.
5. Шаруда В.Г. Методи аналізу і синтезу систем автоматичного керування: Навч. посіб./ Шаруда В.Г., Ткачов В.В., Фількін М.П. – Д.: Нац. гірнич. у-тет, 2008. — 543 с.
6. Теорія автоматичного керування: Навчальний посібник / Л.М. Артюшин, Б.В. Дурняк, О.А. Машков, М.С. Сівов. — Львів: УАД, 2004. — 272 с.
7. Самотокін Б.Б. Лекції з теорії автоматичного керування: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. — Житомир: ЖІТІ. 2001. — 508 с.
8. Попович М.Г. Теорія автоматичного керування. Підручник для вузів / Попович М.Г., Ковальчук О.Б. – К.: Либідь, 1997. – 542 с.
9. В. Савицький, Р. Федоришин. Технічні засоби автоматизації: навчальний посібник. – Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2018. – 292 с.
10. Васильківський І. С. Виконавчі пристрої систем автоматизації: навчальний посібник / І. С. Васильківський, В. О. Фединець, Я. П. Юсик. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2020. – 220 с.
11. Електроніка та мікропроцесорна техніка. Навчальний посібник / Л. В. Лесовой, І. В. Костик, Я. В. Грень. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2014. 268 с.
12. Ельперін І. В. Промислові контролери: Навч. посіб / Ельперін І. В. — К.: НУХТ, 2003. — 320 с.
13. Пістун Є. П., Стасюк І. Д. Основи автоматики та автоматизації. Навчальний посібник. Друге видання, змінене і доповнене. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2018. - 336 с.
14. Крих Г. Б. Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів. Лабораторний практикум: навчальний посібник / Г. Б. Крих, Г. Ф. Матіко. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2017. – 156 с.
15. Онисик С. Б. Моделювання об'єктів керування: навчальний посібник / С. Б. Онисик. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2019. – 292 с.



16. Числові методи і моделювання на ЕОМ: Підручник / Горбійчук М.І., Пістун Є.П. – Івано-Франківськ: «Факел», 2010. – 403 с.
17. Остапенко Ю.А. Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів керування: Підручник / Остапенко Ю.А. — К.: Задруга, 1999. — 424 с.
18. Автоматизоване проектування систем вимірювання витрати плинних енергоносіїв: Навчальний посібник / Лесовой Л.В., Матіко Ф.Д., Федоришин Р. М. – Львів: Видавництво "Сполом", 2019. – 252 с.
19. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації: Навч. посібник. – К.: Видавництво Ліра-К, 2017. – 344 с.
20. Трегуб В.Г. Автоматизація об'єктів періодичної дії: підручник. – К.: Видавництво Ліра-К, 2017. - 136 с.
21. Проць Я.І., Савків В.Б., Шкодзінський О.К., Ляшук О.Л. Автоматизація виробничих процесів. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. - Тернопіль: ТНТУ ім. І.Пулюя, 2011. - 344с.
22. Ельперін І.В, Пупена О.М., Сідлецький В.М., Швед С.М. Автоматизація виробничих процесів: Підручник. – К.: Видавництво Ліра-К, 2015. - 300 с.
23. Левченко О.І., Сідлецький В.М. Основи автоматизації теплоенергетичних процесів та установок: навч. посіб. - К. : НУХТ, 2014. - 227 с.
24. Семенцов, Г. Н. Автоматизація неперервних технологічних процесів. Регулятори : навч. посіб. / Г. Н. Семенцов. - Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2016. - 201 с.
25. Семенцов Г.Н., Борин В.С. Автоматизація та оптимізація процесів харчової та переробної промисловості: Навчальний посібник. - Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2010. - 197 с.
26. Стенцель Й.І., Поркуян О.В. Автоматизація технологічних процесів хімічних виробництв. Підручник. - Луганськ.: Вид-во Східноукр. нац. ун-ту, 2010. - 302 с.
27. Smart Electrical and Mechanical Systems. An Application of Artificial Intelligence and Machine Learning / Rakesh Sehgal, Neeraj Gupta, Anuradha Tomar, Vigna Kumaran. – Academic Press & Elsevier, 2022. – 301 pages.
28. Plant Intelligent Automation and Digital Transformation. Process and Factory Automation / Swapan Basu. – Academic Press & Elsevier, 2022. – 547 pages.
29. Штучний інтелект в енергетиці: аналітична доповідь / О.М. Суходоля. – Київ : НІСД, 2022. – 49 с.
30. Advanced Control Engineering / Roland S. Burns, Roland S. Burns. – Butterworth-Heinemann & Elsevier, 2001. – 451 pages.
31. Industrial Process Automation Systems. Design and Implementation / B.R. Mehta, Y.J. Reddy. – Butterworth-Heinemann & Elsevier, 2015. – 658 pages.
32. Advanced Industrial Control Technology / Peng Zhang. – William Andrew & Elsevier, 2010. – 843 pages.
33. Інтелектуальний аналіз даних (дейтамайнінг) / В.Ф. Ситник, М.Т. Краснюк. – Київ : КНЕУ, 2007. – 376 с.

34. Нейронні мережі і генетичні алгоритми / А.Ю. Кононюк. – Київ : «Корнійчук», 2008. – 446 с.
35. Нечіткі множини в системах управління та прийняття рішень / Т.А. Желдак, Л.С. Коряшкіна, С.А. Ус. – Дніпро : НТУ «ДП», 2020. – 387 с.
36. Подання й обробка знань у системах штучного інтелекту та підтримки прийняття рішень / С.О. Субботін. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2008. – 341 с.
37. Practical Process Control for Engineers and Technicians / Wolfgang Altmann, David Macdonald, Steve Mackay. – Newnes & Elsevier, 2005. – 291 pages.
38. MATLAB Machine Learning Recipes. A Problem-Solution Approach / Michael Paluszek, Stephanie Thomas. – Apress, 2019. – 348 pages.