

## **РЕЦЕНЗІЯ**

**рецензента, к.т.н., доцента Турчин Ольги Володимирівни**  
на дисертаційну роботу **Коваленка Олега Олександровича**  
**«Підвищення довговічності баштових кранів серії КБ при модернізації**  
**шляхом застосування частотних приводів»**

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії  
за спеціальністю 133 – Галузеве машинобудування

Виконано детальний аналіз дисертаційної роботи Коваленка Олега Олександровича на тему «Підвищення довговічності баштових кранів серії КБ при модернізації шляхом застосування частотних приводів», що представлена для захисту на здобуття наукового ступеня доктора філософії у Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут», на підставі якого зроблено комплексний висновок щодо її актуальності, ступеня обґрунтованості наукових положень, висновків, рекомендацій, достовірності та значущості отриманих результатів, а також її наукової новизни, теоретичної та практичної цінності.

### **1. Актуальність теми та зв'язок з науковими планами і програмами**

Розглядана тема значною мірою актуальна. Це обґрунтовується наведеними статистичними даними щодо кількості (84%) та типу (серія КБ) баштових кранів в Україні, що використовуються попре відпрацьований ресурс сьогодні. В перспективі ця тенденція буде тільки посилюватись, особливо, з огляду на потреби в таких кранах при відбудові у післявоєнний період. В роботі на підставі систематизації причин відмов баштових кранів в цілому запропоноване зниження динамічних навантажень при модернізації приводів із застосуванням частотного регулювання – як засіб подовження ресурсу.

### **2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами**

Дисертаційна робота була виконана на кафедрі «Підйомно-транспортні машини і обладнання» НТУ «ХПІ» в рамках госпдоговірних тем науково-дослідної роботи кафедри згідно договорів № 07.09-19 «Розробка проекту і Технічних умов на реконструкцію баштового крану КБ-408-4 з метою збільшення вильоту шляхом встановлення додаткової секції стріли»; № 01.01.2020 «Експертне обстеження, технічне опосвідчення, паспортизація, ТУ на ремонт і реконструкцію, проведення неруйнівного контролю та випробувань, розробка карти технологічного процесу підсилення рами

кранової установки автомобільного крану КС-55727 –С «ЗУБР», зав.№96 технологічна карта відновлення кореня стріли крану RDK-500, зав. № 0042» та № 02.06-21 «Надання послуг з технічного огляду та випробувань, згідно згідно ДК 021: 2015 N 71630000-3 (проведення експертного обстеження позачергового технічного огляду автомобільного крана КС-4574 А, зав. № 00559, рег. № 35272.) та повного технічного опосвідчення кранів-маніпуляторів на автомобільному шасі», в яких здобувач був виконавцем окремих етапів.

### **3. Наукова новизна одержаних результатів**

Наукова новизна дисертації зумовлена наступним:

- удосконалено динамічні моделі механізму крана;
- встановлено закономірності зміни динамічних характеристик руху в системах з різною кількістю мас та пружними зв'язками між ними;
- знайдені критерії оптимізації керування механізмом та синтезовано оптимальний за швидкодією, кількістю переключань двигуна та усуненням коливань вантажу закон руху;
- отримано загальні оцінки збільшення кількості циклів навантаження при переході на частотно регульований привід. Зазначені вище результати отримані з урахуванням варіацій механічних характеристик приводу.

Вважаю, що робота дисертанта є внеском у розвиток вітчизняного наукового напрямку кранобудування.

### **4. Практична цінність одержаних результатів та рекомендації щодо їх подальшого використання**

Отримані результати мають практичну цінність, а саме:

- створено 3D модель баштового крану серії КБ, з можливістю дослідження напружено-деформованого стану елементів металоконструкції при статичному і динамічному навантаженні, направлені на підвищення довговічності його роботи;
- впроваджені технічні умови на модернізацію систем керування баштових кранів;
- розроблена конструкція тяги регульованої довжини для закріплення баштового крана, а також спосіб монтажу опорного кріплення на базі тяги запропонованої конструкції до будівлі, що підвищують довговічність закріплення крану (рішення захищені патентом на корисну модель);
- реалізована частотно регульована система керування приводом повороту крану на колоні з радіокеруванням.

Вихідні дані аналізованих задач, засоби вирішення та результати представлені із забезпеченням можливості розвинення у подальших дослідженнях. Цьому сприяє, зокрема, наведення як систем диференціальних рівнянь так і лістингів програм, необхідних для їх чисельного вирішення.

Результати дисертаційної роботи впроваджені у виробництво і в навчальний процес кафедри «Підйомно-транспортні машини і обладнання» НТУ «ХП» при підготовці студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» та 133 «Галузеве машинобудування».

## **5. Повнота викладення матеріалів дисертації в наукових працях, які опубліковані автором**

За результатами проведених дисертаційних досліджень опубліковано 16 робіт, з яких 5 статей у наукових періодичних виданнях фахових видань України (Б); 1 стаття у науковому періодичному виданні, що входить до бази Scopus, 3 патенти на корисні моделі; 7 – у матеріалах апробаційного характеру.

Ці факти свідчать про те, що дисертаційна робота є самостійним і завершеним науковим дослідженням, результати якого мають велике значення для вдосконалення конструкції, а також підвищення ефективності та безпечності експлуатації баштових кранів.

## **6. Аналіз змісту дисертації. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації**

Дисертація Коваленко О.О. є завершеною науковою роботою, містить анотацію – українською та англійською мовами, вступ, п'ять розділів, висновки, список використаних джерел і додатки. Робота є добре структурованою. Кожний розділ містить підрозділ з висновками.

*Метою роботи є підвищення довговічності баштових кранів серії КБ за рахунок зменшення динамічних навантажень шляхом застосування частотно-регульованого приводу механізмів при модернізації.*

*Об'єктом дослідження є процес функціонування механізму повороту баштового крану впродовж робочого циклу.*

Розділ 1 є постановочним та оглядовим. На підставі аналізу сучасного стану досліджень сформовано оцінки предмету, рівня, детальності виконаних досліджень за тематикою роботи. Отримано висновки щодо майже відсутності урахування в літературних джерелах механічних характеристик приводів механізмів баштових кранів. Це обмеження є суттєвим, воно не відповідає сучасним можливостям оптимізації механічних характеристик, які можуть бути застосовані при впровадженні приводів з частотним керуванням. Відомі історичні новачі приводів підйомно-транспортної

техніки на кожному етапі потребували переосмислення умов роботи багатьох вузлів машин, в першу чергу, елементів металоконструкції. Сучасний стан в галузі характеризується перевершенням терміну служби багатьох баштових кранів. Це є додатковим аргументом актуальності дослідження.

Задача, що розглядається, є багатопараметричною, вона потребує комплексного підходу, що ускладнює рішення, але також дає змогу розгорнутої оптимізації.

Розділ 2 містить два основних підрозділи.

В першому підрозділі аналізується низка задач динаміки систем, що моделюють привід та конструкцію крана під впливом робочих навантажень для випадків різних механічних характеристик приводу. Одномасова та двомасова задачі аналізуються для пошуку найбільш загальних залежностей параметрів. Найбільш складною є досліджена п'ятимасова динамічна модель. Методом чисельного вирішення систем диференціальних рівнянь знайдено закономірності зміни в часі параметра керування, крутного моменту та зусиль у пружних ланках металоконструкції при лінійному, квадратичному, кубічному та тригонометричному S-подібних законах керування. Час розгону прийнято 4,2 с. Результати, що аналізуються, представлені в наочному графічному вигляді.

В другому підрозділі аналізується та вирішується проблема пошуку оптимального за швидкодією закону керування рухом системи привід-кран. Виконано аналіз різних варіантів еволюції стану системи, з використанням побудови відповідних траєкторій руху точки стану на фазовій площині. Знайдено оптимальну тривалість розгону при умові мінімізації числа переключень.

Третій розділ містить детальну інформацію стосовно моделювання конструкції крана КБ в 3D-середовищі.

В четвертому розділі приведені результати аналізу напружено-деформованого стану моделі, яка описана в попередньому розділі при дії статичних та динамічних навантажень, що відповідають середньоквадратичному моменту при розгоні двигуна з фазним ротором (традиційному), а також лінійному, квадратичному та S-подібному кубічному закону прискорення при використанні короткозамкненого двигуна з системою частотного регулювання. Отримано детальну інформацію щодо ступені напруженості різних елементів металоконструкції. Знайдено низку критичних вузлів. Запропонована узагальнююча оцінка довговічності елементів металоконструкції з урахуванням розрахункових напружень та номеру групи концентрації напружень, що дозволяє виконати оцінку збільшення довговічності.

*Висновки* містять добре структуровані узагальнення результатів досліджень, що є рішеннями поставлених завдань. Висновки відповідають вимогам, які висуваються до результатів дисертаційного дослідження на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

*Список літератури* є розвиненим, відповідно до широкого кола поля дослідження, що розглядається. В тексті роботи в різних розділах є численні посилання довідкового та критичного характеру на літературні джерела.

*Додатки* містять дані відповідно до практичного використання результатів роботи, а також повний текст розробленого програмного коду.

## **7. Достовірність отриманих результатів та висновків**

Достовірність отриманих результатів забезпечено критичним аналізом широкого кола перевірених джерел інформації, використанням адекватних та сучасних методів – аналітичних та експериментальних, таких, які є комплексними та відповідають цілям дослідження, порівнянням отриманих результатів з існуючими, урахуванням вимог діючих національних та міжнародних нормативних документів, розгорнутою апробацією на конференціях, семінарах, а також у публікаціях.

## **8. Оформлення дисертації, дотримання вимог академічної доброчесності та повнота викладення наукових положень та результатів в опублікованих працях**

Дисертація виконана з дотримання вимог академічної доброчесності, отримані результати дають підстави говорити про оригінальність роботи. У тексті містяться авторські ідеї, і не виявлено використання ідей інших науковців без посилання на їх роботи.

Основні ідеї автора та результати дослідження викладено у трьох фахових статтях, двох закордонних статтях, двох статтях у інших наукових українських виданнях. Дисертант активно приймав участь в українських та закордонних конференціях, таким чином, була проведена апробація ідей, що викладені у дисертаційному дослідженні.

## **9. Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи**

1. Посилання [99] ДБН В.2.6-198:2014 "Сталеві конструкції. Норми проектування" є недостатньо коректним, оскільки цей стандарт відноситься до будівельної галузі. З іншого боку, відсутні посилання на відповідні галузеві норми: ДСТУ EN 14469:2016 «Вантажопідіймальні крани. Крани баштові», FEM 1.001:1998 "Rules for the design of hoisting appliances" (на цей стандарт є прямі посилання в ДСТУ EN 14469), також є бажаними посилання

на групу стандартів ДСТУ EN 13001, які містять загальні вимоги до кранів вантажопідіймальних.

2. Згідно зі ДСТУ EN 13001-3-1:2018 шарнірні та болтові з'єднання відносяться до умовно статично навантажених. При розрахунках цих елементів режим роботи чи інші критерії, пов'язані зі змінними навантаженнями не приймаються до уваги. Тому приклади пошкоджень від втоми болтів та провусин, наведені у розділі 1.4 свідчать скоріше про помилки при конструюванні та експлуатації (наприклад, недостатнє затягування високоміцних болтів).

3. У підрозділі 4.1 в цілому та на рис. 4.8 зокрема бажано зауважити, що розрахункові напруження, які приймаються у різниці  $\Delta\sigma_{sd}$ , повинні враховуватись окремо для складових  $\sigma_x$  та  $\sigma_y$ , де  $x$  та  $y$  вказують напрямки відповідні до тих, що наведені в стандартних таблицях концентраторів. Величини  $\sigma_{sd}$  приймаються негативними для напружень стиснення. Аналогічні перевірки виконуються для дотичних напружень  $\tau$  (п. 6.4 ДСТУ EN 13001-3-1:2018 та п. 6.5.4 ISO 20332:2016).

4. При обчисленні напружень для баштового крана, бажано використовувати деформовану схему, тобто ще до прикладення динамічних зусиль знайти ті напруження, які пов'язані з деформацією конструкції при дії статичних навантажень. Це пов'язано з принципово значною деформативністю конструкції.

5. Фраза у Висновках стосовно одномасової моделі із пружним зв'язком, вочевидь, містить опіску.

6. Є певні зауваження стосовно представлення результатів обчислень у вигляді графіків (наприклад, рис. 2.3-2.6): невелика висота букв заважає сприймати інформацію.

Викладені вище зауваження не є такими, що принципово впливають на загальну оцінку роботи.

## 10. Висновки

Дисертаційна робота Коваленко О.О. є завершеною науково-дослідною роботою, яка містить науково обґрунтовані результати, має наукову новизну, промислове впровадження та дає перспективи подальших досліджень. Тема дослідження відповідає галузям знань 13 «Механічна інженерія» та 133 «Галузеве машинобудування».

Таким чином, з урахуванням актуальності теми, отриманих результатів та певної практичної значущості, вважаю, що дисертаційна робота Коваленко О.О. «Підвищення довговічності баштових кранів серії КБ при модернізації шляхом застосування частотних приводів» повністю відповідає вимогам пунктів 6, 7, 8, 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії»

та скасування рішення разової спеціальної вченої ради Закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» від 12.01.2022 р. № 44 та вимогам до оформлення дисертації МОН України від 12.01.2017 № 40, а сам автор, Коваленко Олег Олександрович, заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування».

Рецензент

кандидат технічних наук,  
доцент кафедри підйомно-транспортних  
машин і обладнання

Національного технічного університету  
«Харківський політехнічний інститут»

*PTW.*

Ольга ТУРЧИН

*04 серпня 2025р.*

