

## РЕЦЕНЗІЯ

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації  
**Макарця Валерія Володимировича**  
на тему: «**Оптимізація регулювання руху вантажопідйомних кранів прольотного типу**»,  
поданої на здобуття ступеня доктора філософії  
з галузі знань **13 «Механічна інженерія»**  
та спеціальності **133 «Галузеве машинобудування»**

**Актуальність теми дисертації.** Коливання вантажу на гнучкому підвісі у кранів прольотного типу можуть виникати при роботі на відкритому повітрі через зовнішні стохастичні впливи (вітрові пориви), а також під час перехідних режимів руху. Ці коливання значно знижують продуктивність роботи крана і створювати небезпеку для працівників. Для їхнього усунення оператор виконує мікропереходи крана, витрачаючи при цьому додатковий час, електроенергію та власні зусилля. Це призводить до швидкої втоми і знижує продуктивність роботи кранівника.

Однак, навіть досвідчений кранівник не в змозі виконувати керування рухом крана за оптимальними законами руху. Використання оптимізаційних підходів у задачі регулювання руху крана із вантажем на гнучкому підвісі дозволяє усувати маятникові коливання вантажу із врахуванням обмежень на керування рухом та вимог мінімізації небажаних показників (витрат енергії, тривалості руху тощо). Це є важливим аспектом для забезпечення ефективності та безпеки роботи кранів прольотного типу, які застосовуються у морських та річкових портах, легкій промисловості, сільському та лісовому господарствах, металургії та машинобудуванні.

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації.** Наукові положення та висновки, що сформовані у дисертаційній роботі, належним чином обґрунтовані. Достовірність результатів дисертаційного дослідження підтверджена за допомогою порівняльного аналізу теоретичних розрахунків та експериментальних даних.

**Значення одержаних результатів для науки та практики.** Основні теоретичні та експериментальні дослідження за темою дисертаційної роботи виконані здобувачем особисто: проведено детальний аналіз існуючих наукових робіт за обраною тематикою дисертаційної роботи; розроблено алгоритм налаштування ПІД-регуляторів для керування рухом системи „кран-вантаж”; розв’язано задачу синтезу оптимального регулятора руху крана із вантажем на гнучкому підвісі; розроблено методику та проведено планування експериментальних досліджень; розроблено рекомендації для підвищення ефективності реалізації керування рухом крана; розраховано економічну ефективність від використання оптимального керування рухом крана.

**Повнота викладення наукових положень, висновків і рекомендацій в наукових публікаціях, зарахованих за темою дисертації.** Вперше при розв’язанні задач синтезу оптимального регулятора системи „кран-вантаж” використано сукупно обмеження на: величину рушійного зусилля, швидкість його зміни в часі, неперевищення номінальної швидкості руху крана та реверс його приводу; отримала подальший розвиток методологія розв’язання задач синтезу оптимального керування вантажопідйомним краном прольотного типу з вантажем на гнучкому підвісі у формі зворотного зв’язку в частині зведення її до задачі безумовної оптимізації; отримали подальший розвиток підходи щодо синтезу нейрорегулятора руху вантажопідйомного крана із вантажем на гнучкому підвісі для нелінійних задач оптимального керування рухом крана.

Вперше при розв’язанні задач синтезу оптимального регулятора системи „кран-вантаж” використано сукупно обмеження, які дали змогу врахувати технічні особливості елементів системи керування рухом крана (частотний перетворювач, мікроконтролер, датчики тощо), які пов’язані із практикою реалізації оптимального керування.

Вперше розроблена інженерна методика налаштування ПІД-регуляторів руху вантажопідйомним краном із вантажем на гнучкому підвісі, яка дозволяє оперативно змінювати налаштування коефіцієнтів регулятора в залежності від маси вантажу та довжини гнучкого підвісу.

Технічна новизна розробок захищена патентом на корисну модель „Спосіб оптимального керування рухом крана прольотного типу при дії на вантаж зовнішніх стохастичних впливів”. Автори: Ловейкін В.С., Ромасевич Ю.О., Макарець В.В. Патент України на корисну модель № 149301, опубл. 03.11.2021, Бюл. № 44, МПК В66С 13/06 (2006.01).

Результати досліджень передано до впровадження у підприємство агропромислового комплексу України “ПРАТ КУЛИКІВСЬКЕ МОЛОКО” (Акт впровадження від 8.06.2023). Основні положення досліджень оптимізації режимів руху вантажопідйомних кранів прольотного типу та оптимального налаштування ПІД-регуляторів використовуються у навчальному процесі Національного університету біоресурсів і природокористування України при викладанні навчальних дисциплін «Теорія технічних систем» (ОС Магістр) та «Підйомно-транспортні машини» (ОС Бакалавр) (Акт впровадження від 8.06.2023).

**Зв’язок теми дисертації з державними програмами, науковими напрямами Університету.** Робота виконана згідно з науково-дослідними та ініціативною тематиками кафедри конструювання машин і обладнання Національного університету біоресурсів і природокористування України «Наукове обґрунтування і розробка методів динамічного моделювання та режимно-параметричної оптимізації сучасних вантажопідйомних машин» (номер державної реєстрації 0119U100848); «Розроблення високоефективних автоматичних регуляторів» (номер державної реєстрації 0119U100758); «Динамічна оптимізація вантажопідйомних та транспортуючих машин в агропромисловому виробництві» (номер державної реєстрації 0118U004170).

**Перелік наукових праць, які відображають основні результати дисертації.** За результатами проведених дисертаційних досліджень загалом опубліковано 18 наукових праць, у яких представлено основні результати дисертації, серед них: 1 монографія у співавторстві, 1 науково-методичні рекомендації для підприємств України з проектування та експлуатації пристроїв автоматичного регулювання, 7 статей в наукових фахових виданнях категорії „Б”, 2 статі англійською мовою у періодичних виданнях, що проіндексовані у наукометричних базах даних Scopus/WoS, 7 тез доповідей на наукових конференціях та 1 патент України на корисну модель.

#### **Scopus та WoS:**

1. Yu. O. Romasevych, V. S. Loveikin, **V. V. Makarets**. Optimal Constrained Tuning of PI-Controllers via a New PSO-Based Technique. International Journal of Swarm Intelligence Research. Vol. 11. Issue 4. 2020. P. 87-105.
2. Yu. O. Romasevych, V. S. Loveikin, A. S. Khoroshun, and **V. V. Makarets**. Synthesis of optimal feedback control of the crane-load system. International Applied Mechanics. Vol. 58. No. 2. 2022. P. 199-207.

#### **Статті у наукових фахових виданнях України, включених до міжнародних наукометричних баз даних:**

1. Ю.О. Ромасевич, В.С. Ловейкін, А.П. Пилипенко, **В.В. Макарець**. Синтез оптимального регулятора руху системи «кран-вантаж». Частина 1. Підйомно-транспортна техніка. 2021. №1 (62). С. 83-94.
2. Ю.О. Ромасевич, В.С. Ловейкін., А.П. Пилипенко, **В.В. Макарець**. Синтез оптимального регулятора руху системи «кран-вантаж» Частина 2. Підйомно-транспортна техніка. 2021. №1 (65). С. 4-16.
3. Ю.О. Ромасевич, В.С. Ловейкін, А.П. Ляшко, **В.В. Макарець**. Метод оптимального налаштування ПІ-регуляторів із врахуванням обмежень. Енергетика і автоматика. 2019. №3. С. 129-142.
4. Ю.О. Ромасевич, В.С. Ловейкін, **В.В. Макарець**, А.С. Поночовний. Синтез оптимального керування системою „кран-вантаж” у вигляді зворотного зв’язку. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. 2021. Вип. 12. № 1. С. 5-10.
5. Ромасевич Ю.О., Ловейкін В.С., **Макарець В.В.**, Щербак О.І. Ідентифікація системи і синтез оптимального регулятора руху системи “кран-вантаж”. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. № 1(95). 2022.

6. Romasevych Y., Loveikin V., **Makarets V.** PID-controller tuning algorithm development for a “crane-load” dynamical system. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. 2022. Vol. 13, No. 4. P. 72-80.
7. Ромасевич Ю.О., Ловейкін В.С., Хорошун А.С., **Макарець В.В.** Синтез оптимального керування рухом системи «кран-вантаж» у вигляді зворотного зв'язку. Прикладна механіка. 2022. № 58 (2). С. 93-102.

#### Монографії:

1. Ю.О. Ромасевич, В.С. Ловейкін, А.П. Ляшко, О.Г. Шевчук, **В.В. Макарець.** Розроблення оптимальних автоматичних регуляторів. К: ЦП “Компрінт”. 2021. 250 с.

#### Науково-методичні рекомендації:

1. Ю.О. Ромасевич, В.С. Ловейкін, А.П. Ляшко, О.Г. Шевчук, **В.В. Макарець.** Розроблення високоефективних автоматичних регуляторів. Науково- методичні рекомендації для підприємств України з проектування та експлуатації пристроїв автоматичного регулювання. К: ЦП „КОМПРІНТ”, 2021. 72 с.

#### Патент на корисну модель:

1. Ю.О. Ромасевич, В.С. Ловейкін, **В.В. Макарець.** Спосіб оптимального керування рухом крана прольотного типу при дії на вантаж зовнішніх стохастичних впливів. №149301. u202103034. 03.11.2021. Бюл. №44.

#### Тези наукових доповідей:

1. Ромасевич Ю.О., **Макарець В.В.** Методика розрахунку економічної ефективності системи оптимального керування рухом крана. Збірник тез доповідей міжнародної науково-технічної конференції „Крамаровські читання”. 2023. С. 330-332.
2. Ромасевич Ю.О., **Макарець В.В.** Оптимізація руху системи кран вантаж. Збірник тез доповідей міжнародної науково-технічної конференції „Крамаровські читання”. 2021. С. 286-288.
3. Ромасевич Ю.О., **Макарець В.В.** Модифікація методу рою часточок. Збірник тез доповідей міжнародної науково-технічної конференції „Крамаровські читання”. 2020. С.90-92.
4. Ромасевич Ю.О., **Макарець В.В.** Синтез оптимального регулятора руху системи «кран-вантаж». Збірник тез доповідей міжнародної науково- технічної конференції молодих вчених і спеціалістів „Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації”. 2020. С.45-53.
5. Ромасевич Ю.О., Ловейкін В.С., **Макарець В.В.** Планування експериментальних досліджень оптимального регулятора руху системи „кран – вантаж”. Збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної онлайн конференції „Сучасні проблеми та перспективи розвитку машинобудування України”. 2021. С. 74-75.
6. Romasevych Yu. O., **Makarets V. V.**, Synthesis of optimal neurocontroller of the system “crane-load”. Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference „Automation and instrumentation”. 2020. P. 72-74.
7. Ромасевич Ю.О., **Макарець В.В.** Синтез оптимального регулятора руху лабораторної моделі системи «візок-вантаж». Збірник тез доповідей. Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції педагогічних та науково-педагогічних працівників, аспірантів, молодих учених „Сучасні тенденції розвитку науки та освіти”. 2021. С. 130-134.

**Апробація основних результатів дослідження.** Основні положення дисертаційної роботи доповідалась на: VII, IX, X Міжнародних науково-технічних конференціях «Крамаровські читання», (2020, 2022 та 2023 рр. м. Київ); XVI Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених і спеціалістів “Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації” ESMO, (2020 р., м. Кременчук); Міжнародній науково-практичній онлайн конференції «Сучасні проблеми та перспективи розвитку машинобудування України», (2021 р., м. Київ); IV Міжнародній науково-

практичній онлайн конференції, "Прикладні науково-технічні дослідження" (2020 р., м. Івано-Франківськ); Всеукраїнській науково-практичній інтернет-конференції педагогічних та науково-педагогічних працівників, аспірантів, молодих учених «Сучасні тенденції розвитку науки та освіти» (2021 р., м. Ніжин).

Зауваження від рецензента Тітової Л. Л.:

1. Жодної одноосібної публікації.
2. П. 1.2 Кількісний аналіз наукових робіт у галузі оптимізації керування рухом вантажопідйомних кранів 4 сторінки. Доцільність?
3. П. 1.3 Огляд існуючої патентної документації за темою досліджень – 4 сторінки. Доцільність?
4. Відсутні попередні аналітичні викладки до виразу (2.17) критерієм оптимізації є вираз, що отриманий на основі умов (2.14).
5. Не обґрунтовано подано термін «для того, щоб врахувати кінцеві умови руху системи введемо у розгляд термінальний критерій».
6. Що мається на увазі, називаючи комплекс оціночних показників?
7. В яких умовах здійснювався експеримент із врахуванням зміни довжини підвісу та поривів вітру?
8. Чорно-білі фото в дисертації, також графіки для більш чіткого зрозуміння, слід зробити кольоровими.
9. Розділ 5 - Не обґрунтовано подано термін «Однак для представлення обрано експерименти №1 та №16». Хоча Мінімальні значення відносної похибки для амплітуди коливання вантажу 5,9% відповідають експерименту №2, максимальне значення 27,7% - експерименту №9.

#### Висновок:

Дисертація здобувача ступеня доктора філософії Макарця Валерія Володимировича на тему: «Оптимізація регулювання руху вантажопідйомних кранів прольотного типу» є завершеною кваліфікаційною науковою працею, у якій вирішено конкретне науково-прикладне завдання щодо підвищення ефективності експлуатації баштових кранів за рахунок режимно-параметричної оптимізації механізму зміни вильоту вантажу, техніко-економічні аспекти якої обґрунтовані економічно та мають важливе значення для галузі знань 13 «Механічна інженерія».

Дисертація відповідає вимогам наказу Міністерства освіти і науки України № 40 від 12 січня 2017 року «Про затвердження вимог до оформлення дисертації», Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 167 від 06 березня 2019 року.

З урахуванням наукової зрілості та професійних якостей здобувача Макарця Валерія Володимировича, дисертація на тему: «Оптимізація регулювання руху вантажопідйомних кранів прольотного типу» рекомендується для подання до розгляду та захисту у разовій спеціалізованій вченій раді на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 13 «Механічна інженерія» та спеціальності 133 «Галузеве машинобудування».

Рецензенти:

кандидат технічних наук,  
доцент



Людмила ТІТОВА