

## **ВІДГУК**

офіційного опонента

Ромасевича Юрія Олександровича

на дисертаційну роботу Коваленка Олега Олександровича на тему

**«Підвищення довговічності баштових кранів серії КБ при модернізації шляхом застосування частотних приводів»,**

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії

за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»

з галузі знань 13 «Механічна інженерія»

### **Актуальність теми**

Сучасні технології зведення будівель і споруд неможливі без застосування вантажопідйомної техніки, зокрема, баштових кранів. У контексті післявоєнної відбудови житлового фонду, інфраструктурних об'єктів та промислових підприємств України застосування баштових кранів відіграє та буде відігравати важливу роль. Разом з тим, парк баштових кранів України (зокрема, серії КБ) характеризується досить значним зношенням механізмів та суттєвим вичерпанням ресурсу кранових металоконструкцій. Повна заміна парку кранів передбачає залучення колосальних капітальних вкладень, що на даному етапі функціонування економіки є неможливим. Вирішення цієї проблеми полягає у подовженні експлуатації баштових кранів із модернізацією їхніх приводних механізмів, що дозволить суттєво знизити рівень динамічних навантажень у механізмах баштових кранів та їхніх металоконструкціях. Це, у свою чергу, забезпечує умови подовження експлуатації кранів і збільшення їх довговічності.

Сучасна модернізація кранових приводів означає залучення частотних перетворювачів, які мають ряд налаштувань. Незважаючи на їхній детальний опис у відповідних інструкціях, інженерний персонал не має достатніх компетенцій, щоб вибрати раціональні налаштування частотно-керованого кранового приводу. Це означає, що вирішення цієї актуальної задачі виходить за рамки інженерних робіт і становить предмет науково-прикладного дослідження.

З огляду на вказане, у дисертаційному дослідженні поставлена науково-технічна задача підвищення довговічності баштових кранів серії КБ за рахунок зменшення динамічних навантажень шляхом застосування частотно-керованого приводу механізму поворота баштового крана.

Дисертаційна робота пов'язана із виконанням госпдоговірних НДР у Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» 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.

### **Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі.**

Обґрунтованість положень, висновків і рекомендацій, які наведені в дисертаційній роботі Коваленка Олега Олександровича, ґрунтується на використанні методів математичного моделювання, диференційного та інтегрального числення, динаміки машин, методу фазової площини, принципу максимуму, чисельних методів, методів теорії електроприводу, а також методу кінцевих елементів. Дослідження виконані з використанням сучасних пакетів комп'ютерного моделювання та математичних обчислень. Таким чином, положення, висновки і рекомендації в дисертаційній роботі Коваленка Олега Олександровича в достатній мірі обґрунтовані.

### **Достовірність результатів досліджень.**

Всі теоретичні результати роботи отримані на основі апробованих наукових методів та підходів. Крім того, вони відповідають даним практики експлуатації частотно-керованих приводів механізму повороту баштових кранів.

### **Наукова новизна одержаних результатів:**

#### **вперше:**

- 1) отримано закономірності збільшення кількості циклів навантаження до настання втоми при застосуванні частотного приводу механізму повороту баштового крана під час модернізації, що дозволяє кількісно визначити підвищення довговічності елементів металоконструкції;
- 2) встановлено закономірності зміни динамічних характеристик руху в системі привід – поворотна платформа – башта – стріла – вантаж на гнучкому підвісі для визначення зусиль у всіх ланках крану з поворотною баштою з урахуванням механічних характеристик приводу повороту;

#### **удосконалено:**

- 3) динамічні моделі механізму повороту баштових кранів шляхом врахування механічної характеристики приводів, що дозволяє визначати динамічні навантаження використовуючи в якості вхідного параметру закон зміни частоти керування;

### **отримали подальший розвиток:**

- 4) методи розв'язання задачі задачі оптимальної швидкодії розгону механізму повороту баштового крана з усуненням маятникових коливань вантажу.

### **Практичне значення отриманих результатів.**

Практична цінність полягає у використанні результатів досліджень у виробничій діяльності:

- 1) розроблена та реалізована система радіокерування двигунами на основі перетворювачів частоти для поворотного крані на колоні в/п 5 т, що має аналогію до баштового крану з неповоротною баштою отже дозволяє перенести дану розробку на великий клас діючих кранів. Розроблені та впроваджені технічні умови на модернізацію систем керування баштових кранів (ПРАТ «Харківстальконструкція»);
- 2) 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 (ТОВ «ПСБК» та патенти на корисну модель);
- 3) створено 3d модель баштового крану серії КБ, яка дозволяє виконувати дослідження напружено-деформованого стану елементів металоконструкції при статичному і динамічному навантаженні, направлені на підвищення довговічності його роботи;
- 4) розроблена методика оцінки збільшення довговічності елементів металоконструкції баштового крану за різних систем керування і законів зміни швидкості впродовж перехідних процесів.

Крім того, результати дисертаційної роботи впроваджені в навчальний процес кафедри «Підйомно-транспортні машини і обладнання» НТУ «ХП» при підготовці студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» та 133 «Галузеве машинобудування», що підтверджується відповідним актом впровадження в навчальний процес.

### **Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.**

За результатами проведених дисертаційних досліджень опубліковано 16 робіт, з яких 5 статей у наукових періодичних виданнях фахових видань України категорії „Б”; 1 стаття у науковому періодичному виданні, що входить до наукометричної бази Scopus; 3 патенти на корисні моделі; 7 тез наукових доповідей, представлених на наукових конференціях.

Участь здобувача у роботах, що опубліковані у співавторстві, зазначена у дисертаційній роботі.

### **Оцінка змісту дисертаційної роботи**

Дисертаційна робота Коваленка Олега Олександровича складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел, 5 додатків.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, показана її наукова новизна і практична цінність, сформульовані мета і задачі дослідження, які необхідно вирішити для її досягнення, описано зв'язок дисертації з науковими планами та темами, приведена апробація дисертаційної роботи і опубліковані за темою дисертації наукові роботи.

В першому розділі проведено огляд напрямків наукових досліджень щодо оцінки динамічних навантажень в механізмах баштових кранів, аналізу способів та методів оптимального керування рухом механізмів цих машин, аналізу наявної патентної документації в галузі стрілових кранів, а також характерних пошкоджень та відмов баштових кранів та вказано причини їх виникнення.

У другому розділі для різних математичних моделей механізму повороту баштового крана проведено дослідження впливу різних форм зміни частоти напруги живлення частотно-керованого приводу на динамічні навантаження у механізмі. Крім того, розв'язано задачу оптимальної швидкодії руху механізму повороту із умовою усунення маятникових коливань вантажу.

В третьому розділі наведено детальний опис віртуальної моделі баштового крана, яка створена на основі методу кінцевих елементів і яка придатна для дослідження динамічних навантажень і напружено-деформованого стану в елементах металоконструкції крана. У цьому розділі також наведено план проведення експериментів щодо впливу різних законів зміни частоти напруги живлення приводу та при пуску двигуна із фазним ротором.

В четвертому розділі наведено результати проведення чисельного експерименту при пуску механізму повороту баштового крана. Крім того, тут на основі методики стандарту ЄС ISO 20332:2016 проведено оцінку впливу характеру зміни напружень на термін служби окремих елементів кранової металоконструкції.

В п'ятому розділі наведено опис системи частотно-керованого приводу для поворотного крану на колоні та досить детальний опис способу монтажу опорного кріплення баштового крана до будівлі та тяга регульованої довжини для підвищення довговічності баштового крану.

Висновки за результатами роботи сформульовані чітко та відповідають змісту дисертаційної роботи. Список використаних джерел із 107 найменувань досить повний і включає вітчизняні та зарубіжні публікації. Анотація відображає стислий зміст дисертації та достатньо повно розкриває наукові результати та практичну цінність роботи.

### **Відповідність академічній доброчесності**

Порушень академічної доброчесності (фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіат чи неправомірні запозичення) в дисертації та наукових публікаціях, у яких висвітлені основні наукові результати дисертації, не виявлено.

Усі результати, які винесено автором на захист, отримані самостійно і містяться в опублікованих роботах. У роботах, опублікованих у співавторстві,

використані тільки ті ідеї, положення та розрахунки, які є результатом особистих наукових пошуків.

### **Дискусійні положення та зауваження щодо роботи:**

- 1) у першому розділі бракує аналізу наукових праць щодо застосування частотно-керованого приводу механізмів баштового крана та його впливу на динамічні та надійнісні характеристики механізмів. Крім того, аналіз оптимального керування рухом крановими механізмами є недостатньо повним, оскільки не відображає окремі значні класи оптимального керування (оптимальне за швидкодією керування, штучні нейронні мережі, адаптивне та нелінійне керування тощо) та не вказує на сучасні тенденції розвитку задач оптимального керування рухом крановими механізмами;
- 2) відомо, що для забезпечення перевантажувальної здатності частотно-керованого приводу разом з частотою напруги живлення необхідно змінювати і її амплітуду (закони  $U/f$ ). Однак, у другому розділі роботи цей факт не враховано, що ставить під сумнів отримані результати стосовно аналізу впливу форм наростання частоти напруги живлення від 0 до номінальної величини;
- 3) у п.п. 2.1.2 доцільно було б провести аналіз впливу форм наростання частоти напруги живлення частотно-керованого приводу на динамічні навантаження у механізмі повороту (тобто не приймати припущення  $M_1 = \text{const}$ ), як це було зроблено у п.п. 2.1.1. По-суті, результати п.п. 2.1.2 вже відомі у науковій літературі;
- 4) у п. 2.1.3 не розкрито причини змін моментів у окремих елементах моделі крана (рис. 2.14-2.16);
- 5) у п.п. 2.2.1 варто було б вказати чим відрізняються наведені результати від тих, які свого часу отримані проф. Григоровим О.В.;
- 6) у другому розділі роботи наведено чотири математичні моделі механізму повороту баштового крана. Варто було б обґрунтувати чому та чи інша модель використана для проведення розрахунків;
- 7) у третьому розділі при розробці програми проведення чисельних експериментів не варто було б обмежуватись однією величиною маси вантажу, вильотом вантажу, тривалістю розгону/гальмування та іншими параметрами. Це дозволило б отримати більш загальні висновки;
- 8) під час проведення чисельного експерименту вхідним (рушійним) фактором прийнято кутове прискорення механізму повороту баштового крана. Однак, більш коректно було б задати вхідним фактором саме рушійний момент створюваний приводом, а також врахувати вплив на приводний момент маятникових коливань вантажу;
- 9) варто було б дати пояснення характеру графіків зміни напружень в елементах металоконструкції баштового крана в процесі розгону механізму повороту

- (рис. 4.5), вказавши весь причинно-наслідковий ланцюжок від незалежного фактора чисельного експерименту до характеру зміни напружень;
- 10) недоліком роботи є відсутність порівняння отриманих результатів щодо напружено-деформованого стану металоконструкції крана з результатами експериментальних досліджень та результатами, які отримані іншими дослідниками у даному напрямку;
  - 11) не зрозуміло як зміст п. 5.2 „Спосіб монтажу опорного кріплення баштового крана до будівлі, що будується та тяга регульованої довжини для підвищення довговічності баштового крану” співвідноситься із предметом та метою дисертаційного дослідження;
  - 12) необхідно було б ув'язати зміст п'ятого розділу із результатами, що отримані у попередніх розділах, зосередившись на практичних проблемах реалізації оптимального керування, налаштування частотно-керованого приводу тощо;
  - 13) загальні висновки роботи у значній мірі повторюють висновки до окремих розділів. Натомість варто було б вказати, що означають отримані результати для модернізації приводів баштових кранів КБ, дати конкретні рекомендації стосовно налаштування частотних перетворювачів та відмітити значимість отриманих результатів для подальшого розвитку прикладної науки у даному напрямку;
  - 14) у дисертаційній роботі подекуди зустрічаються пунктуаційні та орфографічні помилки, описки, неточності у використанні окремих термінів та некоректні переклади термінів, пропуски посилань на деякі джерела та зсув нумерації посилань. Окремі речення варто перебудувати.

Наведені зауваження не носять принципового характеру і не знижують наукового рівня виконаних досліджень.

## **ВИСНОВОК**

Дисертаційна робота Коваленка Олега Олександровича на тему «Підвищення довговічності баштових кранів серії КБ при модернізації шляхом застосування частотних приводів» є завершеною науковою працею, що має наукову новизну, теоретичне та практичне значення. За актуальністю, ступенем новизни представлених результатів, їх наукової обґрунтованості, повноти викладення в опублікованих наукових працях, рівнем виконання поставленого наукового завдання та володінням методологією наукової роботи відповідає вимогам, які ставляться до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії. Дисертація відповідає спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» галузі знань 13 «Механічна інженерія», 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 від 12 січня 2017 року № 40 «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 Коваленко Олег Олександрович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» галузі знань 13 «Механічна інженерія».

Офіційний опонент  
професор кафедри конструювання машин  
і обладнання Національного університету  
біоресурсів і природокористування України,  
доктор технічних наук, професор

Юрій РОМАСЕВИЧ

Особовий підпис професора Юрія Ромасевича засвідчую

Проректор з науково-педагогічних  
роботи та цифрової трансформації



Олена ГЛАЗУНОВА