

*В статье приведены результаты изучения возможностей реализации разных по своей природе способов и методов неразрушающего контроля при их выборе для эффективного выявления основных дефектов и повреждений для получения адекватных показателей при дефектовке и диагностировании сельскохозяйственных машин.*

***Дефектовка, диагностирование, дефекты, повреждения, детали, машины, способы, методы, реализация, выявление.***

*There are presented results over of study of marketabilities of different on the nature methods of non-destructive control are brought for the effective exposure of basic defects and damages at their choice for the receipt of adequate indexes at defect finding and diagnosing of agricultural machines in the article.*

***Defect finding, diagnosing, defects, damages, details, machines, methods, realization, exposure.***

УДК 621.873

## **ДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ РУХУ КРАНА-ШТАБЕЛЕРА З УРАХУВАННЯМ МЕХАНІЧНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИГУНА**

***В.С. Ловеїкін, доктор технічних наук  
Ю.О. Ромасевич, кандидат технічних наук  
В.В. Крушельницький, аспірант\****

*В роботі проведений динамічний аналіз руху крана-штабелера. Поставлене завдання вирішене за допомогою чисельного інтегрування диференціальних рівнянь руху крана-штабелера. Результати роботи проілюстровані графіками, що характеризують процес розгону колони крана-штабелера.*

***Кран-штабелер, динамічні навантаження, динамічна модель, колона крана-штабелера, динамічний аналіз.***

**Постановка проблеми.** Сучасний розвиток науки і техніки привів до комплексної автоматизації складських приміщень. Застосування кранів-штабелерів дає змогу більш ефективніше використовувати складські приміщення. Якісне керування механізмами цих кранів оцінюється такими показниками як кількість витраченої електроенергії, точність позиціонування, величиною

\*Науковий керівник – доктор технічних наук В.С. Ловеїкін

© В.С. Ловеїкін, Ю.О. Ромасевич, В.В. Крушельницький, 2014

динамічних навантажень, кількість операцій, що виконуються за одиницю часу, тривалість перехідних процесів. В складському приміщенні кран-штабелер є основним засобом доступу до вантажу. При виході із ладу обладнання для обслуговування складу зупиняється обслуговування стелажів з вантажем, тобто фактично зупиняється робота складського комплексу в цілому. Для уникання таких ситуацій, при використанні крана штабелера в складських приміщеннях, необхідно своєчасно проводити технічне обслуговування. Також при роботі механізмів крана мають забезпечуватись показники надійності та довговічності а також мінімальні значення динамічних навантажень на механізми переміщення та несучу металоконструкцію крана. Тому динамічні навантаження необхідно мінімізувати. Для цього виникає необхідність проведення динамічного аналізу руху крана-штабелера.

**Аналіз останніх досліджень.** Дослідженнями покращення динамічних характеристик кранів-штабелерів займалися багато науковців [1–5]. Їхні дослідження, в основному, базуються на удосконаленні системи керування, а саме розробці алгоритмів руху системи та програмного забезпечення.

Слід відмітити роботи [2, 4, 5], так наприклад автор роботи [2] розробив математичну модель основних елементів крана-штабелера ОК-1,0. В моделі враховувано, що двигуни приводів включаються одночасно, також гальма накладаються одночасно, маси моста, візка, приведена і колони прикладені до поступального руху, маса механізму переміщення зосереджена в середині прольота моста, а залежність в'язкого тертя прийнята прямо-пропорційною від швидкості. Автор роботи [4] займався оптимізацією стелажних роботів, досліджував динаміку крана-штабелера РС-1,0, розробив його математичну та динамічну моделі. Автори роботи [5] займалися динамічним та математичним моделюванням, коливаннями конструкції колони під дією нерівностей підкранового шляху, навантаженнями, що діють на кран-штабелер при наїзді низом колони на перешкоду та тиском катків мостового крана-штабелера на кранові шляхи.

**Метою досліджень** є проведення динамічного аналізу руху крана-штабелера в процесі розгону колони крана-штабелера.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання: побудувати динамічну та математичну моделі, що описують рух крана-штабелера з вантажем; розв'язати рівняння руху та побудувати графіки, що характеризують перехідний процесу пуску крана-штабелера, з урахуванням прикладеного приводного зусилля, яке змінюється за рівнянням Клосса [6]; проаналізувати отримані результати.

**Результати досліджень.** Для проведення дослідження прийнято двомасову динамічну [4] модель (рис. 1), що описує рух механічної системи, з наступними припущеннями: приведена маса  $m_1$  включає масу колони та обладнання закріпленого на ній; приведена маса  $m_2$  включає масу вантажу; рух мас  $m_1$  та  $m_2$  визначається відповідно узагальненими координатами  $x_1$  і  $x_2$ ; пружній зв'язок між масами характеризується згинною постійною жорсткістю  $c$ ; зусилля  $F$  прикладене до приводного колеса, змінюється за рівнянням Клосса; опір переміщення  $W$  крана-штабелера прикладений до поступального руху. На рис. 1 зображено:  $m_1$  – маса колони та обладнання закріпленого на ній;  $m_2$  - маса вантажу;  $x_1$  та  $x_2$  – узагальнені координати мас  $m_1$  та  $m_2$ ;  $c$  – згинна жорсткість колони;  $F$  – сила приводного механізму приведена до приводного колеса.

Для подальших розрахунків використовуємо параметри крана-штабелера РС-1.0 [4] з двигуном АІР112МВ6 та розрахункові параметри моделі наведені у табл.1. Динамічна модель, що зображена на рис. 1, описується наступною системою диференціальних рівнянь [4]:

$$\begin{cases} m_1 \ddot{x}_1 + c(x_1 - x_2) = F - W; \\ m_2 \ddot{x}_2 + c(x_2 - x_1) = 0. \end{cases} \quad (1)$$

### **1. Розрахункові параметри математичної моделі.**

Параметр	Величина
Опір переміщення крана-штабелера, $W$	921,75 Н
Діаметр ходового колеса	0,2 м
Передаточне число механізму	6,63
Коефіцієнт корисної дії механізму,	0,91
Вага вантажу, $m_2$	9810 Н
Вага колони і обладнання закріпленого на ній, $m_1$	41398,2 Н
Жорсткість колони, $c$	$1,326 \cdot 10^6$ Н/м
Максимальний крутний момент двигуна	92,53 Н·м
Критичне ковзання двигуна	0,22
Кутова швидкість ідеального холостого ходу	104,7 рад/с

Система рівнянь (1) є нелінійною за рахунок не лінійності приводного зусилля, тому для її інтегрування необхідно використати чисельні методи. У результаті чисельного інтегрування математичної моделі (1) отримані графіки, які наведені на рис. 2 і рис. 3.

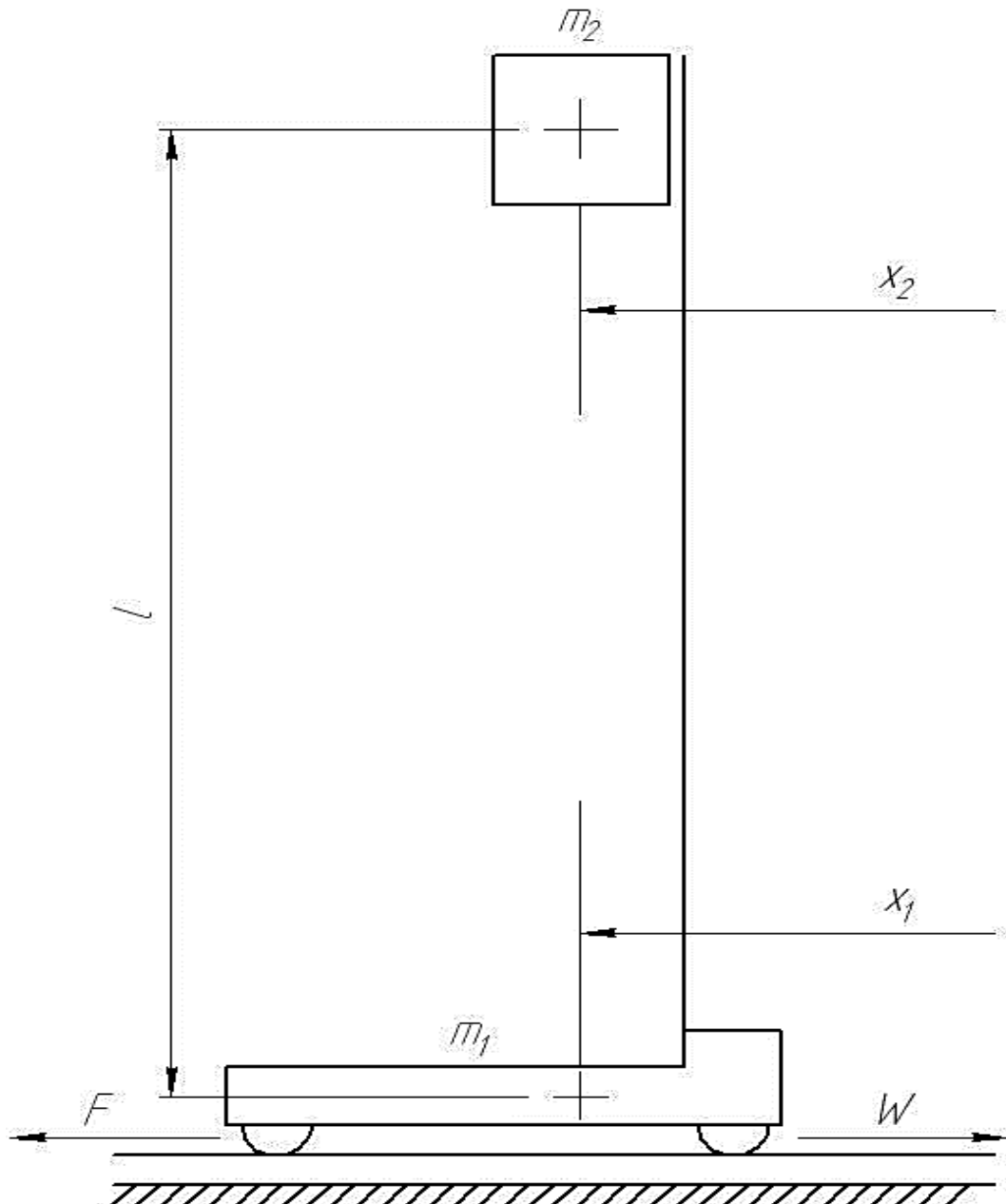
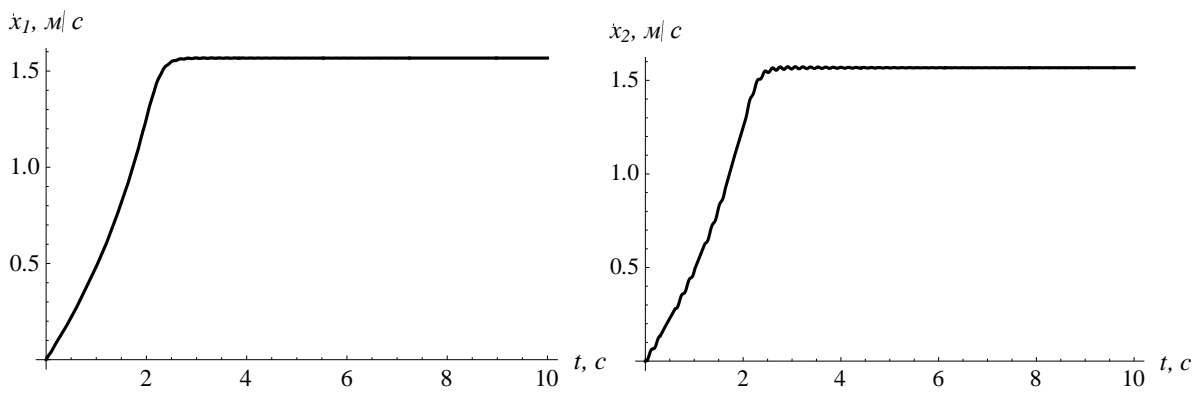


Рис. 1. Динамічна модель крана-штабелера із ванатжем.



а) приведеної маси  $m_1$       б) приведеної маси  $m_2$   
 Рис. 2. Графіки зміни швидкості.

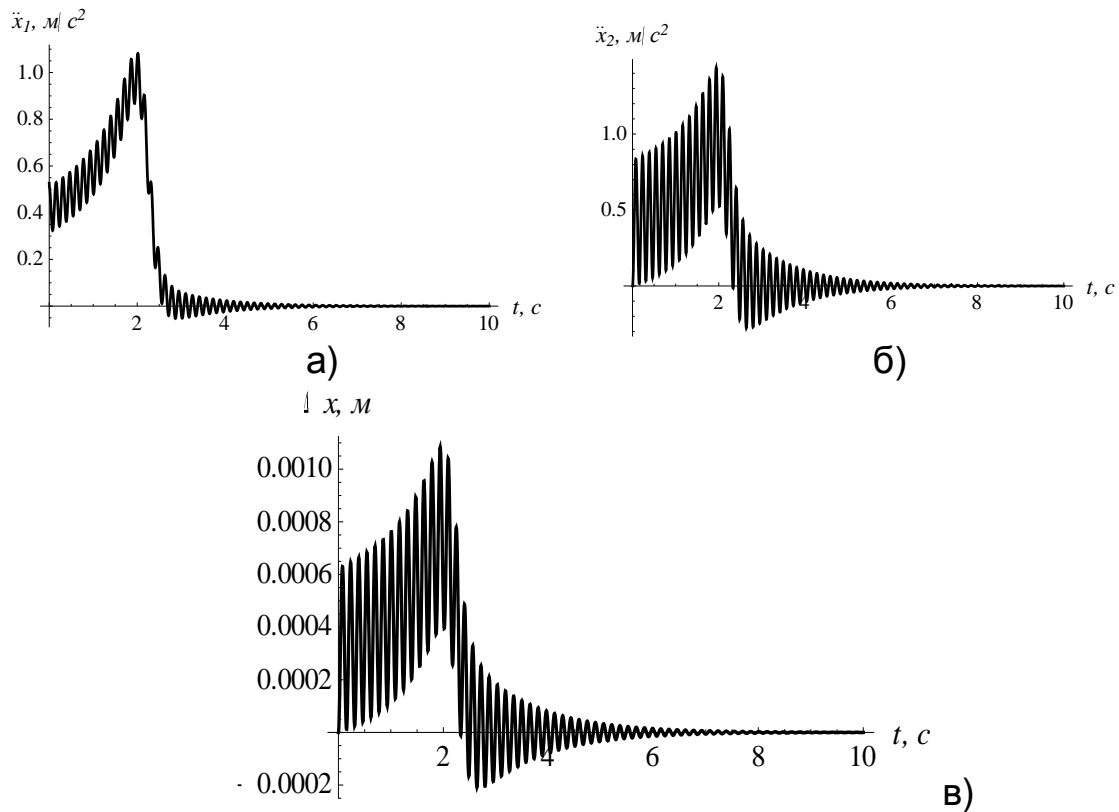


Рис. 3. Графіки зміни: а) прискорення приведеної маси  $m_1$ ; б) прискорення приведеної маси  $m_2$ ; в) відхилення колони при горизонтальному переміщенні в момент перехідного процесу розгону.

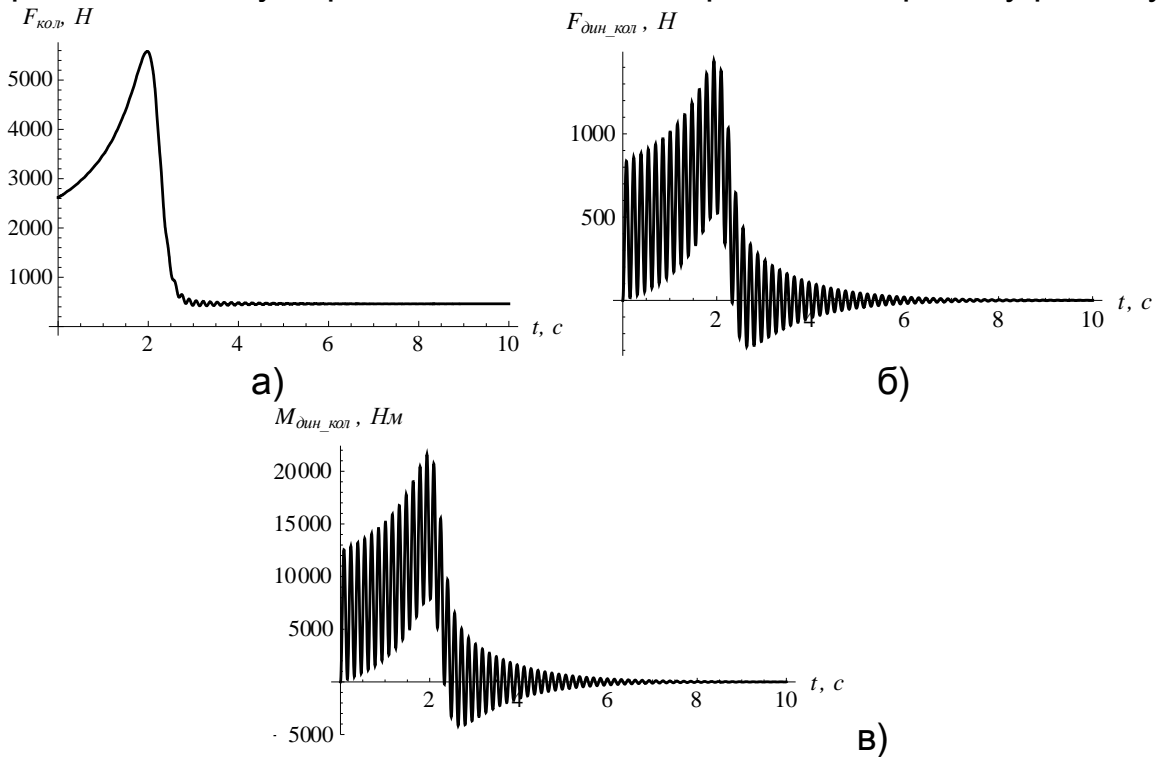


Рис. 4. Графіки зміни: а) зусилля прикладеного до приводного колеса; б) динамічного зусилля прикладеного до приводного колеса; в) крутного моменту колони, що виникає під дією динамічного зусилля прикладеного до ходового колеса.

**Висновок.** Усунути коливання колони, під час початку руху можливо шляхом оптимізації перехідного процесу розгону/гальмування. Оптимізація перехідного процесу дасть змогу зменшити динамічні навантаження на металоконструкції крана-штабелера та покращить динамічні показники кранового механізму.

### **Список літератури**

1. *Антонец И.В.* Разработка и исследование бесконтактных децентрализованных устройств адресования систем управления автоматизированными транспортно-складскими комплексами : автореф. дис. на соиск. уч. степени доктора тех. наук: спец. 05.13.05 «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления» / *И.В. Антонец*. – Ульяновск, 2008. – 28 с.
2. *Поляков С.В.* Математическое моделирование виброактивной системы мостового крана-штабелера с переменными параметрами : автореф. дис. на соиск. уч. степени канд. тех. наук: спец. 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» и 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы» / *С.В. Поляков*. – Ульяновск, 2009. – 19 с.
3. *Седых М.И.* Повышение эффективности автоматизированных механообрабатывающих участков серийного производства путем рационального построения приемо-сдаточных секций: автореф. дис. на соиск. уч. степени кандидата технических наук: спец. 05.13.06 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические системы)» / *М.И. Седых*. – М., 2007. – 26 с.
4. *Зерцалов А.И.* Краны-штабелеры: Изд. 2-е доп. и переработ / *А.И. Зерцалов, Б.И. Певзнер*. – М., «Машиностроение», 1974. – 216с.
5. *Ключник А.Л.* Анализ динамического поведения и оптимизация стелажных роботов: дис. канд. тех. наук / *Александр Леонидович Ключник*. – Х., 1992. – 180 с.
6. *Крицштейн А.М.* Электрические машины: Методические указания / *А.М. Крицштейн*. – Ульяновск: УлГТУ, 2003. – 51 с.

*В работе проведен динамический анализ движения крана-штабелера. Поставленная задача решена с помощью численного интегрирования дифференциальных уравнений движения крана-штабелера. Результаты работы проиллюстрированы графиками, характеризующие процесс разгона колонны крана-штабелера.*

***Кран-штабелер, динамические нагрузки, динамическая модель, колонна крана-штабелера, динамический анализ.***

*The work carried out dynamic analysis of crane Stacker. Of task solved by numerical integration of differential equations of crane Stacker. The results of illustrated graphs that characterize the process of overlocking Stacker crane column.*

***Truck Stacker, dynamic loading, dynamic model, mathematical model, reduced weight, Stacker crane column, dynamic analysis.***