

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертацію **Макарця Валерія Володимировича**  
на тему: **«Оптимізація регулювання руху вантажопідйомних кранів  
прольотного типу»**,

подану на здобуття ступеня доктора філософії  
за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»

**Актуальність теми дослідження.** Крани прольотного типу стали невід'ємною частиною робочого обладнання в морських та річкових портах, легкій промисловості, сільському та лісовому господарствах, металургії та машинобудуванні. Однак, при їх використанні на відкритому повітрі, виникає проблема зовнішніх стохастичних впливів, які діють на вантаж, що призводить до розгойдування вантажу на гнучкому підвісі. Це значно знижує продуктивність роботи крана та створює небезпеку для працівників.

Оптимізація режимів руху дозволяє усувати коливання, компенсуючи вплив зовнішніх факторів на вантаж. Вона враховує різні обмеження на керування та враховує параметри, такі як витрати енергії та тривалість руху, для досягнення оптимальної продуктивності.

Загалом, оптимізація режимів руху вантажопідйомних кранів прольотного типу є ключовим елементом для досягнення оптимальної продуктивності, безпеки праці, зменшення енерговитрат та зносу обладнання при експлуатації вантажопідйомних кранів.

На актуальність обраної теми дослідження В. В. Макарця також вказує її **зв'язок з науковими програмами, планами, темами, грантами**. Дисертаційні дослідження безпосередньо пов'язані з науково-дослідними та ініціативними 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), у яких здобувач був співвиконавцем.

**Новизна представлених теоретичних та/або експериментальних результатів проведених досліджень.** Основні положення наукової новизни дисертаційних досліджень полягають в тому, що здобувачем:

– 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.

Науковий інтерес представляють також запропоновані автором структура і запатентоване технічне рішення оптимального керування рухом крана прольотного типу, який забезпечує усунення маятникових коливань вантажу під час дії на вантаж стохастичних впливів.

**Наукова обґрунтованість результатів проведених здобувачем досліджень.** Наукова обґрунтованість результатів досліджень забезпечується використанням методів аналітичної механіки, теорії механізмів і машин, диференціального та інтегрального числення, ідентифікації динамічних систем, автоматики та оптимального керування.

Дисертація складається з анотації, вступу, шести розділів, висновків, списку використаної літератури з 126 найменувань, додатків. Матеріали дисертаційних досліджень викладено на 230 сторінках друкованого тексту, що містить 57 рисунків та 44 таблиці.

Структура дисертації визначається її міждисциплінарністю і комплексністю теми дисертаційного дослідження, яка диктується необхідністю аналізу сучасних методів оптимального керування рухом вантажопідйомних кранів (розділ 1), розробкою алгоритму налаштування ПД-регулятора руху крана із вантажем на гнучкому підвісі і синтезу системи оптимального регулювання руху крана (розділи 2 та 3), а також ґрунтовним дослідженням оптимального руху вантажопідйомних кранів прольотного типу (розділи 4 та 5). При виконанні досліджень здобувач опрацював достатній масив інформаційних джерел з різних галузей знань: механіки, електротехніки, автоматики, електромеханіки, динаміки, програмування. Переважна частина опрацьованої літератури є англійською мовою.

Наукові положення, висновки і рекомендації є коректними й обґрунтованими. Дослідження ґрунтуються на основних положеннях теорії механіки, електротехніки, електромеханіки, динаміки, математичного моделювання, теорії автоматичного керування і статистичної обробки даних з використанням комп'ютерних технологій. Достовірність розроблених теоретичних положень підтверджена результатами експериментів на лабораторній установці.

***Рівень виконання поставленого наукового завдання та оволодіння здобувачем методологією наукової діяльності.*** Метою досліджень є покращення експлуатаційних показників вантажопідйомних кранів прольотного типу шляхом оптимізації режимів їх руху.

Для досягнення зазначеної мети здобувачем у повному обсязі виконано наступні завдання:

– здійснено аналіз існуючих досліджень з оптимізації руху крану з вантажем на гнучкому підвісі та способів усунення коливань закріпленого на гнучкому підвісі вантажу;

– розроблено алгоритм налаштування ПД-регулятора руху крана із вантажем на гнучкому підвісі, який забезпечує усунення коливань вантажу на гнучкому підвісі для широкого діапазону величин маси вантажу та довжини гнучкого підвісу;

– виконано постановку та розв’язано задачі синтезу оптимального регулятора руху крана з вантажем при забезпеченні перевантажувальної здатності приводу механізму переміщення крана, обмеженні швидкості зміни в часі рушійного зусилля, швидкості руху крана та відсутності реверсу приводу для режимів розгону, гальмування та повного циклу переміщення крана, які дають змогу усунути маятникові коливання вантажу;

– виконано перевірку отриманих теоретичних результатів шляхом проведення експериментальних досліджень режимів руху крана з вантажем на гнучкому підвісі та здійснено оцінювання ефективності практичної реалізації оптимального керування рухом крана за комплексом показників;

– розроблено структурну схему, яка реалізує оптимальне керування рухом системи «кран-вантаж», а також алгоритм її функціонування.

Поставлені здобувачем завдання дозволили всебічно розкрити тему наукового дослідження та досягти його мети.

Отримані результати мають *практичне значення*. 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 ПД-регуляторів руху вантажопідйомним краном із вантажем на гнучкому підвісі, яка дозволяє швидко змінювати налаштування коефіцієнтів регулятора в залежності від маси вантажу та довжини гнучкого підвісу. Технічна новизна розробок захищена патентом на корисну модель.

Основні положення досліджень оптимізації режимів руху вантажопідйомних кранів прольотного типу та оптимального налаштування ПД-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).

**Повнота викладення в опублікованих працях наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації,** відповідає вимогам МОН України. Основні положення та висновки дисертаційних досліджень відображено в 18 наукових публікаціях, 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.

Достатньою є **апробація результатів дисертації.** Основні результати досліджень доповідалися та обговорювалися 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. Кременчуг); 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).

**Оформлення дисертації.** За результатами аналізу дисертації та наукових публікацій здобувача можна стверджувати, що дисертація оформлена з дотриманням вимог стандартів і чинних нормативних документів, написана державною мовою з дотриманням наукового стилю. Положення, висновки та пропозиції, що містяться у науковій праці, в цілому є аргументованими і логічними. У роботі не виявлено ознак академічного плагіату, фабрикації чи фальсифікації наукових результатів.

***Висновки та пропозиції, що викликають певні сумніви, зауваження або вказують на окремі суперечності та можуть слугувати підґрунтям дискусії під час захисту дисертації.*** Позитивно оцінюючи дисертацію, варто звернути увагу здобувача на окремі проблемні аспекти, які потребують аналізу та мають бути розглянуті в дискусії під час захисту дисертації:

1. В третьому розділі дисертаційної роботи заявлено постановку та розв'язання задач синтезу оптимального регулятора для режиму розгону, гальмування та повного циклу переміщення крана з вантажем на гнучкому підвісі. Однак, у розділі наведено лише розв'язок задачі для повного циклу переміщення крана при зміні довжини гнучкого підвісу, наявності поривів вітру під час переміщення крану. В розділі не наведено розв'язання задач синтезу оптимального регулятора для режиму розгону та гальмування.

2. В підпункт 3.1.2 не вистачає вичерпних пояснень вибору обмежень, що накладені на рух системи «кран-вантаж».

3. В підпункті 3.2.1 не має пояснень використаному при розв'язку задачі термінальному критерію (формула 3.33).

4. В пункті 4.2 не наведено опис, як саме моделювались стохастичні збурення під час проведення експериментів, та немає пояснень вибору початкових умов руху вантажу при проведенні експериментів.

5. В формулюванні першого пункту висновків до п'ятого розділу отримані результати досліджень перевантажено переліком виконаних досліджень та їх результатом. Бажано було б додати що вони означають.

Однак, зазначені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку виконаного дослідження, яке, в цілому, характеризується актуальністю постановки проблеми, теоретико-методологічною обґрунтованістю, високим рівнем новизни та практичною спрямованістю. Зміст, структура та логіка подання матеріалу в дисертації, зроблені дисертантом висновки, переконують в тому, що автор вільно володіє сучасною методологією наукових досліджень, вміло поєднуючи теоретичні та практичні сторони дослідницької діяльності.

***Висновок про відповідність дисертації встановленим вимогам.***  
Дисертація **Макарця Валерія Володимировича** на тему: **Оптимізація**

**регулювання руху вантажопідійомних кранів прольотного типу» за актуальністю, ступенем новизни представлених результатів, їх наукової обґрунтованості, повноти викладення в опублікованих наукових працях, рівнем виконання поставленого наукового завдання та володінням методологією наукової діяльності відповідає вимогам, які ставляться до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії.**

Дисертація відповідає галузі знань 13 «Механічна інженерія» та спеціальності 133 «Галузеве машинобудування», вимогам Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у закладах вищої освіти (наукових установах), затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 23 березня 2016 року № 261 (зі змінами), наказу МОН України № 40 від 12 січня 2017 року «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» (зі змінами) і Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року № 44, а її автор – **Макарець Валерій Володимирович** заслуговує на присудження **ступеня доктора філософії з галузі знань 13 «Механічна інженерія» за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування».**

Офіційний опонент  
завідувач кафедри професійної освіти  
Київського національного університету  
будівництва і архітектури,  
доктор технічних наук,  
професор

Костянтин ПОЧКА

Особистий підпис доктора технічних наук, професора Почки Костянтина Івановича засвідчую.

Вчений секретар  
Вченої ради КНУБА



Микола КЛИМЕНКО