



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 94511

(13) C2

(51) МПК

B66C 13/06 (2006.01)

B66C 13/22 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ ЗМЕНШЕННЯ КОЛИВАНЬ ВАНТАЖУ, ЗАКРІПЛЕНОГО НА ГНУЧКОМУ ПІДВІСІ

1

2

(21) а200910721

(22) 23.10.2009

(24) 10.05.2011

(46) 10.05.2011, Бюл.№ 9, 2011 р.

(72) ЛОВЕЙКІН ВЯЧЕСЛАВ СЕРГІЙОВИЧ, РОМА-
СЕВИЧ ЮРІЙ ОЛЕКСАНДРОВИЧ(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУР-
СІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

(56) UA 87236; 25.09.2009

SU 1654243 A1; 07.06.1991

SU 1342866 A1; 07.10.1987

US 5938052; 17.08.1999

SU 1646981 A1; 07.05.1991

DE 1278079; 19.09.1968

SU 1558851 A1; 23.04.1990

US 6588610 B2; 08.07.2003

US 5443566; 22.08.1995

US 5495955; 05.03.1996

(57) Спосіб зменшення коливань вантажу, закріпленого на гнучкому підвісі, що включає керування рухом візка для усунення коливань вантажу протягом перехідних режимів руху, який відрізняється тим, що протягом розгону задають швидкість руху візка, яка змінюється за законом:

$$\dot{x}_{1\text{розгін}} = \frac{v t^3}{g T^9} \left[2520(2t - T)(t - T)^3 + g t^2 (70t^4 - 135t^3 T + 540t^2 T^2 - 420t T^3 + 126T^4) \right],$$

де g - прискорення вільного падіння, м/с²; t - поточний час, с; v - номінальна швидкість візка, м/с; l - довжина гнучкого підвісу, м; T - час перехідного режиму руху візка, с,

а протягом гальмування за таким законом:

$$\dot{x}_{1\text{гальм}} = \frac{-v(t - T)^3}{g T^9} \left[2520l t^3 (2t - T) + g(t - T)^2 (70t^4 + 35t^3 T + 15t^2 T^2 - 5t T^3 + T^4) \right].$$

Винахід належить до способів керування робочими рухами механізмів підйомно-транспортних машин.

В багатьох випадках технологічний процес перевантаження вимагає накладення обмеження на величину відхилення вантажу від вертикалі (транспортування рідкого металу, хімічно активних речовин і т.д.). Задовольнити це обмеження при ручному керуванні досить важко. Тому актуальною є задача здійснення перевантажувального процесу при відхиленні вантажу, яке не перевищує деякої наперед заданої величини, причому коливання вантажу протягом усталеного руху кранового візка та в кінці руху повинні бути відсутні.

Відомий спосіб для усунення коливань вантажу, відповідно до якого здійснюється керування рухом візка, що дає змогу усунути коливання ван-

тажу протягом перехідних режимів руху. Таке керування дозволяє розганяти (гальмувати) візок крана за мінімально можливий час з усуненням коливань вантажу, причому величина відхилення вантажу від вертикалі обмежується (Григоров О.В., Петренко Н.О. Вантажопідйомні машини. - Х.: ХТУ "ХШ", 2006. - 304 с.). Цей спосіб вибрано як прототип.

Недоліком прототипу є те, що керування рухом здійснюється при максимально можливих приводних (гальмуючих) зусиллях. Причому ці зусилля миттєво змінюють свою величину на протилежне значення. Це призводить до підвищення динамічного навантаження елементів приводу візка, що в кінцевому випадку знижує їх надійність та термін служби.

(13) C2

(11) 94511

(19) UA

Винаходом поставлено задачу покращити динаміку руху кранового візка з усуненням коливань вантажу протягом перехідних режимів руху (розгін/гальмування) з обмеженням величини відхилення вантажу від вертикалі.

Поставлена винаходом задача вирішується тим, що у способі зменшення коливань вантажу

$$\dot{x}_{\text{розгін}} = \frac{vt^3}{gT^9} \left[2520l(2t - T)(t - T)^3 + gt^2(70t^4 - 135t^3T + 540t^2T^2 - 420tT^3 + 126T^4) \right],$$

де g - прискорення вільного падіння, м/с^2 ;

t - поточний час, с

v - номінальна швидкість візка, м/с ;

закріпленого на гнучкому підвісі, що включає керування рухом візка для усунення коливань вантажу протягом перехідних режимів руху, згідно з винаходом, протягом розгону задають швидкість руху візка, яка змінюється за законом:

l - довжина гнучкого підвісу, м ;

T - час перехідного режиму руху візка, с ,

а протягом гальмування за таким законом:

$$\dot{x}_{\text{гальм}} = \frac{-v(t - T)^3}{gT^9} \left[2520lt^3(2t - T) + g(t - T)^2(70t^4 + 35t^3T + 15t^2T^2 - 5tT^3 + T^4) \right].$$

Таким чином, згідно з запропонованим способом, крановий візок протягом розгону (гальмування) рухається зі швидкістю, яка змінюється по певному закону, який описується поліномом десятого порядку від аргументу часу. В результаті, коливання вантажу усуваються. Крім того, час перехідного режиму вибирається таким, що обмеження на величину відхилення вантажу від вертикалі задовольняються.

На фіг. 1 зображені графіки зміни переміщення візка x_1 і вантажу x_2 , на фіг. 2 представлені графічні залежності швидкості візка \dot{x}_1 та вантажу \dot{x}_2 , на фіг. 3 показані графіки функції прискорення візка \ddot{x}_1 та вантажу \ddot{x}_2 . Графіки на фігурах 1-3 побудовані для режиму розгону візка з вантажем при таких параметрах: номінальна швидкість руху візка $v = 0,8 \text{ м/с}$, маса візка $m_1 = 2000 \text{ кг}$, маса транспортованого вантажу $m_2 = 2500 \text{ кг}$, довжина гнучкого підвісу $l = 0,8 \text{ м}$, допустимий кут відхилення гнучкого підвісу від вертикалі $\alpha_{\text{доп}} = 15^\circ$, (графіки кінематичних характеристик вантажу зображені штриховою лінією). На фіг. 4. зображений графік зміни динамічного зусилля, що діє на візок протягом розгону, (для режиму гальмування графік зміни приводного зусилля має таку ж форму, але розташований симетрично відносно осі абсцис). На фіг. 5 побудований графік зміни кута відхилення вантажу від вертикалі. На фіг. 6. представлено алгоритм реалізації способу.

Відповідно до алгоритму реалізації способу (фіг. 6) в систему, яка реалізує пропонований спосіб, вводяться дані про відстань переміщення візка з вантажем x , довжину гнучкого підвісу l , та допус-

тиме відхилення гнучкого підвісу вантажу від вертикалі $\alpha_{\text{доп}}$. Далі вводяться значення номінальної швидкості руху візка v та тривалості руху візка протягом перехідних режимів (пуск, гальмування) T . Максимальне відхилення вантажу від вертикалі протягом розгону (гальмування) визначається за формулою:

$$\alpha = \frac{0,251M}{T}, \quad (1)$$

де v - номінальна швидкість візка, м/с ;

l - довжина гнучкого підвісу, м ;

T - час перехідного режиму руху візка, с

Отримане значення α порівнюється з допустимим $\alpha_{\text{доп}}$. Якщо умова $\alpha \leq \alpha_{\text{доп}}$ не виконується, то час T збільшується на деяку величину ΔT і цикл повторюється знову. Якщо ж умова виконалась, то далі відбувається формування величини відстані переміщення візка з вантажем протягом перехідного режиму $x_1(T)$. Потім подвоєне значення відстані переміщення $2x_1(T)$ порівнюється з заданою відстанню переміщення візка за весь цикл x . Це необхідно для того, щоб забезпечити можливість реалізації циклу переміщення візка з вантажем, наприклад, на невеликій відстані. Якщо відстань, яку візок проїде протягом перехідних режимів руху більша за задану відстань x (умова $2x_1(T) \geq x$ виконується), то номінальна швидкість візка зменшується на деяку величину Δv і цикл повторюється. Якщо ж умова $2x_1(T) \geq x$ не виконується, відбувається формування функції швидкості руху візка протягом розгону за формулою:

$$\dot{x}_{\text{розгін}} = \frac{vt^3}{gT^9} \left[2520l(2t - T)(t - T)^3 + gt^2(70t^4 - 135t^3T + 540t^2T^2 - 420tT^3 + 126T^4) \right], \quad (2)$$

а також функції швидкості візка протягом гальмування за формулою:

$$\dot{x}_{1\text{гальм}} = \frac{-v(t-T)^3}{gT^9} \left[2520lt^3(2t-T) + g(t-T)^2(70t^4 + 35t^3T + 15t^2T^2 - 5tT^3 + T^4) \right], \quad (3)$$

де g - прискорення вільного падіння, м/с²;

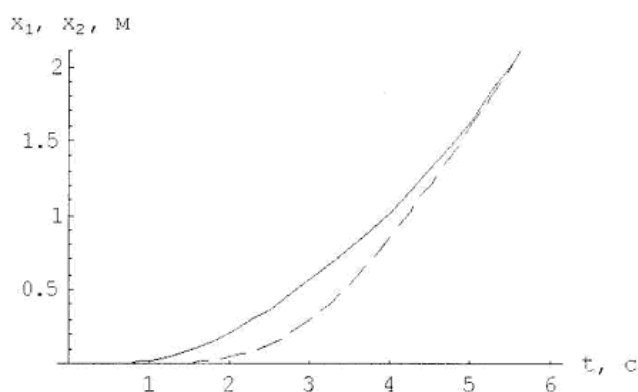
t - поточний час, с.

Маючи всі необхідні дані система, яка реалізує даний алгоритм роботи, здійснює керування рухом візка: розганяє його за законом $\dot{x}_{1\text{розгін}}$ здійснює керування рухом з номінальною швидкістю v , та гальмує при зміні його швидкості за законом $\dot{x}_{1\text{гальм}}$.

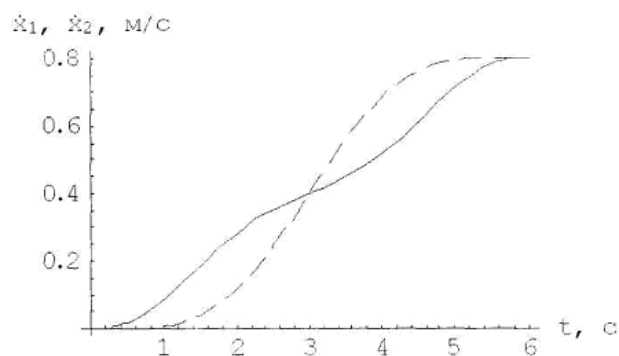
З фігур 1-2 видно, що в кінці перехідних режимів руху візка переміщення та швидкості візка і вантажу будуть однакові, а це означає, що коливання усуваються. Таким чином, протягом усталеного руху та в кінці перевантажувального циклу коливань вантажу не буде. З фіг. 3 видно, що графік прискорення візка плавно сполучається з діля-

нками усталеного руху та стану спокою. На фіг. 4 показаний графік зміни приводного динамічного зусилля, яке не має розривів. Це зменшує динамічне навантаження елементів приводу візка. З фіг. 5 видно, що кут відхилення вантажу від вертикалі не перевищує заданого обмеження (15°). Цей кут набуває максимальної величини при $t = \frac{T}{2}$.

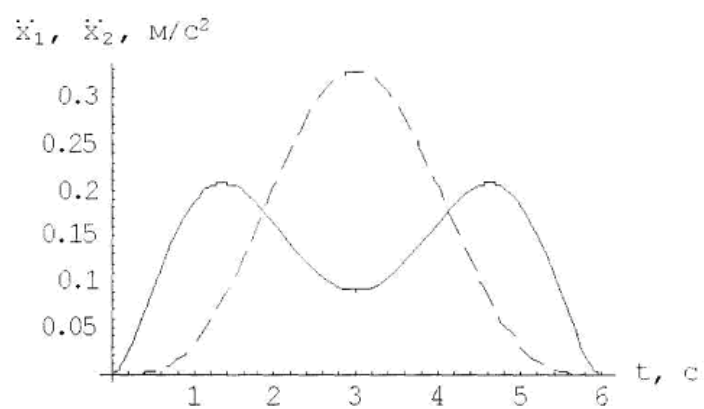
Пропонований спосіб може бути використаний для керування рухом візка за допомогою цифрової автоматизованої системи керування рухом візка, наприклад, на мікроконтролерній базі. Використання способу дозволить скоротити перевантажувальний цикл, покращити умови роботи оператора крана та збільшити ефективність його праці.



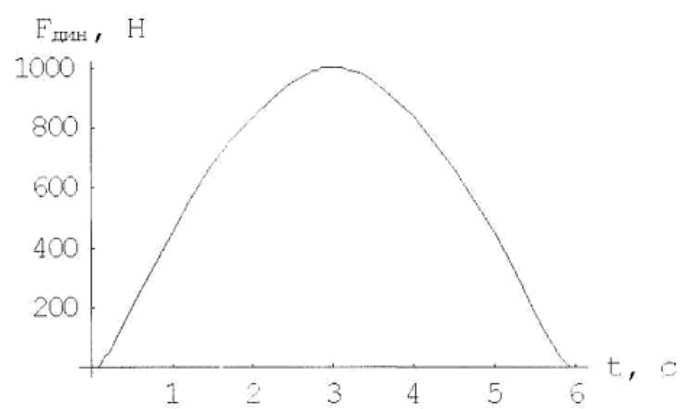
Фіг. 1



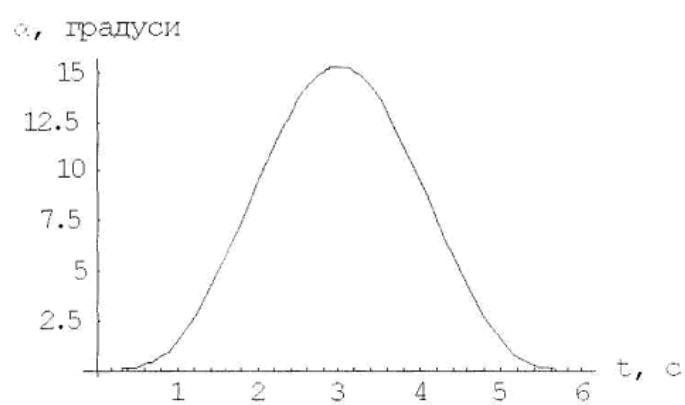
Фіг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5

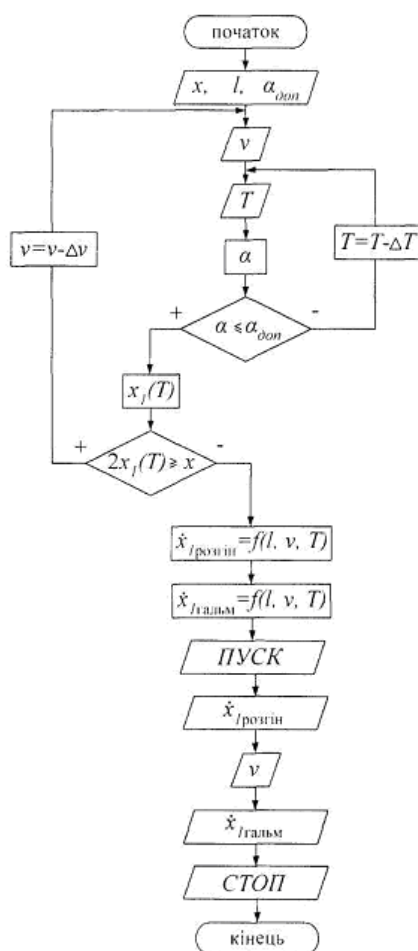


Fig. 6