

## **ПРОГРАМА**

### **вступного іспиту**

зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»  
для здобувачів вищої освіти  
третього (освітньо-наукового) рівня  
(2022 рік вступу)

### **Вступне слово**

Програма складена з урахуванням програми рівня вищої освіти магістра зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Вона містить 6 розділів, у яких представлено питання з теорії автоматичного керування, оптимізації систем керування, мікропроцесорної техніки та технічних засобів автоматизації, автоматизації технологічних процесів, автоматизованих системи керування технологічними процесами, математичного моделювання систем.

Розроблені питання базуються на результатах навчання, сформованих за освітніми програмами другого (магістерського) рівня вищої освіти зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», які відповідають стандарту вищої освіти за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Розроблені питання спрямовані на виявлення знань та умінь здобувачів вищої освіти третього (освітньо-наукового) рівня зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».

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

Системи автоматичного керування, їх класифікація (замкнені та розімкнені, неперервні та дискретні, стаціонарні та нестаціонарні, лінійні та нелінійні, оптимальні, адаптивні).

Системи з зосередженими і розподіленими параметрами. Способи математичного опису систем автоматичного керування та їх елементів. Лінеаризація. Типові ланки. Функція передачі, частотні характеристики, часові характеристики ланок та систем. Структурні схеми систем та їх перетворення. Передаточні функції замкнених та розімкнених систем.

Стійкість лінійних систем автоматичного регулювання. Постановка задачі. Критерії стійкості. Области стійкості.

Якість процесів керування. Прямі методи дослідження. Показники якості регулювання при типових збуреннях. Астатизм систем автоматичного керування та його визначення. Непрямі методи дослідження якості процесів керування, їх загальна характеристика. Частотні методи дослідження якості процесів керування. Інтегральні оцінки якості перехідних процесів.

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

Нелінійні системи та їх опис. Типові нелінійності. Автоколивання. Методи дослідження вільних коливань у системах високих порядків. Фазовий простір.

Метод фазової площини, зв'язок перехідних процесів з фазовою траєкторією. Режим ковзання: метод припасовування та метод малого параметра. Гармонічна лінеаризація. Визначення стійкості нелінійних систем. Перший та другий методи Ляпунова, приклади визначення функцій Ляпунова. Частотний метод визначення абсолютної стійкості Попова. Якість перехідного процесу та корекція в нелінійних САР. Нелінійні системи зі змінною структурою. Дослідження якості перехідних процесів нелінійних САР за допомогою сучасних програмних пакетів (Matlab, Mathcad).

Дискретні системи (імпульсні, релейні, цифрові) та їх класифікація. Рівняння імпульсних систем. Дискретне перетворення Лапласа,  $z$ -перетворення. Різницеві рівняння дискретних елементів та систем. Функції передачі, частотні характеристики імпульсних САР.

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

Опис випадкових процесів за допомогою моментів. Кореляційна функція та спектральна щільність, їх експериментальне визначення. Проходження випадкового сигналу через лінійні, нелінійні та дискретні системи. Ідея формуючого фільтра. Статистична лінеаризація нелінійних систем, способи визначення коефіцієнтів статистичної лінеаризації.

Моделі об'єктів керування із зосередженими та розподіленими параметрами. Побудова моделей об'єктів керування за експериментальними даними. Методи активного експерименту. Обробка результатів експерименту. Регресійні моделі. Визначення характеристик об'єктів в умовах нормальної експлуатації. Адекватність математичних моделей.

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, умова інваріантності, фізична реалізованість. Автономні системи, умова автономності. Багатоконтурні системи: каскадні системи, системи з допоміжним сигналом з проміжної точки. Методи розрахунку складних систем.

## Розділ 2. 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 3. МІКРОПРОЦЕСОРНА ТЕХНІКА ТА ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Архітектура мікропроцесорних систем та основні принципи їх функціонування. Інтерфейси вводу-виводу. 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. Мікропроцесорні контролери, засоби людино-машинного інтерфейсу (НМІ) Програмне забезпечення мікропроцесорних засобів автоматизації та стандартизовані мови програмування.

Застосування мікропроцесорних засобів для реалізації багаторівневих та розподілених систем керування. Розподілені АСК ТП. Цифрові мережі, їх топологія, архітектура та задачі обміну інформацією. Основні протоколи обміну інформацією, що застосовують в автоматизованих системах управління.

### Розділ 4. АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Автоматизація промислових процесів. Принципи створення САР 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). 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 5. 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 6. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ

Математичне моделювання як метод пізнання. Експертна та конструктивна задачі моделювання.

Аналітичні, експериментальні та експериментально-аналітичні методи побудови математичних моделей. Закони збереження кількості речовини (маси), енергії (тепла) та імпульсу. Основні фізичні закони та емпіричні залежності, якими описують окремі елементи об'єктів та зв'язки між ними.

Модель об'єкту як фіксована сукупність елементів та зв'язків між ними. Емерджентні властивості об'єктів. Означення системи.

Класифікація об'єктів (систем). Об'єкти з розподіленими параметрами та об'єкти ідеального змішування. Лінійні та нелінійні системи. Системи стаціонарні та нестаціонарні. Детерміновані та стохастичні системи.

Одноємнісні та багатоемнісні об'єкти ідеального змішування та їх математичні моделі.

Суть методу лінеаризації нелінійних об'єктів при їх дослідженні та синтезі систем керування ними. Властивості лінійних систем

Форми подання лінійних систем. Матрична форма. Функції передачі. Еквівалентні перетворення (декомпозиція) 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 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» проводять у письмово-усній 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 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» формують в обсязі програми вищої освіти магістра зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» та затверджують на засіданні Вченої ради навчально-наукового інституту енергетики та систем керування.

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

Екзаменаційний білет вступного іспиту до аспірантури зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» містить:

- письмову компоненту з чотирьох питань, сформованих за розділами 1-6 цієї Програми (кожне з чотирьох питань екзаменаційного білета оцінюють максимально в 20 балів, максимальна сумарна кількість балів письмової компоненти – 80 балів);
- усну компоненту вступного іспиту з чотирьох питань (кожне з чотирьох питань усної компоненти оцінюють максимально в 5 балів, максимальна сумарна кількість балів усної компоненти – 20 балів).

Критерії оцінювання кожного питання письмової та усної компоненти вступного іспиту зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» є такими:

Оцінка «відмінно» (18-20 балів для питань письмової компоненти та 5 балів для питань усної 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; висловлює 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 та 4 бали для питань усної 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, висловлює 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 та 3 бали для питань усної компоненти): вступник до аспірантури в основному засвоїв теоретичний матеріал щодо змісту питання; фрагментарно розкриває зміст питання і має лише загальне його розуміння; при відтворенні основного змісту питання допускає суттєві помилки, наводить прості приклади, непереконливо відповідає, плутає поняття.

Оцінка «незадовільно» (0-9 балів для питань письмової компоненти та 0-2 бали для питань усної компоненти): вступник не засвоїв зміст питання, не знає основних його понять; дає неправильну відповідь на запитання.

Під час виконання завдань вступного іспиту зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» 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. Івашук; 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. Кулаков Г.Т., Кулаков А.Т., Кухоренко А.Н., Кравченко В.В. Теория автоматического управления. Учебно-методическое пособие. — Минск: БНТУ, 2017. — 133 с.
5. Ротач В.Я. Теория автоматического управления: Учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. / В.Я. Ротач. — М: МЭИ, 2004. — 400 с.
6. Боровська Т.М., Северілов В.А., Васюра А.С. Теорія автоматичного управління. Частина 1. Аналіз САУ. — Вінниця: ВДГУ, 2002. — 97 с.
7. 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.
8. Теорія автоматичного керування: Навчальний посібник / Л.М. Артюшин, Б.В. Дурняк, О.А. Машков, М.С. Сівов. — Львів: УАД, 2004. — 272 с.
9. Методы классической и современной теории автоматического управления: В 5 тт: Т.1: Математические модели, динамические характеристики и анализ систем автоматического управления: Учебник для вузов. Изд. 2-е, перераб., доп. / под ред. Пупкова К.А., Егупова Н.Д. — М.: изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. — 656 с.
10. Самотокін Б.Б. Лекції з теорії автоматичного керування: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. — Житомир: ЖІТІ, 2001. — 508 с.
11. Мирошник И.В. Теория автоматического управления. Линейные системы / И.В. Мирошник — СПб.: Питер, 2005. — 336 с.
12. Попович М.Г. Теорія автоматичного керування. Підручник для вузів / Попович М.Г., Ковальчук О.Б. – К.: Либідь, 1997. – 542 с.
13. Дорф Р. Современные системы управления / Р.Дорф, Р. Бишоп; пер. с англ. Б.И. Копылова. — М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2002. — 832 с.
14. Азарсков В.Н. Методология конструирования оптимальных систем стохастической стабилизации / Азарсков В.Н., Блохин Л.Н., Житецкий Л.С. — К.: Кн. изд-во НАУ, 2006. — 437 с.
15. Реклейтис Г., Рейвиндрон А., Рэгсдел К. Оптимизация в технике. Кн.1-2. М.: Мир, 1986. – 254 с.
16. Пантелеев А.В., Летова Т.А. Методы оптимизации в примерах и задачах. М.: Высш. шк., 2005. – 360 с.
17. В. Савицький, Р. Федоришин. Технічні засоби автоматизації: навчальний посібник. – Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2018. – 292 с.

18. 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.
19. Електроніка та мікропроцесорна техніка. Навчальний посібник / Л. В. Лесовой, І. В. Костик, Я. В. Грень. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2014. 268 с.
20. Ельперін І. В. Промислові контролери: Навч. посіб / Ельперін І. В. — К.: НУХТ, 2003. — 320 с.
21. Парр Э. Програмируемые контроллеры: руководство для инженера. / Парр Э.; пер. с англ. – М.: БИНОМ Лаборатория знаний, 2007. – 516 с.
22. Пістун Є. П., Стасюк І. Д. Основи автоматики та автоматизації. Навчальний посібник. Друге видання, змінене і доповнене. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2018. - 336 с.
23. 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.
24. Онисик С. Б. Моделювання об'єктів керування: навчальний посібник / С. Б. Онисик. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2019. – 292 с.
25. Числові методи і моделювання на ЕОМ: Підручник / Горбійчук М.І., Пістун Є.П. – Івано-Франківськ: «Факел», 2010. – 403 с.
26. Льюнг. Идентификация систем / Л. Льюнг — М.:Наука, 1991. — 432 с.
27. Демченко В.А. Автоматизация и моделирование технологических процессов АЭС и ТЭС: учебное пособие / Демченко В.А. — Одесса: Астропринт, 2001. — 308 с.
28. Р. Изерман. Цифровые системы управления / Р. Изерман — М.:Мир, 1984. — 541 с.
29. Остапенко Ю.А. Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів керування: Підручник / Остапенко Ю.А. — К.: Задруга, 1999. — 424 с.
30. Автоматизоване проектування систем вимірювання витрати плинних енергоносіїв: Навчальний посібник / Лесовой Л.В., Матіко Ф.Д., Федоришин Р. М. – Львів: Видавництво "Сполом", 2019. – 252 с.
31. Федоров Ю.Н. Справочник инженера по АСУТП: Проектирование и разработка. Учебно-практическое пособие / Федоров Ю.Н. — М.: Инфра-Инженерия, 2008. — 928 с.
32. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації: Навч. посібник. – К.: Видавництво Ліра-К, 2017. – 344 с.
33. Нестеров А. Л. Проектирование АСУТП. Методическое пособие. Книга 2 / Нестеров А. Л. – СПб: Деан, 2009. – 944с.
34. Плетнев Г.П. Автоматическое управление и защита теплоэнергетических установок электростанций. 3-е изд., перераб. / Плетнев Г.П. — М.: Энергоатомиздат, 1986. — 344 с.
35. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справочное пособие. 2-е изд. перераб. и доп. / Клюев А.С., Глазов Б.В., Дубовский А.Х., Клюев А.А. под. ред. А.С. Клюева — М.: Энергоатомиздат, 1990. — 464 с.



36. Гудвин Г.К. Проектирование систем управления / Гудвин Г.К., С.Ф. Гребе, М.Э. Сальдаго; пер. с англ. — М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2004. - 911 с.
37. Автоматическое управление в химической промышленности. Учеб. Для вузов (Под ред. Дудникова Е. Г., -М., Химия, 1987 г.
38. Гостев В. И., Стеклов В. К., Скляренко С. И. Оптимальные системы управления с цифровыми регуляторами. -К., КИРЦ «Сенс». 1995 г.
39. Новосельцев В.И. и др. Теоретические основы системного анализа. – М.:Майор, 2006. – 592 с.
40. Дьяконов В., Круглов В. MATLAB. Анализ, идентификация и моделирование систем. Специальный справочник - С. Пб.: Питер, 2001. - 448 с.
41. Трегуб В.Г. Автоматизація об'єктів періодичної дії: підручник. – К.: Видавництво Ліра-К, 2017. - 136 с.
42. 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.
43. Ельперін І.В, Пупена О.М., Сідлецький В.М., Швед С.М. Автоматизація виробничих процесів: Підручник. – К.: Видавництво Ліра-К, 2015. - 300 с.
44. Левченко О.І., Сідлецький В.М. Основи автоматизації теплоенергетичних процесів та установок: навч. посіб. - К. : НУХТ, 2014. - 227 с.
45. Семенцов, Г. Н. Автоматизація неперервних технологічних процесів. Регулятори : навч. посіб. / Г. Н. Семенцов. - Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2016. - 201 с.
46. Семенцов Г.Н., Борин В.С. Автоматизація та оптимізація процесів харчової та переробної промисловості: Навчальний посібник. - Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2010. - 197 с.
47. Стенцель Й.І., Поркуян О.В. Автоматизація технологічних процесів хімічних виробництв. Підручник. - Луганськ.: Вид-во Східноукр. нац. ун-ту, 2010. - 302 с.