

## РЕЦЕНЗІЯ

на дисертацію МАКАРЦЯ Валерія Володимировича на тему:  
**«ОПТИМІЗАЦІЯ РЕГУЛЮВАННЯ РУХУ ВАНТАЖОПІДЙОМНИХ  
КРАНІВ ПРОЛЬОТНОГО ТИПУ»**,  
подану на здобуття ступеня доктора філософії  
з галузі знань 13 «Механічна інженерія»  
та спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

**Актуальність обраної теми.** Коливання вантажу на гнучкому підвісі кранів прольотного типу, які виникають внаслідок дії зовнішніх чинників – вітрових поривів або рухів крана, створюють умови, що призводять до зменшення продуктивності кранів та погіршення умов безпеки праці. Розгойдування ускладнюють позиціонування вантажу та збільшують тривалість робочих циклів. Оператори кранів, для усунення цих коливань, змушені витратити свій час та зусилля.

Використання оптимізаційних методів керування рухом крана дозволить підвищити продуктивність роботи прольотних кранів, скоротити їх робочі цикли та покращити енергоефективність їх приводів за рахунок зменшення розгойдування вантажу. Усунення коливань вантажу і зниження фізичної втоми операторів безумовно позитивно відобразиться як на зменшенні ризиків виробничого травматизму так і на підвищенні продуктивності праці кранівників.

Актуальність виконання наукової роботи підтверджено дослідженнями, які пов'язані з науково-дослідною 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 вантажопідійомних машин» (номер державної реєстрації 0119U100848); «Розроблення високоефективних автоматичних регуляторів» (номер державної реєстрації 0119U100758); «Динамічна оптимізація вантажопідійомних та транспортуючих машин в агропромисловому виробництві» (номер державної реєстрації 0118U004170), у яких здобувач був співвиконавцем.

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.** Робота складається з анотації, вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел для кожного розділу та додатків.

Структура повністю відповідає меті та завданням досліджень, дозволяє послідовно розглянути всі проблеми, визначені автором. Обґрунтованість положень, сформульованих у дисертації, підтверджується аналізом вітчизняних та міжнародних досліджень, застосуванні фундаментальних положень аналітичної механіки, теорії механізмів і машин, диференціального та

інтегрального числення, ідентифікації динамічних систем, автоматики та оптимального керування.

**Доведеність сформульованих здобувачем висновків** базується на коректному використанні сукупності методів і прийомів наукового пізнання, що ґрунтуються на апробованих теоретичних та експериментальних дослідженнях. Використання системи оптимального регулювання руху крана із вантажем на гнучкому підвісі дозволяє отримати прийнятні показники руху крана (розділ 3). Достовірність отриманих результатів підтверджується порівняльним аналізом результатів теоретичних розрахунків і експериментальних даних (розділ 5).

**Мета дисертаційного дослідження** полягає в покращенні експлуатаційних показників вантажопідйомних кранів прольотного типу шляхом оптимізації режимів їх руху.

**Структура дисертації** повною мірою охоплює предмет дисертаційного дослідження. Представлені автором дослідження свідчать про системне й ґрунтовне опрацювання проблем та наукових завдань, які вирішуються у дисертаційному дослідженні, та високий рівень наукової підготовки здобувача, його наукову зрілість.

У **вступі** подано обґрунтування обраної теми дослідження, вказується, як робота пов'язана з науковими програмами, планами і темами. Подана мета, завдання, об'єкт, предмет і методи дослідження. Підкреслюється наукова новизна і практичне значення отриманих результатів, а також надаються відомості щодо їх впровадження та апробації. Висвітлена інформація про кількість публікацій, в яких ґрунтовно представлені основні положення дисертаційного дослідження.

У **першому розділі** проведено аналіз існуючих досліджень динамічних, енергетичних, оптимізаційних розрахунків режимів руху механізму переміщення крана прольотного типу та патентної документації.

У **другому розділі** виконано постановку задачі налаштування коефіцієнтів ПД-регулятора, який забезпечує усунення маятникових коливань для широкого набору параметрів маси вантажу та довжини гнучкого підвісу. Розроблено алгоритм розрахунку значень коефіцієнтів ПД-регулятора для широкого діапазону параметрів  $m_2$  та  $l$ . За отриманими результатами проаналізовано динаміку руху системи „кран-вантаж”.

У **третьому розділі** обґрунтовано постановку та розв'язання задач синтезу оптимального регулятора для режиму розгону, гальмування та повного циклу переміщення крана з вантажем на гнучкому підвісі, який дає змогу усунути маятникові коливання вантажу. Розроблено підхід до розв'язання задач синтезу оптимальних регуляторів руху системи “кран-вантаж” для режимів розгону, гальмування та повного циклу. Розв'язано задачу синтезу оптимального регулятора руху системи ”кран-вантаж” на основі штучної нейронної мережі.

У **четвертому розділі** розроблено програму проведення експериментальних досліджень руху візка з вантажем на гнучкому підвісі, підібрано обладнання і подано методику обробки експериментальних даних. Проведено ідентифікацію динамічної системи „візок-вантаж” за допомогою штучної нейронної мережі.

У **п'ятому розділі** проведено аналіз експериментальних даних, за результатами яких встановлено причину відхилення теоретичних і експериментальних даних.

У **шостому розділі** подано рекомендації системи оптимального керування рухом крана прольотного типу, яка дозволяє усувати коливання вантажу на гнучкому підвісі. Розроблено структурну схему системи оптимального керування рухом крана з вантажем на гнучкому підвісі, що дає можливість покращити його експлуатаційні показники. Проведено розрахунок економічної ефективності від впровадження системи оптимального керування рухом крана прольотного типу.

Завершується дисертація **висновками**. Висновки дисертації є цілісними, логічними та обґрунтованими, відповідають меті та завданням дослідження й містять важливі теоретичні та практичні положення щодо розв'язання науково-практичної задачі, яка полягає в покращенні експлуатаційних показників вантажопідйомних кранів прольотного типу шляхом оптимізації режимів їх руху.

**Значення одержаних результатів для науки й практики та рекомендації щодо їх можливого використання.** Наукова новизна дисертації:

1. Вперше при розв'язанні задач синтезу оптимального регулятора системи „кран-вантаж” сукупно використано обмеження на: величину рушійного зусилля, швидкість його зміни в часі, обмеження номінальної швидкості руху крана та реверс його приводу;

2. 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;

3. Отримали подальший розвиток підходи щодо синтезу нейрорегулятора руху вантажопідйомного крана із вантажем на гнучкому підвісі для нелінійних задач оптимального керування рухом крана.

**Практична цінність результатів роботи.** 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, програмований мікроконтролер, датчики), 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 оперативно змінювати налаштування коефіцієнтів регулятора залежно 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” (патент України на корисну модель № 149301, Бюл.№44, 03.11.2021р., МПК В66С 13/06).

**Повнота викладення наукових положень, висновків і рекомендацій в наукових публікаціях, зарахованих за темою 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 статті англійською мовою у періодичних виданнях, що проіндексовані у наукометричних базах даних Scopus та/або Web of Science Core Collection, 7 тез доповідей на наукових конференціях та 1 патент України на корисну модель.

**Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності.** Представлена робота є самостійно написаною кваліфікаційною науковою працею із науково-обґрунтованими висновками та рекомендаціями, які виставлені автором для публічного захисту. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідні джерела. У роботі відсутнє привласнення чужих ідей, результатів або слів без оформлення належного цитування. Таким чином, у дисертаційному дослідженні В.В. Макарця на тему: «Оптимізація регулювання руху вантажопідйомних кранів прольотного типу» відсутні порушення академічної доброчесності.

**Питання для дискусійного обговорення та недоліки дисертації щодо її змісту та оформлення:**

1. Пункт 3 наукової новизни роботи сформульовано недостатньо чітко. Не зрозуміло, які саме підходи щодо синтезу нейрорегулятора руху отримали подальший розвиток і в чому їх відмінність від вже відомих.

2. В першому розділі для аналізу наукових робіт, які присвячені оптимальному керуванню рухом кранів, було використано джерела (6, 9, 33, 34, 39 у списку використаних джерел), які старше 10 років.

3. Блок-схема алгоритму функціонування системи керування рухом крана, яка наведена в п. 6.2.2, описана не зовсім зрозуміло. Виникає питання

як проходить діагностика системи, визначення відстані, на яку кран повинен переміститись, та спосіб введення цих даних у систему керування рухом крана.

4. В роботі деякі рисунки (рис. 3.3 а; рис. 3.5 а; рис 3.7; рис. 3.11) мають погану якість.

5. У роботі зустрічаються орфографічні помилки і неточності.

Зазначені зауваження не є принциповими і такими, що піддають сумніву вагомості результати досліджень. Вони не впливають на загальну позитивну оцінку дисертації В.В. Макарця.

**Висновок.** Дисертація є завершеною, самостійно виконаною працею, в якій отримано нові теоретичні та практичні результати, що слугують основою для вирішення науково-прикладних задач, які полягають у покращенні експлуатаційних показників вантажопідйомних кранів прольотного типу шляхом оптимізації режимів їх руху.

За актуальністю обраної теми, обсягом та рівнем виконаних досліджень, повнотою вирішення наукових і практичних задач, новизною і ступенем обґрунтованості отриманих результатів та практичних висновків дисертація на тему: «Оптимізація регулювання руху вантажопідйомних кранів прольотного типу» відповідає галузі знань 13 «Механічна інженерія» 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, наказу МОН України № 40 від 12 січня 2017 року «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» 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».

**Доцент кафедри конструювання  
машин і обладнання  
Національного університету біоресурсів  
і природокористування України,  
кандидат технічних наук, доцент**

**Микола КОРОБКО**

