



Прийнято 29.10.2025. Прорецензовано 19.12.2025. Опубліковано 29.12.2025.

УДК 681.5 + 303.094.7

DOI: 10.31471/1993-9981-2025-2(55)-160-168

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ПІД- ТА МРС-РЕГУЛЯТОРІВ НА ОСНОВІ ЕТАЛОННОЇ МОДЕЛІ В УМОВАХ ЧАСТКОВОЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

Складанний Д. М. *

кандидат технічних наук, доцент

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

03056, Берестейський проспект, 37, м. Київ, Україна

<https://orcid.org/0000-0003-3624-5336>

e-mail: skladannyi.denys@iill.kpi.ua

Цапар В. С.

кандидат технічних наук, доцент

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

03056, Берестейський проспект, 37, м. Київ, Україна

<https://orcid.org/0000-0002-8347-7941>

e-mail: v.tsapar@kpi.ua

Плашихін С. В.

кандидат технічних наук, доцент

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

03056, Берестейський проспект, 37, м. Київ, Україна

<https://orcid.org/0000-0003-0039-3302>

e-mail: psv-ihf@iill.kpi.ua

Онищенко Д. С.

аспірант

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

03056, Берестейський проспект, 37, м. Київ, Україна

<https://orcid.org/0009-0008-4276-4443>

e-mail: ods-ihf@edu.kpi.ua

Запропоноване посилання: Складанний, Д. М., Цапар, В. С., Плашихін, С. В. & Онищенко, Д. С. (2025). Дослідження роботи ПІД- та МРС-регуляторів на основі еталонної моделі в умовах часткової невизначеності. *Методи та прилади контролю якості*, 2(55), 160-168. doi: 10.31471/1993-9981-2025-2(55)-160-168

* Відповідальний автор



Copyright © The Author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Анотація. Об'єктом дослідження в роботі є одноконтурна система автоматизованого керування, побудована на основі еталонної моделі. Метою даної роботи є порівняльний аналіз ефективності ПІД- та МРС-регуляторів, синтезованих на основі еталонної моделі, в умовах часткової параметричної невизначеності об'єкта керування. Наведено огляд ряду існуючих вітчизняних та закордонних досліджень у сфері використання ПІД та МРС-регуляторів для аналізу та порівняння. Поставлено та реалізовано імітаційний експеримент для системи керування з двома джерелами невизначеності – вхідної величини та параметричної невизначеності. Експеримент реалізовано програмними засобами MATLAB Simulink на основі еталонної моделі другого порядку з одиничними коефіцієнтами, яка описує аперіодичний процес із загасанням. Розмах варіювання накладених відхилень складає 10% та 20%, тривалість експерименту – 50 часових відрізків. Першим етапом аналізу є графічна побудова результатів імітаційного експерименту. Результати показують, що системи з ПІД-регулятором загалом демонструють вищу стабільність в умовах часткової невизначеності, ніж МРС-регулятор. Не нашу думку, це пояснюється особливістю алгоритму роботи МРС-регулятора, зокрема лінеаризацією моделі на горизонті прогнозування. На другому етапі аналізу проведено обчислення, які показали, що система з ПІД-регулятором у середньому в умовах часткової невизначеності демонструє нижче значення вихідної величини порівняно з еталонним на 0,3 ... 1,5%. Водночас система з МРС-регулятором, в умовах часткової невизначеності, в середньому показує на 1,3 ... 2,6% нижче значення вихідної величини у порівнянні з еталонним. Таким чином, за однакового оцінюваного рівня невизначеностей, відхилення вхідних і керуючих параметрів більше погіршує якість процесу регулювання, ніж параметрична невизначеність об'єкта керування. У цьому ж імітаційному експерименті МРС-регулятор показав гіршу стійкість до умов невизначеності, ніж ПІД-регулятор. В умовах часткової невизначеності ПІД-регулятор в середньому показав недорегулювання щодо завдання, а МРС-регулятор – перерегулювання.

Ключові слова: параметрична невизначеність, ПІД-регулятор, модельно-прогностичний регулятор, імітаційний експеримент, MATLAB Simulink.

Вступ

Сучасні системи автоматичного керування часто функціонують в умовах невизначеності, що зумовлена неточністю математичних моделей об'єктів керування, варіацією параметрів технологічних процесів, а також впливом зовнішніх збурень та шумів. Однак, переважна більшість систем використовує традиційні регулятори, обмежені у можливості врахування такої невизначеності.

ПІД-регулятори, завдяки простоті реалізації та надійності, залишаються найпоширенішим рішенням у промисловості, забезпечуючи прийнятну якість керування для широкого класу об'єктів. Водночас їхня ефективність суттєво знижується за значних параметричних збурень та інших відхилень в об'єкті керування. Алгоритми модельно-прогностувального керування (Model Predictive Control, MPC) демонструють здатність враховувати обмеження на керуючі впливи та змінні стану, забезпечуючи оптимальність керування на прогнозованому горизонті. Проте їхнє функціонування у зазначених вище умовах також потребує більш детального аналізу.

Еталонна модель визначає бажану динаміку системи, що дозволяє формалізувати

критерії якості та забезпечити систематичний підхід до порівняльного аналізу різних структур регуляторів. Інтерес становить дослідження ПІД- та МРС-регуляторів в умовах варіації параметрів об'єкта керування відносно номінальних значень, оскільки це безпосередньо впливає на практичну придатність алгоритмів керування.

Метою роботи є порівняльний аналіз ефективності ПІД- та МРС-регуляторів, синтезованих на основі еталонної моделі, в умовах часткової параметричної невизначеності об'єкта керування.

Аналіз сучасних закордонних і вітчизняних досліджень та публікацій

Як у вітчизняній, так і у закордонній науковій періодиці останнім часом зростає кількість публікацій, у яких дослідники застосовують для керування об'єктом модельно-прогностичний регулятор (МРС) [1–5]. При цьому ряд робіт, у тому числі виконаних за участю авторів [5, 6], присвячено порівнянню функціонування системи керування. Так, робота [5] присвячена систематичному огляду та порівняльному аналізу структурно-алгоритмічних особливостей контурів регулювання, зокрема,

розглянуто класичні ПІД-регулятори у порівнянні з МРС. Встановлено, що класичні одновимірні системи керування демонструють недостатню робастність та чутливість до нелінійностей, характерних для нафтопереробних процесів. Показано, що впровадження МРС-систем є більш перспективним напрямом, оскільки вони дозволяють здійснювати оптимізацію в реальному часі з урахуванням обмежень та варіативності процесів.

Робота [6] присвячена дослідженню та порівнянню різних алгоритмів керування для підвищення ефективності процесу розпилювального сушіння. Авторами порівнюється ефективність використання в такій системі нечіткого регулятора та регулятора на основі прогнозуючої моделі (МРС) в цій системі та демонструють, що МРС-регулятор не завжди є найкращим вибором.

Робота [7] присвячена порівняльному аналізу ефективності ПІД-регулятора та модельно-прогностичного регулятора (МРС) для застосування у системах керування чотириколісним транспортним засобом, зокрема, для задач відстеження траєкторії. Автори порівнюють два вказані алгоритми керування рухом транспортного засобу, мета яких – забезпечити точне слідування заданій траєкторії, що є ключовою задачею в розробці автономних транспортних засобів. Результати демонструють, що для завдань керування автономним автомобілем МРС є більш надійним та точним рішенням, порівняно з традиційним ПІД-регулятором, особливо завдяки його здатності працювати з обмеженнями системи.

Дослідження [8] присвячене оцінці ефективності різних алгоритмів автоматичного керування дозуванням медичних препаратів під час критичної фази загальної анестезії. У цій складній та відповідальній системі порівнюється ефективність керування за допомогою ПІД- та МРС-регуляторів. Автори доходять висновку про відсутність переваг МРС-регулятора над ПІД-регулятором для розв'язання цієї задачі та пропонують вдосконалений адаптивний МРС-регулятор з оцінкою параметрів, який демонструє кращу ефективність

порівняно зі стандартним ПІД-регулятором. На нашу думку, причиною вказаної відсутності переваг є висока невизначеність організму пацієнта як об'єкта керування у цій задачі.

Аналізуючи зазначені літературні джерела, можна зробити висновок, що порівнянню традиційного ПІД- та МРС-регуляторів у детермінованих умовах присвячено значну кількість робіт. Проте дослідження, присвячені їхньому функціонуванню в умовах часткової невизначеності, зустрічаються значно рідше, і цей аспект потребує більш детального вивчення.

Слід також відзначити наявність ряду робіт, у яких пропонуються рідні підходи для налаштування ПІД-регулятора, який працюватиме в умовах часткової невизначеності. Наприклад, робота [9] присвячена розв'язання проблеми використання класичних ПІД-регуляторів – неоптимальності їхнього налаштування для систем зі змінними параметрами. Автор пропонує дослідити алгоритм автоматичного адаптивного налаштування коефіцієнтів ПІД-регулятора на основі нечіткої логіки. Запропонований алгоритм нечітко налаштованого ПІД-регулятора забезпечує вищу якість регулювання порівняно зі статично налаштованим ПІД-регулятором, а також підвищену стійкість та робастність системи до зміни параметрів об'єкта та зовнішніх збурень.

Методика імітаційного експерименту

Імітаційний експеримент проводився на еталонній моделі об'єкта керування. Такий підхід широко застосовується під час дослідження роботи регуляторів і використаний, наприклад, у [10].

В експерименті досліджувалася система, яка складається з об'єкта керування та відповідних регуляторів – ПІД та МРС. Імітаційний експеримент проводився у середовищі MATLAB Simulink. Особливістю розроблених моделей є використання блоку варіабельної передавальної функції, що дає можливість реалізувати модель за умов параметричної невизначеності. До початку імітаційного експерименту кожен регулятор одержував оптимальні налаштування в

детермінованих умовах засобами самого середовища [11].

У якості моделі об'єкта керування авторами розглянуто модель у вигляді передатної функції ланки другого порядку без запізнення вигляду [12]:

$$W(s) = \frac{k}{s^2 + 2\xi \cdot T \cdot s + T^2}, \quad (1)$$

де k – коефіцієнт підсилення, T – постійна часу, ξ – коефіцієнт демпфування.

Під час проведення серії імітаційних експериментів коефіцієнт $\xi = 1,5$. Це означає, що модель описує аперіодичний процес із загасанням. Постійна часу прийнята рівною одиниці.

Коефіцієнт підсилення (k) використано для внесення параметричної невизначеності у модель об'єкта керування. При визначенні налаштувань регулятора він дорівнював одиниці. У процесі ж самого імітаційного експерименту на нього накладалося рівномірно розподілене відхилення $\pm 10\%$ та $\pm 20\%$ від середнього значення.

Додатково до параметричної невизначеності на модель системи керування подавалася рівномірно розподілена похибка (ϵ), яка імітувала відхилення вхідних та керуючих змінних системи. Розмах такої похибки складав $\pm 10\%$ та $\pm 20\%$ від середнього значення. Структурні схеми моделей MATLAB Simulink для проведення імітаційних експериментів наведено на рисунках 1 і 2.

Таким чином, для кожної з систем регулювання передбачається проведення чотирьох імітаційних експериментів, яких будуть залучені усі комбінації накладеної похибки та параметричної невизначеності. Тривалість кожного імітаційного експерименту – 50 часових одиниць з кроком розрахунку 0,1. Тобто проводилося по 500 обчислень поведінки системи керування.

Аналіз результатів імітаційного експерименту та їх обговорення.

Першим етапом аналізу було виконання графічної побудови результатів імітаційного експерименту.

Результати подані на рисунках 3 – 6:

- рисунок 3 відповідає умовам:
 $k = [0,9 \dots 1,1]$; $\epsilon = [0,9 \dots 1,1]$,
- рисунок 4 – умовам
 $k = [0,9 \dots 1,1]$; $\epsilon = [0,8 \dots 1,2]$,
- рисунок 5 – умовам
 $k = [0,8 \dots 1,2]$; $\epsilon = [0,9 \dots 1,1]$,
- рисунок 6 – умовам
 $k = [0,8 \dots 1,2]$; $\epsilon = [0,8 \dots 1,2]$.

Для більш якісного порівняння ту частину, яка відповідає виходу регулятора на режим, на рисунках не відображено.

Результати імітаційного експерименту показують, що системи з ПД-регулятором загалом демонструють вищу стабільність в умовах часткової невизначеності, ніж МРС-регулятор. На нашу думку, це пояснюється особливостями алгоритму роботи МРС-регулятора, зокрема лінеаризацією моделі на горизонті прогнозування. Якщо така лінеаризація потрапляє на ділянку зростання або спадання, регулятор починає сильніше відхиляти систему від заданого значення. Проте, ця обставина, на нашу думку, потребує окремого дослідження, яке виходить за межі цієї публікації.

Іншим результатом імітаційного моделювання є встановлення факту, що варіативність вхідної змінної системи викликає більше відхилення вихідних величин, ніж варіативність параметра моделі. Ця обставина узгоджується в цілому з теоретичними положеннями про роботу регуляторів одноконтурних систем керування, оскільки в імітаційному моделюванні, фактично, змінюється завдання для регулятора без зміни його налаштувань, що і має призводити до відхилень.

На другому етапі аналізу за результатами імітаційного моделювання проведено наступні обчислення:

- максимальне значення вихідної змінної об'єкту керування – y^+ ;
- максимальне значення вихідної змінної об'єкту керування – y^- ;
- середнє розрахункове значення вихідної змінної об'єкту керування – y_c ;
- максимальне відхилення вихідної змінної об'єкту керування від номінального значення (одиниці), % – Δ ;
- середнє квадратичне відхилення вихідної змінної об'єкту керування відносно номінального значення, % – σ .

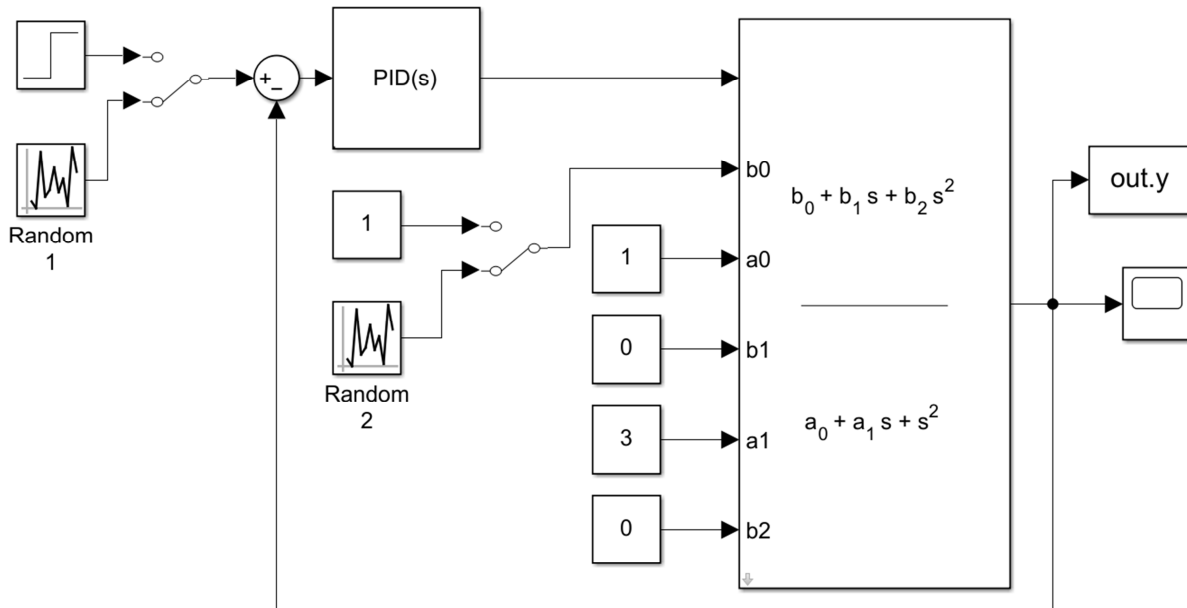


Рисунок 1 – Структурні схеми моделі з ПІД-регулятором у MATLAB Simulink

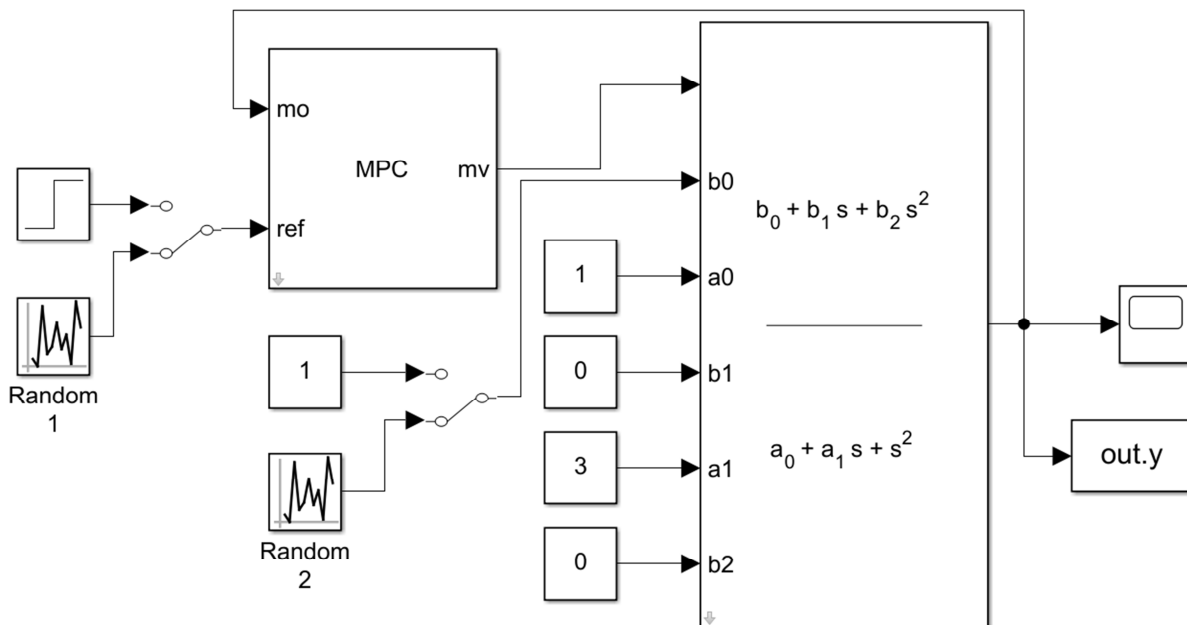


Рисунок 2 – Структурні схеми моделі з MPC-регулятором у MATLAB Simulink

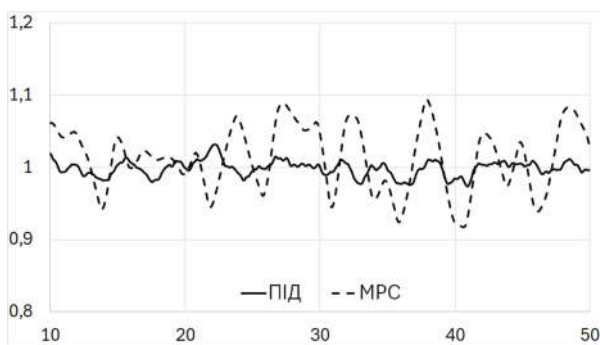


Рисунок 3 – Результати імітаційного моделювання $k = [0,9 \dots 1,1]$; $\varepsilon = [0,9 \dots 1,1]$

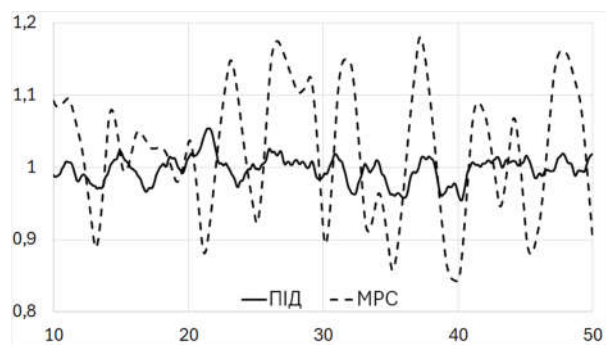


Рисунок 4 – Результати імітаційного моделювання $k = [0,9 \dots 1,1]$; $\varepsilon = [0,8 \dots 1,2]$

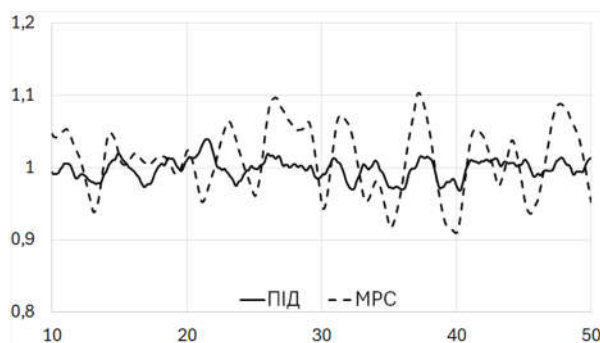


Рисунок 5 – Результати імітаційного моделювання $k = [0,8 \dots 1,2]$; $\varepsilon = [0,9 \dots 1,1]$

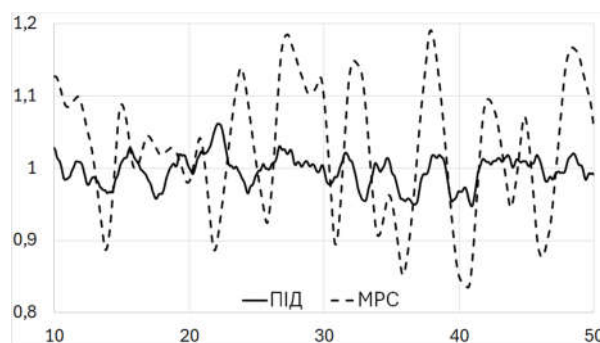


Рисунок 6 – Результати імітаційного моделювання $k = [0,8 \dots 1,2]$; $\varepsilon = [0,8 \dots 1,2]$

Таблиця 1 – Показники системи керування з ПІД-регулятором

k	$1 \pm 0,1$	$1 \pm 0,1$	$1 \pm 0,2$	$1 \pm 0,2$
ε	$1 \pm 0,1$	$1 \pm 0,2$	$1 \pm 0,1$	$1 \pm 0,2$
y^+	1,031	1,054	1,039	1,061
y^-	0,974	0,954	0,969	0,948
y_c	0,9997	0,9985	0,9998	0,9985
$\Delta, \%$	3,13	5,36	3,95	6,11
$\sigma, \%$	1,13	1,82	1,43	2,13

Таблиця 2 – Показники системи керування з МРС-регулятором

k	$1 \pm 0,1$	$1 \pm 0,1$	$1 \pm 0,2$	$1 \pm 0,2$
ε	$1 \pm 0,1$	$1 \pm 0,2$	$1 \pm 0,1$	$1 \pm 0,2$
y^+	1,094	1,181	1,104	1,191
y^-	0,918	0,843	0,910	0,835
y_c	1,013	1,026	1,014	1,026
$\Delta, \%$	9,43	18,06	10,38	19,14
$\sigma, \%$	4,38	8,62	4,57	8,81

Результати обчислень показників функціонування системи керування в умовах невизначеності для систем з ПІД-регулятором подано у табл. 1, а для системи з МРС-регулятором – у табл. 2.

Ці обчислення підтверджують сформульовані вище тези щодо вищої стабільності системи з ПІД-регулятором в умовах часткової невизначеності та сильнішого впливу варіативності вхідної змінної у порівнянні з параметричною варіативністю еталонної моделі. Окремою обставиною, яка, на нашу думку, також потребує подальшого дослідження, є те, що система з ПІД-регулятором, в умовах часткової невизначеності показує у середньому нижче значення вихідної величини у порівнянні з еталонним на 0,3 ... 1,5%. Водночас система з МРС-регулятором в умовах часткової невизначеності показує у середньому нижче значення вихідної величини порівняно з еталонним на 1,3 ... 2,6%.

Висновки

1. За однакового рівня оціночної невизначеності відхилення вхідних та керуючих параметрів значно погіршує якість процесу регулювання як у випадку з ПІД-,

так і МРС-регуляторів, ніж параметрична невизначеність об'єкта керування.

2. Оптимально налаштований у детермінованих умовах МРС-регулятор показав в імітаційному моделюванні гіршу стійкість до невизначеності, ніж ПІД-регулятор, як за показником максимального відхилення від завдання, так і за дисперсією вихідної величини.

3. В умовах часткової невизначеності у ході усіх експериментів ПІД-регулятор в середньому демонстрував недорегулювання щодо завдання, хоча й незначне. За таких саме умов МРС-регулятор демонструє більше перерегулювання. На нашу думку, цей факт потребує подальшого дослідження.

4. Також подальшого дослідження потребує вивчення поведінки зазначених регуляторів у експериментах для об'єктів із запізненням.

Подяки

Відсутні.

Конфлікт інтересів

Відсутній.

Список використаних джерел

1. Жученко О. А., Коротинський А. П., Абрамова А. О., Чепов Д. М. Розробка системи керування випарним апаратом у процесі виробництва оцтової кислоти на базі МРС-регулятора. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. 2023. №1(9). С. 19–26. doi: [10.20998/2079-0023.2023.01.03](https://doi.org/10.20998/2079-0023.2023.01.03)
2. Kovaliuk, O., Kovaliuk, D. Development of Technological Process Control System Based on Industry 4.0. *2021 IEEE 3rd International Conference on Advanced Trends in Information Theory (ATIT)*. 2021. P. 241–244. doi: [10.1109/ATIT54053.2021.9678884](https://doi.org/10.1109/ATIT54053.2021.9678884)
3. Shabde, V. S., Hoo, K. A. Optimum controller design for a spray drying process. *Control Engineering Practice*, 2008. Vol. 16 №5. P. 541–552. doi: [10.1016/j.conengprac.2007.06.004](https://doi.org/10.1016/j.conengprac.2007.06.004)
4. Zeyu Yang, Liang Hong. Intelligent Vehicle Path Tracking Control Based on Model Predictive Control. *Journal of Research in Science and Engineering (JRSE)*. 2025. Vol.7(3). P. 34–41. doi: [10.53469/jrse.2024.07\(03\).8](https://doi.org/10.53469/jrse.2024.07(03).8)
5. Кубах С. О., Цапар В. С. Аналіз існуючих систем керування технологічним режимом процесу нафтопереробки. *Вісник НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського»*. Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. 2024. Вип. 3. С. 57–73. doi: [10.20535/2617-9741.3.2024.312421](https://doi.org/10.20535/2617-9741.3.2024.312421)
6. Ситніков О. В., Складанний Д. М., Плашихін С. В., Соколов К. І. Порівняння ефективності сучасних регуляторів у системі керування розпилювальною сушаркою. *Вісник НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського»*. Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. 2024. №1. С. 35–41. doi: [10.20535/2617-9741.1.2024.300982](https://doi.org/10.20535/2617-9741.1.2024.300982)
7. Purohit A. Shet R.M., Iyer N.C., Nissimgoudar P.C. Comparative Study of PID and MPC Controller on Four Wheel Vehicle. In: Abraham A., Bajaj A., Hanne T., Siarry P., Ma K. (eds) *Intelligent Systems Design and Applications. ISDA 2023. Lecture Notes in Networks and Systems*, Vol. 1051. Springer, Cham. doi: [10.1007/978-3-031-64850-2_35](https://doi.org/10.1007/978-3-031-64850-2_35)
8. Aubouin–Pairault B., Fiacchini M., Dang Thao. PID and Model Predictive Control Approach for Drug Dosage in Anesthesia During Induction: a Comparative Study. *IFAC-PapersOnLine*. 2024. Vol. 58 (7). P. 210–215. doi: [10.1016/j.ifacol.2024.08.036](https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2024.08.036)
9. Гарасимів В. М. Алгоритм налаштування коефіцієнтів ПІД-регулятора із використанням методів нечіткої логіки. *Методи та прилади контролю якості*. 2020. №2(45). С. 102–108. doi: [10.31471/1993-9981-2020-2\(45\)-102-108](https://doi.org/10.31471/1993-9981-2020-2(45)-102-108)
10. Єфіменко Л. І., Тиханський М. П., Тиханська А. М. Адаптивна система керування з еталонною моделлю котлоагрегату. *Вісник Криворізького національного університету*, 2023. вип. №21(1), С. 158–162. doi: [10.31721/2306-5451-2023-1-56-158-162](https://doi.org/10.31721/2306-5451-2023-1-56-158-162)
11. Коржик М. В. Моделювання об'єктів та систем керування засобами MatLab: Київ: НТУУ «КПІ». 2016. 174 с.
12. Штіфзон О. Й., Новіков П. В., Бунь В. П. Теорія автоматичного управління. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського. 2020. 144 с.

References

1. Zhuchenko, O., Korotynskyi, A., Abramova, A., Chepov, D. Development of the evaporator control system in the acetic acid production process based on the mpc-regulator. *Bulletin of National Technical University "KhPI". Series: System Analysis, Control and Information Technologies*. 2023. №1(9). P. 19–26. doi: [10.20998/2079-0023.2023.01.03](https://doi.org/10.20998/2079-0023.2023.01.03) [in Ukrainian]
2. Kovaliuk, O., Kovaliuk, D. Development of Technological Process Control System Based on Industry 4.0. *2021 IEEE 3rd International Conference on Advanced Trends in Information Theory (ATIT)*. 2021. P. 241–244. doi: [10.1109/ATIT54053.2021.9678884](https://doi.org/10.1109/ATIT54053.2021.9678884)
3. Shabde, V. S., Hoo, K. A. Optimum controller design for a spray drying process. *Control Engineering Practice*, 2008. Vol. 16 №5, P. 541–552. DOI: [10.1016/j.conengprac.2007.06.004](https://doi.org/10.1016/j.conengprac.2007.06.004)
4. Zeyu Yang, Liang Hong. Intelligent Vehicle Path Tracking Control Based on Model Predictive Control. *Journal of Research in Science and Engineering (JRSE)*. 2025. Vol.7(3). P. 34–41. doi: [10.53469/jrse.2024.07\(03\).8](https://doi.org/10.53469/jrse.2024.07(03).8)
5. Kubakh, S., Tsapar, V. Analysis of existing control systems for the technological regime of the oil refining process. *Bulletin of NTUU «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Series «Chemical Engineering, Ecology and Resource Saving»*. 2024. Vol. 3. P. 57–73. doi: [10.20535/2617-9741.3.2024.312421](https://doi.org/10.20535/2617-9741.3.2024.312421) [in Ukrainian]
6. Sytnikov O., Skladanny D., Plashykhin S., Sokolov K. Comparison the modern controllers' efficiency for the spray dryer's control system. *Bulletin of NTUU «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Series «Chemical Engineering, Ecology and Resource Saving»*. 2024. №1. P. 35–41 doi: [10.20535/2617-9741.1.2024.300982](https://doi.org/10.20535/2617-9741.1.2024.300982) [in Ukrainian]
7. Purohit, A., Shet, R.M., Iyer, N.C., Nissimgoudar, P.C. Comparative Study of PID and MPC Controller on Four Wheel Vehicle. In: Abraham A., Bajaj A., Hanne T., Siarry P., Ma K. (eds) *Intelligent Systems Design and Applications. ISDA 2023. Lecture Notes in Networks and Systems*. Vol 1051. Springer, Cham. doi: [10.1007/978-3-031-64850-2_35](https://doi.org/10.1007/978-3-031-64850-2_35)
8. Aubouin-Pairault, B., Fiacchini, M., Dang Thao. PID and Model Predictive Control Approach for Drug Dosage in Anesthesia During Induction: a Comparative Study. *IFAC-PapersOnLine*. 2024. Vol. 58 (7). P. 210–215. doi: [10.1016/j.ifacol.2024.08.036](https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2024.08.036)
9. Garasumiv V. M. Algorithm of adjustment of sub-regulator coefficients with fuzzy logic methods using. *Methods and devices of quality control*. 2020. №2(45). P. 102–108. doi: [10.31471/1993-9981-2020-2\(45\)-102-108](https://doi.org/10.31471/1993-9981-2020-2(45)-102-108) [in Ukrainian]
10. Yefimenko, L., Tykhanskyi, M., Tykhanska, A. Adaptive control system with reference model of the boiler unit. *Journal of Kryvyi Rih National University*. 2023. №21(1). P. 158–162. doi: [10.31721/2306-5451-2023-1-56-158-162](https://doi.org/10.31721/2306-5451-2023-1-56-158-162) [in Ukrainian]
11. Shtifzon, O. Y., Novikov, P. V., Bun, V. P. *Teoriia avtomatychnoho upravlinnia*. Kyiv: KPI im. Ihoria Sikorskoho. 2020. 144 p. [in Ukrainian]
12. Korzhyk, M. V. *Modeliuvannia obektiv ta system keruvannia zasobamy MatLab*: Kyiv: NTUU “KPI”. 2016. 174 p. [in Ukrainian]

STUDY PID AND MPC CONTROLLERS' OPERATION BASED ON A REFERENCE MODEL UNDER PARTIAL UNCERTAINTY CONDITIONS

Skladannyy D. M.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"
03056, 37, Prospect Beresteiskyi, Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-3624-5336>
e-mail: skladannyy.denys@iit.kpi.ua

Tsapar V. S.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"
03056, 37, Prospect Beresteiskyi, Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-8347-7941>
e-mail: v.tsapar@kpi.ua

Plashykhin S. V.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"
03056, 37, Prospect Beresteiskyi, Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-0039-3302>
e-mail: psv-ihf@iit.kpi.ua

Onyshchenko D. S.

Postgraduate
National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"
03056, 37, Prospect Beresteiskyi, Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0009-0008-4276-4443>
e-mail: ods-ihf@edu.kpi.ua

Abstract. The object of research in this paper is a single-loop automated control system based on a reference model. The aim of this paper is to conduct a comparative analysis of the effectiveness of PID- and MPC-controllers synthesised based on a reference model under partial parametric uncertainty of the control object conditional. An overview of a number existing domestic and foreign studies in the field of using PID- and MPC-controllers for analysis and comparison is provided. A simulation experiment is set up and implemented for a control system with two uncertainty sources: input value and reference model parametric uncertainty. The experiment is implemented using MATLAB Simulink software based on a second-order reference model with epy unit coefficients, which describes an aperiodic process with damping. The variation range of imposed deviations is 10% and 20%, and the experiment duration is 50-time intervals. The first stage of the analysis is the graphical representation of the simulation experiment results. The results show that systems with a PID controller generally demonstrate higher stability in partial uncertainty conditions than an MPC-controller. In our opinion, this is explained by the peculiarity of the MPC-controller's algorithm, particularly the model linearisation on the forecast horizon. At the second stage of the analysis, calculations were performed which show that, on average, a system with a PID-controller exhibits a lower output value compared to the reference value by 0.3 ... 1.5% under conditions of partial uncertainty. At the same time, the system with an MPC-controller, on average, under partial uncertainty conditions, shows a lower output value compared to the reference value by 1.3 ... 2.6%. Thus, at the same estimated level of uncertainty, deviations in input and control parameters have a higher negative impact on the control process quality than the parametric uncertainty of the controlled object. In a simulation experiment, the MPC controller showed worse stability under conditions of uncertainty than the PID-controller. Under conditions of partial uncertainty, the PID-controller showed, on average, under-regulation compared to the task, while the MPC-controller showed over-regulation.

Keywords: parametric uncertainty, PID-controller, model-predictive controller, simulation experiment, MATLAB Simulink.