

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу
Коваленка Олега Олександровича
*на тему «Підвищення довговічності баштових кранів серії КБ при
модернізації шляхом застосування частотних приводів»,*
представлену на здобуття ступеня доктора філософії
з галузі знань 13 – «Механічна інженерія»
спеціальності 133 – «Галузеве машинобудування»

1. Актуальність теми дисертаційної роботи

У роботі зазначається, що розбудова України неможлива без широкого використання будівельної техніки, зокрема баштових кранів, які є ключовими засобами механізації будівельних процесів. Особливої актуальності набуває питання підвищення їх довговічності, оскільки це дозволяє не лише знизити витрати на утримання техніки, а й підвищити ефективність та безпеку будівництва. Автором показано, що суттєвий вплив на довговічність баштових кранів мають динамічні навантаження, які виникають під час роботи механізмів. У роботі сформувано тезис, згідно якому, основним напрямом зниження навантажень є модернізація систем керування, що забезпечує плавність руху, зменшення пікових навантажень, підвищення точності позиціонування та інтеграцію з сучасними системами автоматизації й моніторингу.

Здобувачем зазначається актуальність модернізації баштових кранів, особливо серії КБ. Сформульовано тезис, що ці крани широко використовуються в Україні, але мають застарілі реостатні електроприводи на базі асинхронних двигунів з фазним ротором. В роботі зроблено висновок, що застосування частотно-регульованих електроприводів дає змогу суттєво зменшити динамічні навантаження в пружних елементах металоконструкції. Це, сприяє подовженню строку служби крана. Проте, автором обґрунтовано зазначається, що питання впливу режимів керування, особливо механізму повороту на ресурс конструкції, досліджені недостатньо.

Дисертаційна робота виконана 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»

Тема дисертаційної роботи Коваленка О. О. узгоджується зі стратегічними напрямками розвитку України, зокрема підвищенням якості і надійності виробів та технічних засобів у галузі машинобудування. Науково обґрунтоване вдосконалення систем баштових кранів, що вирішується в роботі є актуальною задачею, що потребує вирішення для забезпечення надійної та безпечної експлуатації вантажопідйомної техніки в умовах сучасного будівництва. Робота є важливою та актуальною.

2. Загальна характеристика дисертаційної роботи.

Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел, який містить 104 найменувань. Основну частину дисертаційної роботи викладено на 148 сторінках комп'ютерного набору, дисертація містить 64 рисунки і 5 таблиць.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету й основні завдання роботи, висвітлено наукову новизну і практичне значення отриманих результатів. Наведено відомості щодо апробації роботи, її структуру, обсягу та публікацій за результатами досліджень.

У першому розділі надано узагальнений огляд сучасного стану наукових досліджень у сфері динаміки баштових кранів та їх систем керування. Розглянуто стан питання оптимізації руху кранових механізмів як в Україні, так і за її межами. Проаналізовано статистичні дані щодо технічного стану парку баштових кранів в Україні. Наведено низку реальних випадків аварій з участю баштових кранів і здійснено аналіз основних причин їх відмов.

У другому розділі здійснено аналіз динаміки та побудову системи оптимального керування механізмом повороту баштового крана на основі одномасової та багатомасової моделей. Розроблено математичну модель повороту крана, яка враховує інерційні властивості поворотної платформи, башти, стріли та вантажу на гнучкому підвісі, пружні зв'язки між цими елементами. Проведено дослідження зміни зусиль у пружних зв'язках при реалізації різних законів частотного керування електродвигуном механізму повороту.

У третьому розділі виконано підготовку та розроблено методика чисельного експерименту з визначення напружень в металоконструкції баштового крану впродовж розгону за різних законів керування. Розроблено розрахункову модель металоконструкції баштового крану з можливістю визначення напружено-деформованого стану на основі методу кінцевих елементів.

У четвертому розділі наведено результати чисельного моделювання напружено-деформованого стану елементів металоконструкції баштового крану при реалізації декількох режимів розгону механізму повороту. Визначено часові залежності напружень у ключових елементах металоконструкції крану, а також проведено порівняльний аналіз пікових значень цих напружень при різних законах зміни швидкості. Встановлено закономірності підвищення довговічності конструкції, які виражаються в зростанні допустимої кількості циклів навантаження зварних з'єднань при використанні електроприводу з частотним регулюванням.

У п'ятому розділі розглянуто впровадження системи радіокерування поворотним краном, обладнаним електроприводами з частотним регулюванням швидкості для механізмів підйому вантажу та повороту. Запропоновано конструкцію регульованої тяги та спосіб фіксації баштового крану, що дозволяє створити в тягах задане розрахункове зусилля та запобігти надмірним навантаженням, тим самим підвищуючи довговічність конструкції.

У висновках сформульовані основні результати дисертаційної роботи.

3. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації

Дисертаційне дослідження характеризується системним підходом для досягнення мети, відповідно до теми та завдань, які сформульовано здобувачем.

Основні положення результатів дослідження, їх аналіз та висновки логічно викладені автором, що дозволило ретельно і послідовно розглянути усі окреслені наукові питання. Автором був проведений глибокий аналіз наукових джерел, на основі якого повною мірою була доведена обґрунтованість наукових положень дисертації. Можна констатувати, що наукові результати, висновки та рекомендації, сформульовані у дисертації, повною мірою обґрунтовані.

Достовірність отриманих в дослідженні результатів забезпечується:

- встановленим експериментальним взаємозв'язком між законами керування електроприводів механізму повороту баштового крану з діючими напруженнями в елементах металокопструкції та їх довговічністю;
- експериментом з розгону механізму повороту для визначення динамічних характеристик перехідного процесу та зміни напружено-деформованого стану елементів металокопструкції крану при різних законах управління;
- експериментально реалізованою системою радіокерування перетворювачами частоти поворотної частини баштового крану;
- науковими статтями у провідних фахових виданнях України;
- патентами на корисні моделі;
- апробацією отриманих наукових результатів на українських та міжнародних конференціях;
- впровадженнями результатів дисертаційної роботи.

4. Наукова новизна отриманих результатів

1. Вперше отримано закономірності збільшення кількості циклів навантаження до настання втоми при застосуванні частотних приводів баштових кранів під час модернізації, що дозволяє кількісно визначити підвищення довговічності елементів металокопструкції.

2. Вперше 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.

3. Удосконалено динамічні моделі механізму повороту баштових кранів шляхом врахування механічної характеристики приводів, що дозволяє визначити динамічні навантаження використовуючи в якості вхідного параметру закону зміни частоти керування.

4. Отримали подальший розвиток критерії оптимізації керування механізму повороту стрілових кранів, завдяки чому синтезовано оптимальний за швидкодією закон руху з мінімальною кількістю переключень приводного двигуна і усуненням коливань вантажу впродовж розгону.

5. Практичне значення результатів дисертації

Практичне значення наукових результатів дисертаційної роботи полягає у підвищенні довговічності баштових кранів серії КБ за рахунок зменшення динамічних навантажень, шляхом їх модернізації.

У ході роботи, здобувачем:

- розроблено та реалізовано систему радіокерування електроприводами поворотного крану;
- розроблено технічні умови на модернізацію систем керування баштових кранів;
- запропоновано конструкцію регульованої по довжині тяги для фіксації баштового крана, а також спосіб монтажу опорного кріплення до будівельної споруди із застосуванням цієї тяги;
- створено тривимірну модель баштового крану серії КБ, яка дає змогу проводити дослідження напружено-деформованого стану його металоконструкцій за умов як статичного, так і динамічного навантаження;
- розроблено методику оцінки зростання довговічності елементів металоконструкції баштових кранів залежно від типу системи керування та характеру зміни швидкості під час перехідних режимів;
- впроваджені результати дисертаційної роботи у виробництво на підприємствах ПРАТ «Харківстальконструкція» та ТОВ «ПСБК», а також у навчальний процес кафедри «Підйомно-транспортні машини і обладнання» НТУ «ХП» .

6. Повнота відображення результатів дисертації в опублікованих працях

За темою дисертації опубліковано 16 наукових праць, з них 3 патенти України на корисні моделі, 1 стаття у виданні з переліку видань Scopus; 5 статей у фахових виданнях України.

Наукові та практичні результати дисертаційної роботи пройшли апробацію на міжнародних та всеукраїнських наукових конференціях. Де опубліковано 7 матеріалів апробаційного характеру.

Зміст дисертації в повній мірі відповідає змісту опублікованих праць.

7. Оцінка змісту дисертації, її завершеність в цілому, відповідність встановленим вимогам до оформлення дисертацій.

Дисертаційна робота написана загальноприйнятою науковою мовою з використанням сучасної української наукової термінології. Робота виконана на належному науковому рівні, є завершеною науковою працею, має усі необхідні складові та відображає рішення актуальних науково-прикладних завдань.

8. Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності.

У дисертації Коваленка О.О. не виявлено порушень академічної доброчесності. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів містять посилання на відповідні джерела.

9. Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

1. Висновки на підставі аналізу виразів (2.18), (2.19), носять явний та загальновідомий характер (стор. 57).
2. *«Відзначено, що найбільш гладким є закон керування з кубічною формою (2.34)».* Що таке «найбільш гладким»?
3. *«Зміна швидкості першої маси залежить від законів керування, які визначають різні форми збільшення та зменшення параметра керування. Для частотно-регульованого приводу таким параметром є частота струму, що живить двигун»* (стор. 69). *«Частотні перетворювачі системи керування реалізують режими зміни частоти струму...»* (стор. 132) та інш. Живить електродвигун напруга, частота та амплітуда якої, змінюється залежно від закону частотного керування. Струм – це слідство напруги живлення та опору електричного кола.
4. *«Через значну кількість об'єктів у конструкції (близько 800 балок), процес розбиття елементів на скінченну елементну сітку, відбувається досить довго»* (стор. 98). «Досить довго», це скільки за часом?
5. Розділ 3 присвячено підготовки та розгляду методики проведення подальших досліджень. Як правило, починаючи з 3-го розділу більшість авторів дисертаційних робіт вже присвячують безпосередні дослідженням. Доцільно було розмістити матеріал 3-го Розділу у 2-му Розділі роботи.
6. *«Використовуючи отримані результати можливо оцінити вплив розглядуваних законів зміни крутного моменту на динамічні навантаження і термін служби розглядуваних елементів. Складемо план чисельного експерименту згідно таблиці 3.1.»* (стор. 99). Таблиця 3.1 має чотири стовпця експериментів з однаковими чисельними

даними, які повторюються чотири рази. Який саме вплив розглядуваних законів та їх особливості можливо оцінити на підставі даних цієї таблиці?

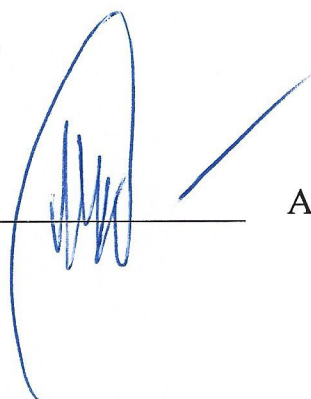
7. Характер змін прискорень за деяких законів управління, що розглянуті на рис. 4.3, дуже негативно позначаються на якості пускових режимів та призводять до значних коливань і перевантажень. Для таких складних і дорогих механізмів як баштові крани, слід було розглянути режими пуску з обмеженням не тільки прискорення, а її першої похідної - ривка. Це призвело б до значного поліпшення динаміки пуску.
8. Частота коливань двомасової системи та кут зсуву за фазою, в роботі позначаються також, як і швидкість двигуна та коефіцієнт жорсткості механічної характеристики - ω та β . Кінетичні енергії позначені також як і постійні часу, як і тривалості розгону – T . Потенціальні енергії позначені як і лінійні швидкості V . Це викликає незручності при аналізі матеріалу роботи.
9. *«При керуванні двигуном з фазним ротором.. та при керуванні частотно- регульованим приводом»* (4,4, 4,5). Також, *«...застосування частотного приводу замість двигуна з фазним ротором...»* (стор. 111)». АД з фазним ротором також можна управляти за допомогою ПЧ. Треба вказувати, що порівнюється саме реостатне регулювання АДФ та частотне АДК. Або порівняння електроприводів з реостатним керуванням та частотним.
10. *«Представлена методика оцінки збільшення довговічності елементів металоконструкції...»* (висн. 3, стор. 113). Краще *«Представлена методика оцінки довговічності елементів металоконструкції...»*. Збільшення або зменшення – це підсумок аналізу за методикою, яку розроблено.

10. Висновок про відповідність дисертації встановленим вимогам

Вважаю, що дисертація виконана на високому науковому рівні, є завершеною науковою працею, яка містить низку нових, актуальних та достовірних результатів, що свідчать про її складність, систематичність та важливе значення для галузі знань «Механічна інженерія». Дисертація відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» (із змінами) та «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 № 44 від 12 січня 2022 р. (із змінами), а її автор Коваленко Олег Олександрович заслуговує присудження йому ступеня доктора філософії за спеціальністю 133 – «Галузеве машинобудування»

Доктор технічних наук, професор,
директор навчально-наукового інституту
електротехніки та електромеханіки
Національного університету
«Одеська політехніка»



Андрій БОЙКО

Вчений секретар Вченої ради
Національного університету
«Одеська політехніка»



Лада ПРОКОПОВИЧ