

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Київський національний університет будівництва і архітектури

**СУЧАСНІ АЛГОРИТМИ СИСТЕМ
АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ**

Методичні вказівки
до виконання практичних робіт
для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти
за спеціальністю 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані
технології та робототехніка»

Київ 2025

УДК 62–5 [075.8]

С89

Укладач С. В. Іносов, канд. техн. наук, доцент

Рецензент Г. М. Голенков, канд. техн. наук, доцент

Відповідальний за випуск А. В. Заприво́да, канд. техн. наук,
доцент, зав. кафедрою АТП

*Затверджено на засіданні кафедри автоматизації
технологічних процесів, протокол № 8 від 18 березня 2025 року.*

В авторській редакції.

Сучасні алгоритми систем автоматичного керування Електронний
С89 ресурс]: методичні вказівки до виконання практичних робіт / уклад.
С.В. Іносов. – Київ : КНУБА, 2025. – 12 с.

Розглянуто вимоги до виконання практичних робіт з курсу
«Сучасні алгоритми систем автоматичного керування».

Призначено для здобувачів другого (магістерського) рівня
вищої освіти спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-
інтегровані технології та робототехніка».

© КНУБА, 2025

ЗМІСТ

Загальні положення.....	4
Робота № 1. Усунення періодичної складової випадкового процесу ковзаючим середнім в “застиглому” часі.....	4
Робота № 2. Порівняння нерекурсивної цифрової фільтрації даних в реальному і в “застиглому” часі.....	5
Робота № 3. Дискретизація моделі теплового об'єкта регулювання.....	6
Робота № 4. Ідентифікація дискретної моделі об'єкта регулювання по його перехідній функції, отриманій експериментально.....	7
Робота № 5. Моделювання теплового об'єкта регулювання в дискретному часі.....	8
Робота № 6. Синтез алгоритму регулювання з мінімальною кількістю тактів регулювання.....	9
Робота № 7. Моделювання теплового об'єкту регулювання в неперервному часі.....	9
Робота № 8. Моделювання системи автоматичного регулювання температури з мінімальною кількістю тактів регулювання в неперервному і дискретному часі.....	10
Список літератури.....	11

Загальні положення

Метою виконання практичних робіт є закріплення набутих під час вивчення дисципліни «Сучасні алгоритми систем автоматичного керування» теоретичних знань.

Завдання виконання практичних робіт полягає в закріпленні основних теоретичних питань, які стосуються головних принципів роботи алгоритмів систем автоматичного керування.

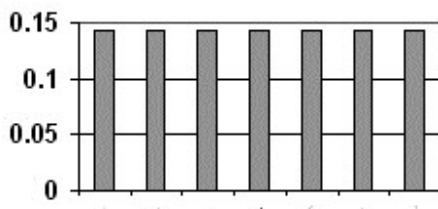
Практичні роботи з курсу «Сучасні алгоритми систем автоматичного керування» виконуються на комп'ютерах в операційному середовищі Windows з використанням електронних таблиць. Вирішуються задачі динамічних розрахунків цифрових систем автоматичного керування, що функціонують в дискретному (квантованому) часі. Результати виконання робіт оформлюються і здаються в електронному форматі.

Практична робота № 1

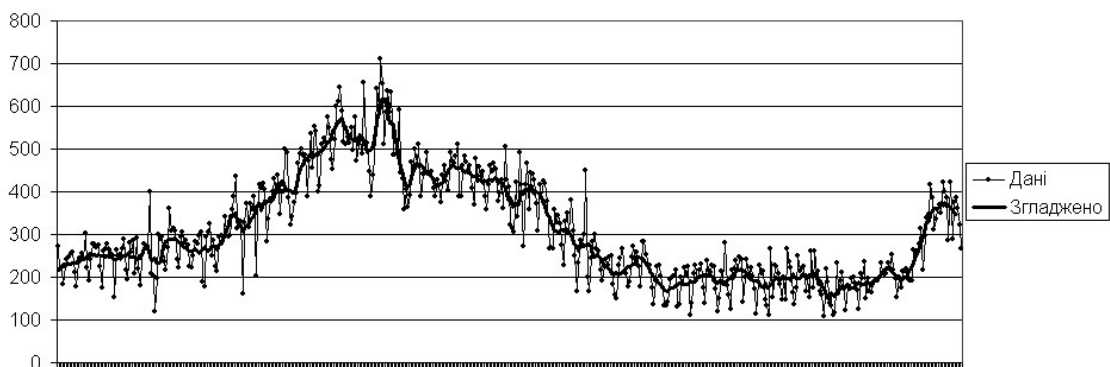
Усунення періодичної складової випадкового процесу ковзаючим середнім в “застиглому” часі (усунення тижневих коливань з графіку споживання електроенергії районної електромережі)

1. Одержати у викладача файл з випадковим процесом, що має коливальну складову (Daily energy consumption).
2. Завантажити ці дані в електронну таблицю у стовпчик А.
3. Побудувати графік процесу.
4. У стовпчик В ввести вагову функцію згладжуючого фільтра з рівномірним згладжуванням на інтервалі 7 днів.
5. Збудувати графік вагової функції фільтра.

Вагова функція згладжуючого фільтра



6. У стовпчику С розрахувати згортку даних (стовпчик А) і вагової функції фільтра (стовпчик В).
7. Збудувати графік результату (згладжені дані в стовпчику С).

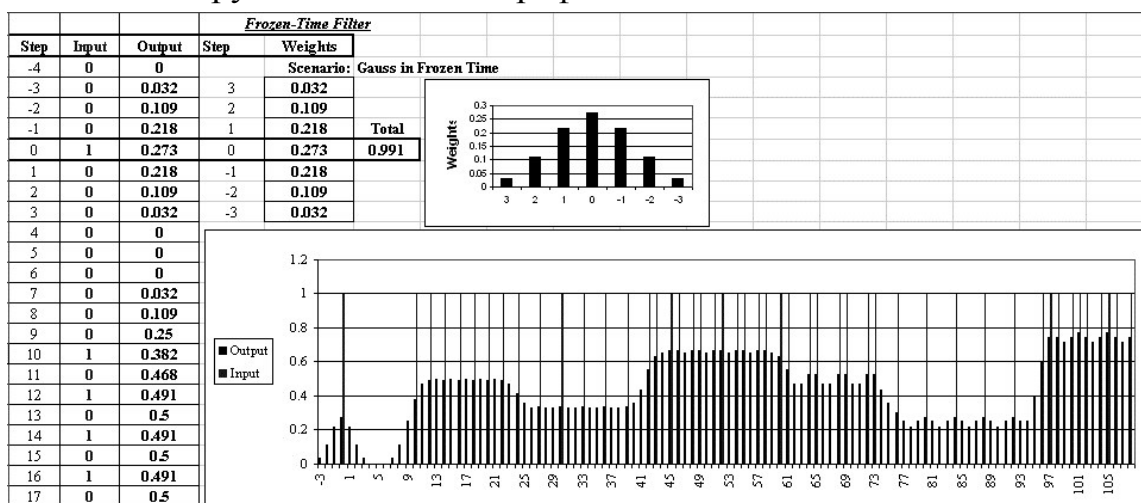


8. Записати результуючий файл для звіту.

Практична робота № 2

Порівняння нерекурсивної цифрової фільтрації даних в реальному і в “застиглому” часі (каузальна та некаузальна фільтрація)

1. Завантажити в електронну таблицю файл під назвою Frozen Time Filter, що містить цифровий нерекурсивний ЛІС фільтр.
2. Одержати у викладача значення вхідного сигналу, що його треба згладити.
3. Ввести ці дані в стовпчик Input.
4. Вибрати коефіцієнти згладжуючого цифрового фільтру за одним із наявних сценаріїв (Exponential, Uniform, Gauss, Triangle) в реальному часі або в застиглому часі (Real, Frozen). Фільтри реального часу відрізняються тим, що вагова функція дорівнює нулю при негативних значеннях часу.
5. Повторювати пункти 4, 5 доки не будуть перебрані усі варіанти.
6. Реєструвати відповідні графіки.



7. Зберегти результуючий файл для звіту.

8. Зробити такі висновки щодо різниці між фільтрами реального часу і застиглого часу:

9. а) Вагова функція перших несиметрична, других симетрична відносно нуля

б) Перші вносять запізнення в результат, другі – ні.

Практична робота № 3

Дискретизація моделі теплового об'єкта регулювання

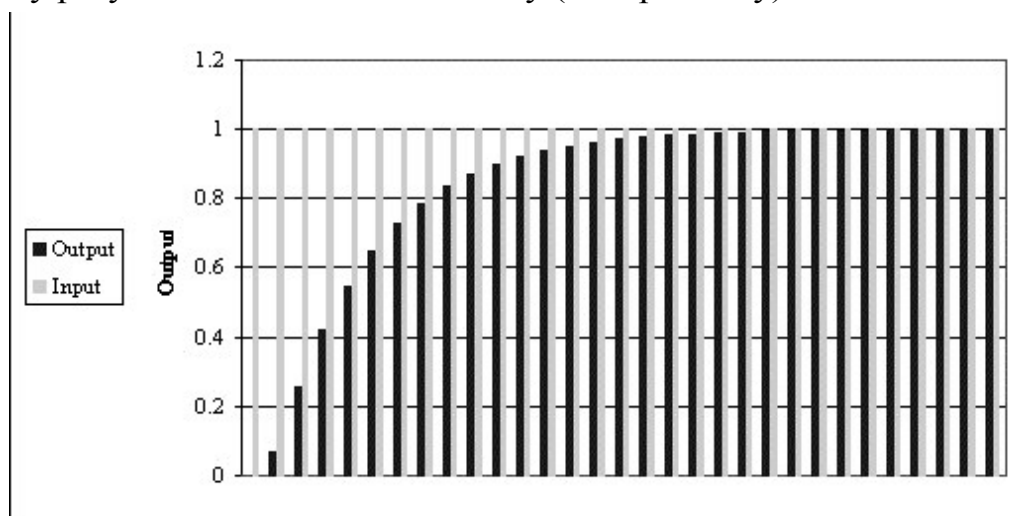
1. Завантажити електронну таблицю Plant descretisation з формулами розрахунку коефіцієнтів дискретної передаточної функції теплового об'єкта регулювання $W(z^{-1})$ для відомої неперервної передаточної функції $W(p)$.

2. Отримати у викладача чисельні значення параметрів теплового об'єкта регулювання K (статичний коефіцієнт передачі), T_1 (перша стала часу), T_2 (друга стала часу), T_3 (запізнення) і період квантування в часі τ . Ввести ці значення в електронну таблицю.

3. Записати результуючі чисельні значення коефіцієнтів чисельника (b_0, b_1, b_2) і знаменника (a_1, a_2) дискретної передаточної функції $(b_0 + b_1z^{-1} + b_2z^{-2}) / (1 + a_1z^{-1} + a_2z^{-2})$ для використання на наступних заняттях для синтезу цифрового регулятора температури з мінімальною кількістю тактів регулювання.

4. Записати розрахункові формули в звичайній математичній нотації.

5. Розрахувати і побудувати графік перехідної функції теплового об'єкта регулювання в квантованому (дискретному) часі.



6. Зберегти результуючий файл для звіту.

Практична робота № 4

Ідентифікація дискретної моделі об'єкта регулювання по його перехідній функції, отриманій експериментально

1. Завантажити електронну таблицю Discreat identification з експериментально отриманою перехідною функцією (реакцією на скачок потужності нагріву) теплового об'єкта регулювання, отриманою періодичною вибіркою температури в ході експерименту.

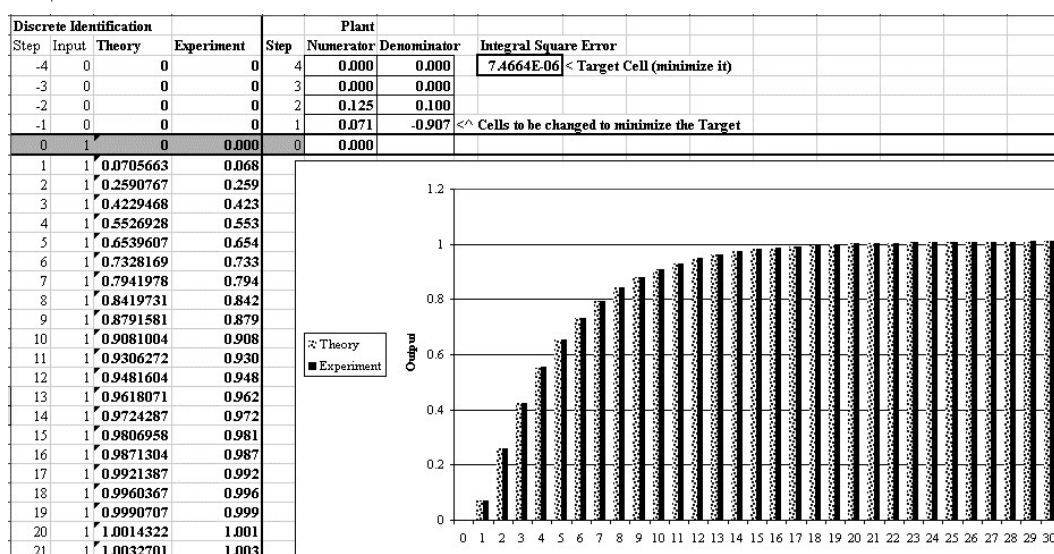
2. Задати довільні чисельні значення коефіцієнтів дискретної моделі об'єкта b_0, b_1, b_2 (коефіцієнти чисельника дискретної передаточної функції) і a_1, a_2 (коефіцієнти знаменника дискретної передаточної функції)

3. Розрахувати теоретичну перехідну функцію об'єкта регулювання для заданої його моделі.

4. Розрахувати середньоквадратичне відхилення теоретичної перехідної функції на моделі від експериментальних даних.

5. Підібрати чисельні значення коефіцієнтів b_0, b_1, b_2, a_1, a_2 з умови мінімізації середньоквадратичного відхилення теоретичної перехідної функції на моделі від експериментальних даних. Рекомендується використати автоматичний оптимізатор «Пошук рішення». Отримані значення записати для використання на наступних заняттях для синтезу цифрового регулятора температури з мінімальною кількістю тактів регулювання

6. Побудувати графіки теоретичної і експериментальної перехідних функцій.



7. Результуючий файл зберегти для звіту.

Практична робота № 5

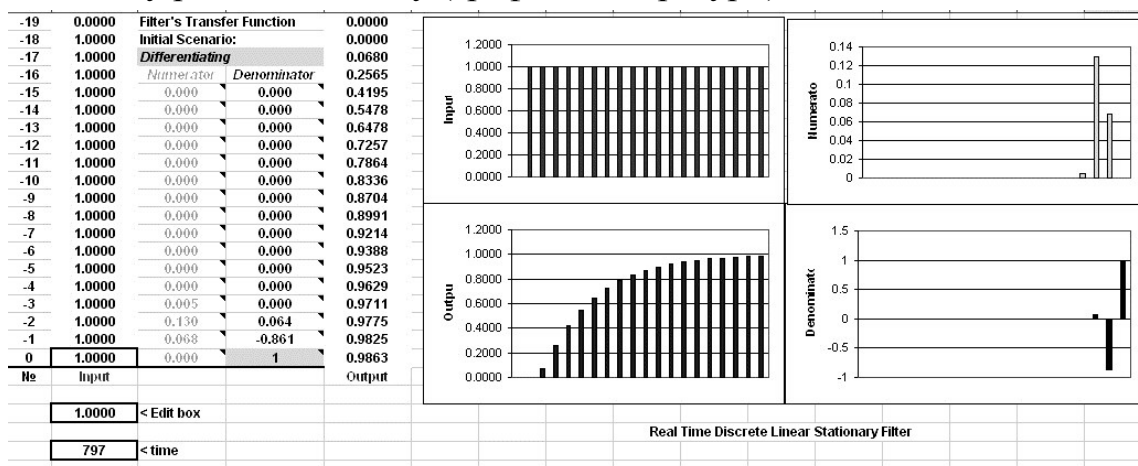
Моделювання теплового об'єкта регулювання в дискретному (квантованому) часі

1. Завантажити в електронну таблицю під назвою Real Time Filter, що реалізує дискретну передаточну функцію до 15-го порядку у загальному вигляді. В залежності від заданих чисельних значень коефіцієнтів вона може реалізувати будь-який лінійний стаціонарний цифровий фільтр, об'єкт чи систему регулювання в реальному квантованому часі. Опція Рекурсивні обчислення повинна бути включена. Це потрібно для нормальної роботи в реальному часі.

2. Ввести чисельні значення коефіцієнтів дискретної моделі об'єкта b_0, b_1, b_2 (коефіцієнти чисельника дискретної передаточної функції) і a_1, a_2 (коефіцієнти знаменника дискретної передаточної функції), отримані в попередніх роботах 4 або 5, в стовпчики C і D відповідно.

3. В комірку Edit box в реальному часі вводити потік чисел 0, 0, 0, 0, ... 0, 1, 1, 1, 1,, що відповідає одиничному скачку потужності нагріву. На графіку побачите перехідну функцію об'єкта.

4. В комірку Edit box в реальному часі вводити довільний потік чисел, що відповідають зміні потужності нагріву. На графіку побачите відповідну реакцію об'єкта (графік температури).



5. Результуючий файл зберегти для звіту

Практична робота № 6

Синтез алгоритму регулювання з мінімальною кількістю тактів регулювання

1. Завантажити електронну таблицю Синтез регулятора з формулами розрахунку коефіцієнтів дискретної передаточної функції $(c_0 + c_1z^{-1} + c_2z^{-2}) / (1 + d_1z^{-1} + d_2z^{-2} + d_3z^{-3})$ регулятора теплового об'єкту регулювання для відомої дискретної передаточної функції об'єкта $(b_0 + b_1z^{-1} + b_2z^{-2}) / (1 + a_1z^{-1} + a_2z^{-2})$

2. Ввести чисельні значення коефіцієнтів дискретної моделі об'єкта b_0, b_1, b_2 (коефіцієнти чисельника дискретної передаточної функції об'єкта) і a_1, a_2 (коефіцієнти знаменника дискретної передаточної функції об'єкта).

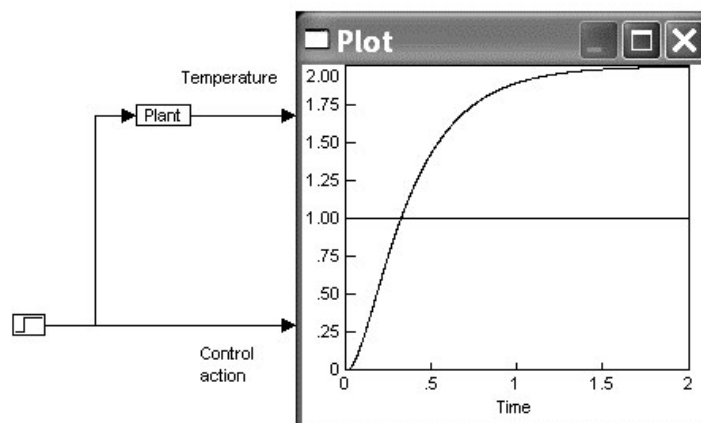
3. Записати результуючі чисельні значення коефіцієнтів чисельника (c_0, c_1, c_2) і знаменника (d_0, d_1, d_2) дискретної передаточної функції регулятора для використання на наступних заняттях для моделювання системи цифрового регулювання температури з мінімальною кількістю тактів регулювання.

4. Зберегти результуючий файл для звіту.

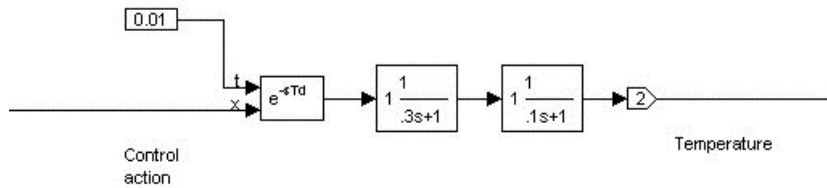
Практична робота № 7

Моделювання теплового об'єкта регулювання в неперервному часі

1. Створити модель теплового об'єкта регулювання в програмному середовищі Visual Simulation або Open Modelica, представлену на рисунку, що включає модель об'єкта Plant, осцилограф Plot, що реєструє температуру Temperature і потужність нагріву Control action, за датчик одиничного скачка потужності нагріву.



2. Внутрішня структура моделі об'єкта повинна включати блок запізнення, два аперіодичних блоки і підсилувальний блок (див. рис.)



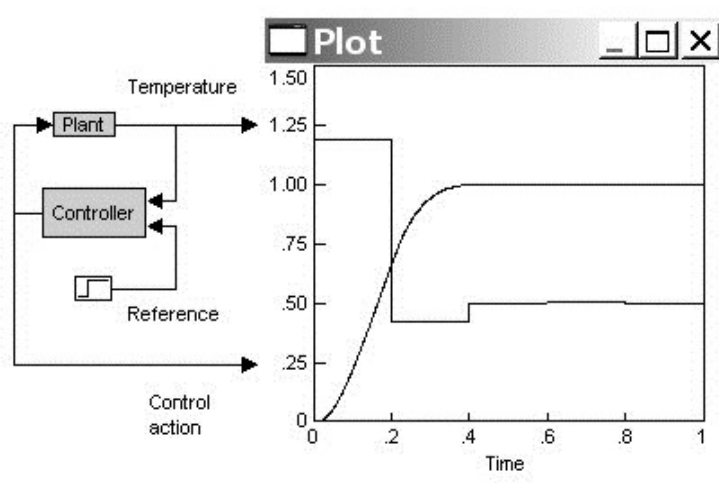
3. Чисельні значення параметрів теплового об'єкту регулювання K (статичний коефіцієнт передачі), T_1 (перша стала часу), T_2 (друга стала часу), T_3 (запізнення) і період квантування в часі τ взяти з роботи «Дискретизація моделі теплового об'єкту регулювання»

4. Зареєструвати перехідний процес і зберегти файл для звіту

Практична робота № 8

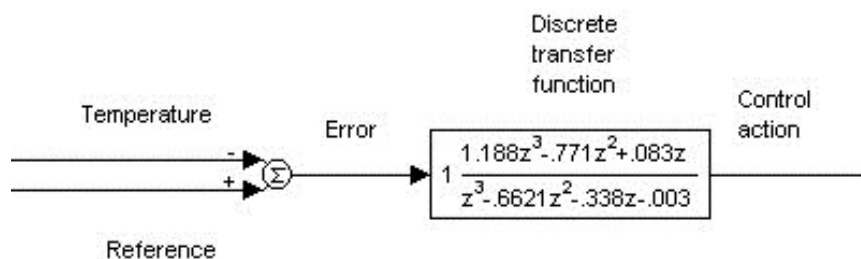
Моделювання системи автоматичного регулювання температури з мінімальною кількістю тактів регулювання в неперервному і дискретному часі

1. Створити модель системи автоматичного регулювання температури за відхиленням в програмному середовищі Visual Simulation або Open Modelica, представлену на рисунку, що включає модель об'єкта Plant, модель регулятора Controller, за датчик одиничного скачка Reference і осцилограф Plot, що реєструє температуру Temperature і потужність нагріву Control action.



2. Модель об'єкта взяти з попередньої роботи.

3. Внутрішня структура моделі регулятора повинна включати блок обчислення розугодження Error і дискретну передаточну функцію Discrete transfer function (див. рис.).



4. Чисельні значення коефіцієнтів чисельника (b_0, b_1, b_2, b_3) і знаменника (a_1, a_2, a_3) дискретної передаточної функції взяти з роботи «Дискретизація моделі теплового об'єкту регулювання».

5. Зареєструвати перехідний процес і зберегти файл для звіту

6. Зробити висновок про тривалість перехідного процесу в тактах роботи регулятора.

7. Остання підсумкова робота оформлюється і здається в якості розрахунково-графічної роботи в електронному вигляді.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Ладанюк А.П.* Методи сучасної теорії управління: підручник / А.П. Ладанюк, Н.М. Луцька, В.Д. Кишенько, Л.О. Власенко, В.В. Іващук. – Київ : Ліра, 2018. – 214 с.
2. *Попович М.Г.* Теорія автоматичного керування: підручник / М.Г. Попович, О.В. Ковальчук. – Київ : Либідь, 1997. – 649 с.
3. *Ладанюк А.П.* Теорія автоматичного керування: конспект лекцій (частина I) / А.П. Ладанюк, К.С. Архангельська. – Київ, НУХТ, 2007. – 102 с.
4. *Ладанюк А.П.* Теорія автоматичного керування: Конспект лекцій (частина II) / А.П. Ладанюк, К.С. Архангельська. – Київ: НУХТ, 2007. – 169 с.
5. *Худолей Г. М.* Теорія автоматичного управління: конспект лекцій / Г. М. Худолей. – Суми: Сумський державний університет, 2012. – 87 с.
6. *Абраменко І.Г.* Теорія автоматичного управління: конспект лекцій. / І.Г. Абраменко, Д.І. Абраменко. – Харків, ХНАМБ, 2008. – 178 с.

Навчально-методичне видання

**СУЧАСНІ АЛГОРИТМИ СИСТЕМ
АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ**

Методичні вказівки
до виконання практичних робіт
для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти
за спеціальністю 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані
технології та робототехніка»

Укладач **ІНОСОВ** Сергій Вікторович

Комп'ютерне верстання *А.П. Селівестрової*

Ум. друк. арк. 0,70. Обл.-вид. арк. 0,75
Електронний документ. Вид № 73/V-25

Виконавець і виготовлювач

Київський національний університет будівництва і архітектури
Проспект Повітряних Сил, 31, Київ, Україна, 03680

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів
видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002 р.