

УДК 621.87

## ОПТИМІЗАЦІЯ СУМІСНОГО ПУСКУ МЕХАНІЗМІВ ПІДЙОМУ ВАНТАЖУ ТА СТІЛИ СТІЛОВОГО КРАНА

**В. С. ЛОВЕЙКІН** д.т.н., професор

**І. О. КАДИКАЛО** к.т.н., старший викладач

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: lovvs@ukr.net, kadykaloivan@nubip.edu.ua*

При сумісному русі механізмів підйому вантажу та стріли стрілового крана зростають динамічні навантаження, що спричиняє додаткове енергоспоживання та призводить до передчасного зношування конструктивних елементів крана. Метою дослідження є підвищення ефективності функціонування стрілового крана шляхом оптимізації режимів сумісного запуску механізмів підйому вантажу та стріли, що дозволить зменшити енергоспоживання.

Для досягнення цієї мети використано методи аналітичної механіки, варіаційного числення та модифікований метаевристичний метод рою частинок. У результаті застосування цих методів було оптимізовано сумісний запуск механізмів стріли та підйому вантажу. Динамічна модель спільного руху механізмів крана представлена системою з чотирма ступенями вільності, що враховує основні переміщення механізмів, а також пружні коливання приводу механізму підйому вантажу та низькочастотні коливання вантажу на гнучкому підвісі.

На основі цієї динамічної моделі розроблено математичну модель у вигляді системи диференціальних рівнянь другого порядку, яку зведено до системи двох рівнянь четвертого порядку. Оптимізацію режиму запуску механізмів виконано за критерієм середньоквадратичного значення загальної потужності приводів з урахуванням обмежень на керуючі моменти приводів. Обмежену оптимізаційну задачу зведено до задачі без обмежень шляхом формування узагальненого критерію.

Розв'язання нелінійної задачі оптимізації сумісного запуску механізмів стріли та підйому вантажу здійснено за допомогою модифікованого метаевристичного методу рою частинок. У результаті оптимізації визначено режими запуску механізмів, які мінімізують загальну потужність приводів та усувають низько- та високочастотні коливання конструктивних елементів крана, що сприяє підвищенню його надійності та зниженню енергоспоживання. Запропонований оптимальний режим рекомендовано для використання в системах керування механізмами підйому вантажу та стріли крана.

З метою мінімізації енергоспоживання у приводах механізмів підйому вантажу та стріли стрілового крана при дотриманні заданих обмежень сформульовано та вирішено оптимізаційну задачу. У цій задачі оптимальні режими запуску механізмів визначено шляхом мінімізації інтегрального

критерію, що задовольняє граничні умови руху системи та обмеження на момент приводу механізмів. Оскільки енергоспоживання системи стріли значною мірою залежить від потужності приводів механізмів стріли та підйому вантажу, критерієм оптимізації обрано середньоквадратичне значення загальної потужності обох приводів у процесі сумісного запуску.

З метою зменшення навантажень на конструктивні елементи крана та приводи механізмів враховано обмеження на мінімальні та максимальні значення моментів приводів. У сформульованій оптимізаційній задачі критеріальний вираз у вигляді середньоквадратичного значення потужності приводів, разом з обмеженнями на керуючі моменти, представлено як узагальнений критерій оптимізації. Спочатку розв'язано питання забезпечення обмежень на керуючі моменти приводів, після чого розглянуто задачу мінімізації середньоквадратичного значення критерію, що дозволило звести обмежену оптимізаційну задачу до задачі без обмежень.

Оскільки оптимізаційна задача визначення режиму руху механізмів стріли та підйому вантажу стрілового крана є нелінійною, її неможливо розв'язати аналітично. Тому застосовано апроксимаційний метод, де шукані функції для механізмів стріли та підйому вантажу представлено як суму двох поліномів. Перший поліном забезпечує виконання граничних умов руху, а другий містить вільні коефіцієнти, що мінімізують узагальнений критерій оптимізації. Значення вільних коефіцієнтів визначено із застосуванням модифікованого метаевристичного методу VCP-PSO.

Розв'язання оптимізаційної задачі дозволило визначити режими сумісного запуску механізмів стріли та підйому вантажу стрілового крана, що мінімізують загальне енергоспоживання приводів. Це досягнуто шляхом зменшення максимального значення моменту приводу механізму підйому вантажу на 13,9%.

У процесі оптимізації режимів сумісного запуску механізмів розглянуто два варіанти розрахунків: базовий та оптимізований. Їх порівняння показало, що отримані результати є близькими за більшістю показників. Однак базовий варіант забезпечує лише виконання граничних умов руху, тоді як оптимізований додатково враховує обмеження на керуючі моменти. Таким чином, при виборі режиму руху доцільно орієнтуватися на оптимізований метод розрахунку.

Подальші дослідження оптимізації режимів роботи стрілової системи крана доцільно проводити з урахуванням динамічної моделі з перемінною довжиною стріли.

### **Список використаних джерел**

1. Loveikin, V., Romasevych, Yu., Loveikin, Yu., Krushelnytskyi, V., & Kadykalo, I. (2024). Optimization of the joint startup of the boom and load hoisting mechanisms of a jib crane. *Machinery & Energetics*, 15(4), 9-21. <https://doi.org/10.31548/machinery/4.2024.09>

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ МЕХАНІКИ ТА АВТОМАТИКИ АПВ НААН  
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**



***ЗБІРНИК  
ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ***

***XII Міжнародної науково-технічної конференції з нагоди  
118-ї річниці від дня народження  
доктора технічних наук, професора,  
віцепрезидента УАСГН  
КРАМАРОВА  
Володимира Савовича  
(1906-1987)***

**«КРАМАРОВСЬКІ ЧИТАННЯ»**

***20-21 лютого 2025 року  
м. Київ***

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE  
NATIONAL UNIVERSITY OF LIFE AND ENVIRONMENTAL  
SCIENCES OF UKRAINE  
INSTITUTE OF MECHANICS AND AUTOMATICS OF  
AGROINDUSTRIAL PRODUCTION OF THE NATIONAL  
ACADEMY OF AGRARIAN SCIENCES OF UKRAINE STATE  
BIOTECHNOLOGICAL UNIVERSITY



## ***PROCEEDINGS***

*XII International Scientific and Technical Conference dedicated  
to the 118th anniversary of the birth of  
Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Vice President of the UAAS  
KRAMAROV  
Volodymyr Savovych  
(1906-1987)*

**«KRAMAROV'S READINGS»**

*February 20-21, 2025  
Kyiv*

УДК 631.17+62-52-631.3

Збірник тез доповідей XII Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» з нагоди 118-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, віцепрезидента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906-1987) 20-21 лют. 2025 р., м. Київ / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. К.: Видавничий центр НУБіП України, 2025. 662 с.

Proceedings of the XII International Scientific and Technical Conference dedicated to the 118th anniversary of the birth of Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice President of the UAAS Kramarov Volodymyr Savovych (1906–1987), February 20–21, 2025, Kyiv / MES of Ukraine, National University of Life And Environmental Sciences of Ukraine. Kyiv: Publishing center of NULES of Ukraine, 2025. 662 p.

В збірнику представлені тези доповідей науково-педагогічних працівників, наукових співробітників, аспірантів та студентів НУБіП України, провідних вітчизняних і закордонних вищих навчальних закладів та наукових установ, в яких розглядаються завершені етапи розробок.

The Proceedings presents abstracts of reports of scientific and pedagogical workers, research staff, graduate students and students of the NULES of Ukraine, leading domestic and foreign higher educational institutions and scientific institutions, in which completed stages of development are considered.