

## СЕКЦІЯ 4 «АВТОМАТИЗОВАНІ ЛОГІСТИЧНІ СИСТЕМИ»

УДК 621.87

**Нсженцев О.Б.**, к.т.н., доц.  
КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

### ВИБІР ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ВАЛІВ І МУФТ КРАНОВИХ МЕХАНІЗМІВ З КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

***Анотація.** Проведено дослідження по застосуванню валів і муфт з композиційних матеріалів в кранових механізмах з метою зниження динамічних навантажень на металоконструкцію крана та зменшення амплітуди коливання вантажу. Виконано оптимізацію параметрів швидкохідних валів-вставок з муфтами в механізмах пересування крана та підйому вантажу. Оптимізація методом крутого сходження проводилася за результатами комп'ютерних експериментів на тримасових математичних моделях мостового крана при розгоні і гальмуванні механізмів підйому і пересування. В якості критерію оптимізації використана узагальнена функція бажаності, що містить максимальні динамічні навантаження на металоконструкцію крана і вантаж, час перехідного процесу і максимальну амплітуду розгойдування вантажу.*

***Ключові слова:** вантажопідіймальні крани, кранові механізми, вали, муфти, композиційні матеріали*

Вантажопідіймальні крани є основним обладнанням перевантажувальних терміналів логістичних систем. Перехідні процеси кранів супроводжуються великими динамічними навантаженнями, що призводить до зменшення довговічності елементів приводів і металоконструкцій, а також до зниження продуктивності кранів через розгойдування вантажів, яке ускладнює їх позиціонування, уповільнює технологічний процес завантаження-розвантаження, збільшує тривалість робочого циклу. Крім того, в деяких галузях (металургійній, хімічній тощо) пред'являють жорсткі вимоги щодо величини розгойдування вантажу в процесі роботи крана (наприклад, при транспортуванні розплавленого металу, отруйних або радіаційних вантажів), що пов'язано з дотриманням безпеки перевантажувальних робіт. Тому при перевальці вантажів за допомогою кранів актуальною проблемою залишається зниження динамічних навантажень та розгойдування вантажів.

Відомо способи зменшення коливань вантажу, закріпленого на гнучкому підвісі [1-3 та ін.]. Однак використання цих способів або призводить до підвищення динамічного навантаження елементів приводу (через те, що керування рухом здійснюють при максимально можливих та знакозмінних гальмуючих зусиллях [1]) і знижує їх надійність та термін служби, або відомі закони є занадто складними і потребують оснащення кранів складними, дорогими і ненадійними датчиками і системами управління [2, 3 та ін.].

Заслугове уваги також спосіб зменшення коливань вантажу, закріпленого на гнучкому підвісі при якому момент гальмування приводу пересування крана (візка) змінюють поетапно (електродвигуном в режимі електричного гальмування і механічним гальмом) за законом [4, 5]:

$$M_{\Gamma} = \begin{cases} M_{\text{д}} \approx 0,5M_{\text{к.г}}, & \text{при } 0,5V_{\text{н}} < V \leq V_{\text{н}} \\ M_{\text{к.г}}, & \text{при } 0 \leq V \leq 0,5V_{\text{н}} \end{cases}, \quad (1)$$

де  $M_{\text{д}}$  - середній момент двигуна механізму пересування крана в режимі гальмування;  $M_{\text{к.г}}$  - розрахунковий гальмівний момент колодкового гальма механізму пересування крана (візка),  $N \times \text{м}$ ;  $V_{\text{н}}$  - номінальна швидкість руху крана, м/с;  $V$  – поточна швидкість руху крана, м/с.

Запропонований спосіб формування моменту гальмування приводу пересування крана (1) відрізняється високою ефективністю та дозволяє суттєво зменшити динамічні навантаження на металоконструкцію крана та амплітуду коливання вантажу. Разом з тим, цей спосіб також потребує внесення змін у систему управління краном та оснащення її

мікропроцесором і датчиками швидкості, що знижує надійність та підвищує вартість крана.

Іншим шляхом формування перехідних режимів вантажопідіймальних кранів, оптимальних за динамічним навантаженням і швидкодії, є застосування кранових валів і муфт з композиційних матеріалів з наперед заданими пружно-в'язкими характеристиками. Рішення зазначеної задачі базується як на використанні переваг композитів в порівнянні з традиційними металами в значно ширшому діапазоні пружно-в'язких характеристик і більш високою питомою міцністю (в 2,5 - 3 рази), так і за рахунок застосування оригінальних конструктивних рішень (наприклад, об'єднання швидкохідного вала-вставки з двома напівмуфтами по кінцям в один нероз'ємний елемент з композиційного матеріалу).

Мета роботи: вибір оптимальних параметрів валів і муфт кранових механізмів з композиційних матеріалів за критерієм мінімальних динамічних навантажень.

Для досягнення зазначеної мети для механізмів підйому і пересування мостового крана вантажопідіймністю 20/5 т було вирішено два завдання параметричної оптимізації. Перше завдання полягало у визначенні оптимальних за динамічним навантаженням і швидкістю пружно-в'язких характеристик швидкохідних валів-вставок з муфтами. Для її вирішення на тримасових математичних моделях мостового крана була виконана оптимізація методом крутого сходження при розгоні і гальмуванні механізмів підйому і пересування. В якості критерію оптимізації використана узагальнена функція бажаності Харрінгтона, що містить максимальні динамічні навантаження на металоконструкцію крана і вантаж, час перехідного процесу і максимальну амплітуду розгойдування вантажу. Інтегрування системи диференціальних рівнянь, яка описує перехідні процеси мостового крана чисельним методом за допомогою розробленої програми (в середовищі Delphi) дозволяє з високою точністю розраховувати значення переміщень, швидкостей і прискорень приведених мас, навантажень металоконструкції і вантажу.

Вирішення другого завдання було спрямоване на визначення оптимальних конструктивних і технологічних параметрів, а також хімічного складу елементів з композиційних матеріалів, що мають задані оптимальні пружно-в'язкі характеристики. В якості варійованих факторів використовувалися: геометричні розміри елементів, кількість армуючих волокон, їх взаємне розташування, кути навивки, процентний вміст окремих хімічних елементів в волокнах і наповнювачі. На показники міцності накладалися односторонні обмеження, а максимальні геометричні розміри обмежувалися введенням відповідних штрафних функцій.

Застосування розроблених швидкохідних валів з муфтами із композиційних матеріалів з оптимальними параметрами дозволить знизити рівень динамічних навантажень на металоконструкції кранів на 30-45%, на вантажі – в 2,5-3 рази, а також скоротить час робочого циклу і поліпшить умови роботи операторів кранів. Особливо ефективним є їх застосування на вантажопідіймальних кранах, до роботи яких пред'являються підвищені вимоги до плавності перехідних процесів: розливних, міксерних, скраповозалочних, колодязних і ін. металургійних кранів.

#### **Список використаних джерел**

1. Григоров О. В. Вантажопідіймні машини: навчальний посібник / О. В. Григоров, Н.О. Петренко. – Х.: НТУ «ХП», 2006. – 304 с.
2. Патент України на винахід №94511, МПК В66С13/06, 13/22. Спосіб зменшення коливань вантажу, закріпленого на гнучкому підвісі / В.С. Ловейкін, Ю.О. Ромасевич: власник Національний університет біоресурсів і природокористування України. – Опубл. 10.05.2014. Бюл. №9.
3. Мещеряков В.Н. Ограничение колебаний груза, перемещаемого мостовыми кранами / В.Н. Мещеряков, В.В. Колмыков, Д.В. Мигунов // Фундаментальные исследования. – 2015. - № 6-2. – С. 268-272.
4. Патент України на корисну модель №116294, МПК В66С13/06 Спосіб зменшення коливань вантажу, закріпленого на гнучкому підвісі / О.Б. Неженцев, П.В. Збітнев: власник Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». – Опубл. 10.05.2017. Бюл. №9.
5. Збітнев П.В. Зменшення амплітуди коливання вантажу при гальмуванні мостових кранів / П.В. Збітнев, О.Б. Неженцев // Актуальні проблеми науково-промислового комплексу регіонів, 18-24 квітня 2017 р., м. Рубіжне / Ілляшенко О.В., Рубан Е.В. – Харків: Мачулін, 2017. – с. 253-256.