

2. *Иванов В.П.* Исследование неравномерности урожайности хлебной массы на коротких участках / *В.П. Иванов* // Сб. науч. тр. РосНИИТиМ. – Новосибирск, 2005. – С. 32–36.
3. *Алферов С.А.* Динамика зерноуборочного комбайна / *С.А. Алферов*. – М.: Машиностроение, 1973. – 304 с.
4. *Ждановский Н.С.* Надежность и долговечность автотракторных двигателей / *Н.С. Ждановский, А.В. Николаенко*. – Л.: Колос, 1981. – 294 с.
5. *Терских И.П.* Функциональная диагностика машинно-тракторных агрегатов / *И.П. Терских*. – Иркутск: Изд-во Иркутского университета, 1987. – 310 с.
6. *Болтинский В.Н.* Теория, конструкция и расчет тракторных и автомобильных двигателей / *В.Н. Болтинский*. – М.: Изд-во с.х. литературы, 1962. – 390 с.
7. *Сельскохозяйственные и мелиоративные машины.* Изд-е второе // Под общей ред. *Г.Е. Листопада*. – М.: Агропромиздат, 1986. – 687 с.
8. *Горячкин В.П.* Собрание сочинений / *В.П. Горячкин*: – М.: Колос, 1968. – Т. I. – Изд-во второе. – 720 с.

Уточнена залежність розрахунку швидкості руху зерноуборочного комбайна (ЗК) з урахуванням фактичної потужності двигателя і динаміки руху ЗК. Визначені допустимі межі значень робочих швидкостей для оптимізації завантаження молотилки.

Комбайн, баланс потужності, урожайність, пропускна здатність, завантаження двигателя, молотилка.

The elaborated dependency of calculation to velocities of motion grainharvesting combine (GC) with provision for actual engine size and speakers of motion GC. The possible limits of importance's worker velocities are determined for optimization of oading the thresher.

Combine, balance to powers, productivity, reception capacity, loading engine, thresher.

УДК 621.873

ЗМЕНШЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ЗУСИЛЬ У КРАНОВОМУ МОСТІ ШЛЯХОМ ОПТИМІЗАЦІЇ РЕЖИМІВ РУХУ КРАНА

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

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

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

В роботі розв'язана задача мінімізації інтенсивності зміни горизонтальних навантажень в елементах металоконструкції крана у процесі його пуску. Поставлене завдання вирішене за допомогою методу варіаційного числення. Результати роботи проілюстровані графіками, що характеризують процес пуску крана з мінімальною інтенсивністю зміни горизонтальних динамічних навантажень.

Кран, візок, динамічні навантаження, динамічна модель, приведена маса, балка крана, оптимізація.

Постановка проблеми. Виробники сучасних підйомно-транспортних машин прагнуть покращити їх експлуатаційні показники. Відомо, що під час роботи кранових механізмів, у металоконструкції крана діють значні динамічні навантаження. Зазвичай такі процеси супроводжуються підвищеною витратою електроенергії, вони зменшують надійність крана і призводять до додаткових матеріальних витрат на ремонт. Тому при роботі вантажопідйомних кранів необхідно зменшувати до мінімуму вказані небажані фактори, зокрема, динамічні навантаження в металоконструкціях.

Аналіз останніх досліджень. Автори роботи [1] розробили методику визначення залишкового ресурсу крана, з урахуванням додаткових циклів навантаження, що суттєво впливають на динамічні навантаження у металоконструкції крана, та викликають коливання моста, що знижує циклічну надійність моста крана. В роботі досліджувались навантаження, що виникають при русі крана по нерівностях підкранового шляху, за наявності зазорів у стиках та перепадах висоти. В роботі [2] запропоновано метод розрахунку оптимальних характеристик механізмів переміщення вантажопідйомних кранів, які дають змогу зменшити динамічні навантаження на елементи привода і металоконструкції.

Для розрахунку раціональної гальмівної характеристики механізму переміщення крана, використовувався метод крутого сходження. У якості узагальненого критерію, що необхідно оптимізувати, використовували узагальнену функцію бажаності Харрінгтона. Запропонований метод дає змогу зменшити динамічні навантаження на конструкцію крана, за рахунок розрахованих оптимальних гальмівних характеристик механізмів.

В роботі [3] розглядались проблеми, що характерні для динаміки механізму переміщення крана, використовувалась семи масова динамічна модель та цифрова модель (пакет MATLAB/Simulink) механізму переміщення мостового крана. У цій роботі отримані графіки перехідних процесів пружної сили в

поздовжній та поперечній балках металоконструкції крана. Недоліками роботи є заміна гнучкого підвісу на жорсткий, також при дослідженні динаміки моста використовувалась зовнішня сила прикладена до ведучих коліс, а також не враховані динамічні характеристики електропривода. При дослідженні динамічної моделі мостового крана без поперечного зміщення встановлено характер виникнення механічних коливань при прикладенні рушійного зусилля.

В роботі [4] досліджувались кінцеві умови, за якими коливання елементів мостового крана і вантажу закріпленого на гнучкому підвісі усуваються до кінця перехідного процесу за рахунок зменшення тривалості коливань у елементах крана. В роботі виконана оптимізація перехідного процесу руху крана за критерієм середньоквадратичного відхилення рушійного зусилля.

Автори роботи [5] досліджували раціональні експлуатаційні режими вертикального переміщення мостового крана. Запропоновано використовувати електро-механічну систему на базі мікроконтролера, контролювати темп наростання динамічних навантажень при заданій продуктивності. При дослідженні механічної системи використовувалась двомасова динамічна модель, що не достатньо точно описує рух системи «кран-вантаж».

В Липецькій філії Міжнародного інституту комп'ютерних технологій, проводились дослідження з усунення перекосу моста крана і демпфування коливання вантажу. Автори роботи [6] запропонували застосовувати систему обмеження перекосу моста на основі порівняння переміщень опор моста та систему обмеження перекосу моста на основі визначення положення опори моста відносно підкранової колії на основі фазі-регулятора.

В Донецькому національному технічному університеті [7] займалися гасінням горизонтальних пружних коливань конструкцій мостового крана за рахунок синтезу модального регулятора. При дослідженні використовувалася двомасова динамічна модель та пакет Comsol Multiphysics.

Спираючись на вище вказані дослідження пропонується зменшити динамічні зусилля, що діють на балку крана за допомогою методу варіаційного числення.

Мета досліджень є вирішення задачі мінімізації інтенсивності зміни горизонтальних навантажень в процесі пуску мостового крану за допомогою методу варіаційного числення.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Побудувати динамічну та математичну моделі, що описують рух моста крана з вантажем.

2. Виконати постановку оптимізаційної задачі.
3. Розв'язати оптимізаційну задачу.
4. Проаналізувати отримані результати.

Результати досліджень. Для проведення дослідження використано тримасову динамічну модель мостового крана із вантажем на гнучкому підвісі (рис. 1).

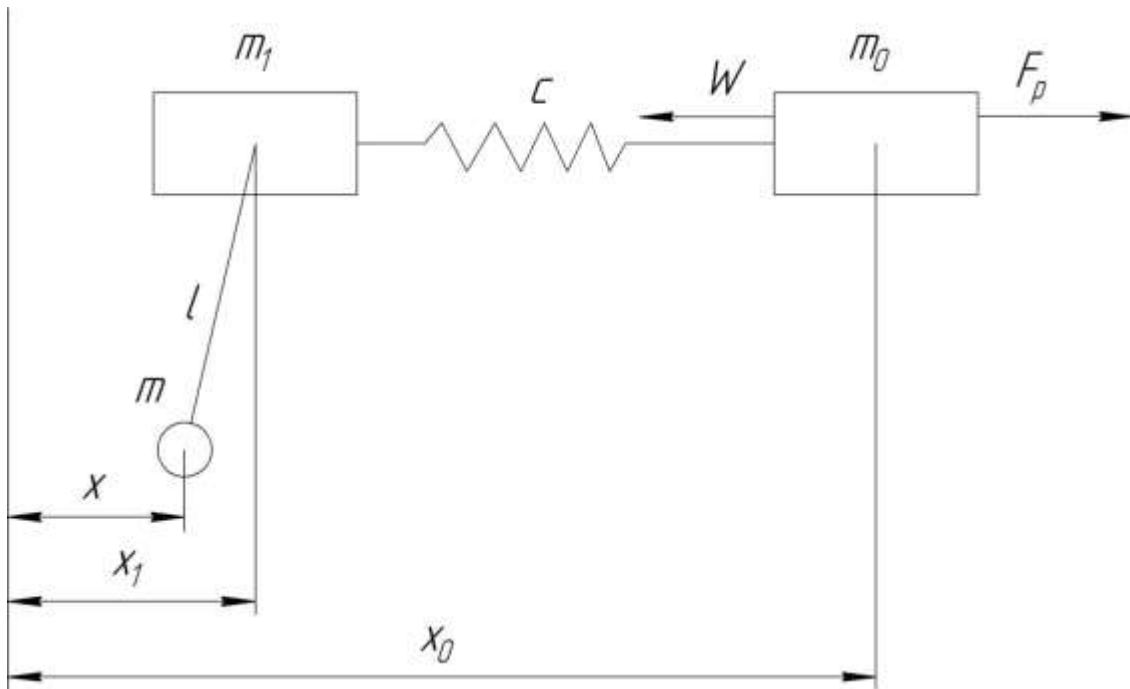


Рис. 1. Тримасова динамічна модель мостового крана.

На рис. 1 зображено приведені маси m_0 , m_1 , m відповідно приводу і кінцевих балок, кранового візка і балки, а також вантажу. Маса приводу і кінцевих балок з'єднана з приведеною масою кранового візка та балкою крана пружним елементом з жорсткістю c .

До маси приводу і кінцевих балок прикладено рушійне зусилля F_p та сила опору переміщення балки крана W . В цій моделі x , x_0 , x_1 узагальнені координати мас вантажу, приводу і кінцевих балок кранового візка і балки відповідно, а l – довжина гнучкого підвісу вантажу.

Динамічна модель (рис. 1) описується наступною системою диференціальних рівнянь руху (крапка над символом означає диференціювання за часом):

$$\begin{cases} m_0 \ddot{x}_0 = F_p - W - c(x_0 - x_1); \\ m_1 \ddot{x}_1 = c(x_0 - x_1) - \frac{mg}{l}(x_1 - x); \\ \ddot{x} = \frac{g}{l}(x_1 - x). \end{cases} \quad (1)$$

Функція внутрішнього зусилля, що діє на міст крана, описується таким виразом:

$$F_m = c(x_0 - x_1). \quad (2)$$

Використовуючи систему диференціальних рівнянь (1), запишемо:

$$x_1 = x + \frac{l}{g} \ddot{x}, \quad (3)$$

$$\dot{x}_1 = \dot{x} + \frac{l}{g} \ddot{x}, \quad (4)$$

$$\ddot{x}_1 = \ddot{x} + \frac{l}{g} \overset{IV}{x}. \quad (5)$$

У якості оптимізаційного критерію використаємо середньоквадратичне значення функції зусилля (2), що діє на міст крана. Воно являє собою інтегральний функціонал, який необхідно мінімізувати:

$$I_F = \left\{ \frac{1}{t_1} \int_0^{t_1} \left[m_1 \frac{l}{g} \overset{IV}{x} + (m_1 + m) \ddot{x} \right]^2 dt \right\}^{\frac{1}{2}} \rightarrow \min. \quad (6)$$

Для подальших розрахунків підінтегральний вираз (6) позначимо:

$$f = \left[m_1 \frac{l}{g} \overset{IV}{x} + (m_1 + m) \ddot{x} \right]^2. \quad (7)$$

Умовою мінімуму критерію (6) є рівняння Ейлера-Пуасона[8]:

$$\sum_{i=0}^n (-1)^i \frac{d^i \partial f}{dt^i \partial x^{(i)}} = 0, \quad i = 0, \dots, n. \quad (8)$$

Знайдемо окремі доданки, які входять у рівняння (8):

$$\begin{aligned} \frac{\partial f}{\partial \ddot{x}} &= 2 \left[m_1 \frac{l}{g} \overset{IV}{x} + (m_1 + m) \ddot{x} \right] (m_1 + m); \quad \frac{\partial f}{\partial x} = 2 \left[m_1 \frac{l}{g} \overset{IV}{x} + (m_1 + m) \ddot{x} \right] m_1 \frac{l}{g}; \\ \frac{d^2}{dt^2} \frac{\partial f}{\partial \ddot{x}} &= 2(m + m_1) \left[m_1 \frac{l}{g} \overset{VI}{x} + (m + m_1) \overset{IV}{x} \right]; \quad \frac{d^4}{dt^4} \frac{\partial f}{\partial x} = 2m_1 \frac{l}{g} \left[m_1 \frac{l}{g} \overset{VIII}{x} + (m_1 + m) \overset{VI}{x} \right]. \end{aligned}$$

У результаті можемо записати:

$$(m + m_1) \left[m_1 \frac{l}{g} \overset{VI}{x} + (m + m_1) \overset{IV}{x} \right] + m_1 \frac{l}{g} \left[m_1 \frac{l}{g} \overset{VIII}{x} + (m_1 + m) \overset{VI}{x} \right] = 0. \quad (9)$$

Після перетворень, рівняння (9) має вигляд:

$$\overset{VIII}{x} + 2 \frac{m + m_1}{m_1} \cdot \frac{g}{l} \overset{VI}{x} + \left[\frac{m + m_1}{m_1} \frac{g}{l} \right]^2 \overset{IV}{x} = 0. \quad (10)$$

Для подальшого розв'язку рівняння (10) введемо позначення:

$$k = \sqrt{\frac{m + m_1}{m_1} \cdot \frac{g}{l}}. \quad (11)$$

Виконуємо заміну у формулі (10) використавши залежність (11), в результаті чого будемо мати:

$$x^{VIII} + 2k^2 x^{VI} + k^4 x^{IV} = 0. \quad (12)$$

Для розв'язку рівняння (12) складемо характеристичне рівняння:

$$r^8 + 2k^2 r^6 + k^4 r^4 = 0. \quad (13)$$

Для подальшого розв'язування винесемо r^4 за дужки:

$$r^4(r^4 + 2k^2 r^2 + k^4) = 0. \quad (14)$$

З рівняння (14) знаходимо чотири корені:

$$r_1 = r_2 = r_3 = r_4 = 0; \quad (15)$$

$$r^2 = p. \quad (16)$$

Використавши заміну (16), отримуємо квадратне рівняння:

$$p^2 + 2k^2 p + k^4 = 0; \quad (17)$$

$$p_{1,2} = -k^2 \pm \sqrt{k^4 - k^4} = -k^2;$$

$$p_1 = p_2 = -k^2.$$

Корені рівняння (17) є комплексними числами:

$$r_5 = r_6 = ki; \quad r_7 = r_8 = -ki,$$

де i – умовна одиниця.

З урахуванням отриманих коренів розв'язок рівняння (12) має такий вигляд:

$$x = (c_1 + c_2 t) \sin kt + (c_3 + c_4 t) \cos kt + c_5 t^3 + c_6 t^2 + c_7 t + c_8, \quad (18)$$

де $c_1, c_2, \dots, c_8$ – постійні інтегрування.

Для зменшення динамічних зусиль в елементах металоконструкції крана у процесі його пуску, необхідно щоб виконувалися наступні крайові умови:

$$\begin{cases} t = 0; x_0 = x_1 = x = 0; \dot{x}_0 = \dot{x}_1 = \dot{x} = 0, \\ t = t_1; x_0 = x_1 = x = \frac{Vt_1}{2}; \dot{x}_0 = \dot{x}_1 = \dot{x} = V, \end{cases} \quad (19)$$

де t_1 – час руху моста крана в кінці розгону до усталеної швидкості; V – швидкість моста крана.

Для вирішення оптимізаційної задачі необхідно, щоб постійних інтегрування у рівняння (18) було рівним кількості крайових умов (19). Рівняння (18) не забезпечує вище вказані умови, тому для подальшого розв'язання задачі необхідне рівняння більш вищого порядку. Після перетворень рівняння (2), функція рушійного зусилля, що діє на міст крана має такий вигляд:

$$\dot{F}_m = m_1 \frac{l^v}{g} \dot{x} + (m_1 + m) \ddot{x}. \quad (20)$$

У якості оптимізаційного критерію використаємо середньо-квадратичне значення інтенсивності функції зусилля (20), що діє на міст крана. Воно являє собою інтегральний функціонал, який необхідно мінімізувати:

$$\dot{I}_{\dot{F}} = \left\{ \frac{1}{t_1} \int_0^{t_1} \left[m_1 \frac{l^v}{g} \dot{x} + (m_1 + m) \ddot{x} \right]^2 dt \right\}^{1/2} \rightarrow \min. \quad (21)$$

Для подальших розрахунків підінтегральний вираз рівняння (21) позначимо:

$$f = \left[m_1 \frac{l^v}{g} \dot{x} + (m_1 + m) \ddot{x} \right]^2. \quad (22)$$

Знайдемо окремі доданки, що входять у рівняння (8) з урахуванням (22):

$$\begin{aligned} \frac{\partial f}{\partial \ddot{x}} &= 2 \left[m_1 \frac{l^v}{g} \dot{x} + (m_1 + m) \ddot{x} \right] (m_1 + m); \quad \frac{\partial f}{\partial \dot{x}} = 2 \left[m_1 \frac{l^v}{g} \dot{x} + (m_1 + m) \ddot{x} \right] m_1 \frac{l}{g}; \\ \frac{d^3}{dt^3} \frac{\partial f}{\partial \ddot{x}} &= 2(m + m_1) \left[m_1 \frac{l^{VIII}}{g} \dot{x} + (m + m_1) \ddot{x} \right]; \\ \frac{d^5}{dt^5} \frac{\partial f}{\partial \dot{x}} &= 2m_1 \frac{l}{g} \left[m_1 \frac{l^X}{g} \dot{x} + (m_1 + m) \ddot{x} \right]. \end{aligned}$$

У результаті можемо записати:

$$(m + m_1) \left[m_1 \frac{l^{VIII}}{g} \dot{x} + (m + m_1) \ddot{x} \right] + m_1 \frac{l}{g} \left[m_1 \frac{l^X}{g} \dot{x} + (m_1 + m) \ddot{x} \right] = 0; \quad (23)$$

Після перетворень, рівняння (23) має вигляд:

$$\dot{x} + 2 \frac{m + m_1}{m_1} \cdot \frac{g}{l} \ddot{x} + \left[\frac{m + m_1}{m_1} \cdot \frac{g}{l} \right]^2 \ddot{x} = 0. \quad (24)$$

Для подальшого розв'язку рівняння приймемо:

$$k = \sqrt{\frac{m + m_1}{m_1} \cdot \frac{g}{l}}. \quad (25)$$

Виконуємо заміну у формулі (24) використавши залежність (25):

$$\ddot{x} + 2k^2 \dot{x} + k^4 x = 0. \quad (26)$$

Для розв'язку рівняння (26) складемо характеристичне рівняння:

$$r^{10} + 2k^2 r^8 + k^4 r^6 = 0. \quad (27)$$

Для подальшого розв'язування винесемо r^6 за дужки:

$$r^6(r^4 + 2k^2r^2 + k^4) = 0. \quad (28)$$

З рівняння (28) знаходимо шість коренів:

$$r_1 = r_2 = r_3 = r_4 = r_5 = r_6 = 0, \quad r^2 = p. \quad (29)$$

Використавши заміну (29), отримуємо квадратне рівняння:

$$p^2 + 2k^2p + k^4 = 0; \quad (30)$$

$$p_{1,2} = -k^2 \pm \sqrt{k^4 - k^4} = -k^2; \quad p_1 = p_2 = -k^2.$$

Корені рівняння (30) є комплексними числами:

$$r_7 = r_8 = ki; \quad r_9 = r_{10} = -ki.$$

З урахуванням отриманих коренів розв'язок рівняння (26) має такий вигляд:

$$x = (c_1 + c_2t) \sin kt + (c_3 + c_4t) \cos kt + c_5t^5 + c_6t^4 + c_7t^3 + c_8t^2 + c_9t + c_{10}. \quad (31)$$

де $c_1, c_2, \dots, c_{10}$ – постійні інтегрування.

Кількість постійних інтегрування у рівнянні (31) не є рівним кількості крайових умов (19), тому для подальшого розв'язання задачі необхідне рівняння ще вищого порядку. Після перетворень рівняння (20), функція зміни зусилля, що діє на міст крана, має такий вигляд:

$$\ddot{F}_m = m_1 \frac{l^{VI}}{g} x + (m_1 + m) \frac{IV}{x}. \quad (32)$$

У якості оптимізаційного критерію використаємо середньоквадратичне значення інтенсивності зміни функції зусилля (32), що діє на міст крана. Інтегральний функціонал, який необхідно мінімізувати має вигляд:

$$\dot{I}_{\ddot{F}} = \left\{ \frac{1}{t_1} \int_0^{t_1} [\ddot{F}_M^2 dt]^{1/2} \right\} = \left\{ \frac{1}{t_1} \int_0^{t_1} \left[m_1 \frac{l^{VI}}{g} x + (m + m_1) \frac{IV}{x} \right]^2 dt \right\}^{1/2} \rightarrow \min. \quad (30)$$

Для подальших розрахунків підінтегральний вираз рівняння (33) позначимо:

$$f = \left[m_1 \frac{l^{VI}}{g} x + (m + m_1) \frac{IV}{x} \right]^2.$$

Умовою мінімуму критерію (33) є рівняння Ейлера Пуасона (7) при $n=6$, з яких отримано:

$$\frac{XIII}{x} + 2k^2 \frac{X}{x} + k^4 \frac{VIII}{x} = 0. \quad (34)$$

Розв'язок рівняння (34) має такий вигляд:

$$x = (c_1 + c_2t) \sin kt + (c_3 + c_4t) \cos kt + c_5t^7 + c_6t^6 + c_7t^5 + c_8t^4 + c_9t^3 + c_{10}t^2 + c_{11}t + c_{12}. \quad (35)$$

де $c_1, c_2, \dots, c_{12}$ – постійні інтегрування.

Кількість крайових постійних інтегрування (35), відповідає кількості крайових умов (19). Така функція забезпечить усунення

коливань. З математичної моделі (1) виконаємо перетворення щоб визначити крайові умови приводу і кінцевих балок:

$$m_1(\ddot{x} + \frac{l}{g} \dot{x}) = cx_0 - c(x + \frac{l}{g} \ddot{x}) - m\ddot{x}. \quad (36)$$

З виразу (36) визначимо узагальнену координату приводу і кінцевих балок:

$$x_0 = m_1 \frac{l}{cg} \dot{x} + (\frac{m+m_1}{c} + \frac{l}{g}) \ddot{x} + x = x + (\frac{m+m_1}{c} + \frac{l}{g}) \ddot{x} + \frac{m_1 l}{cg} \dot{x}. \quad (37)$$

Для визначення швидкості приводу і кінцевих балок продиференціюємо залежність (37) за часом:

$$\dot{x}_0 = \dot{x} + (\frac{m+m_1}{c} + \frac{l}{g}) \ddot{x} + \frac{m_1 l}{cg} \dot{x}. \quad (38)$$

Для визначення прискорення продиференціюємо вираз (38) за часом:

$$\ddot{x}_0 = \ddot{x} + (\frac{m+m_1}{c} + \frac{l}{g}) \dot{x} + \frac{m_1 l}{cg} \ddot{x}. \quad (39)$$

З урахуванням виразів (3)-(5) та (37)-(39), крайові умови (19) матимуть вигляд:

$$\begin{cases} t = 0; x = 0; \dot{x} = 0; \ddot{x} = 0; \ddot{x} = 0; \dot{x} = 0; \dot{x} = 0; \\ t = t_1; x = \frac{Vt}{2}; \dot{x} = V; \ddot{x} = 0; \dot{x} = 0; \dot{x} = 0. \end{cases} \quad (40)$$

Використавши вище вказані крайові умови (40), отримані наступні графіки, які характеризують перехідний процес пуску мостового крану (рис. 2, рис. 3).

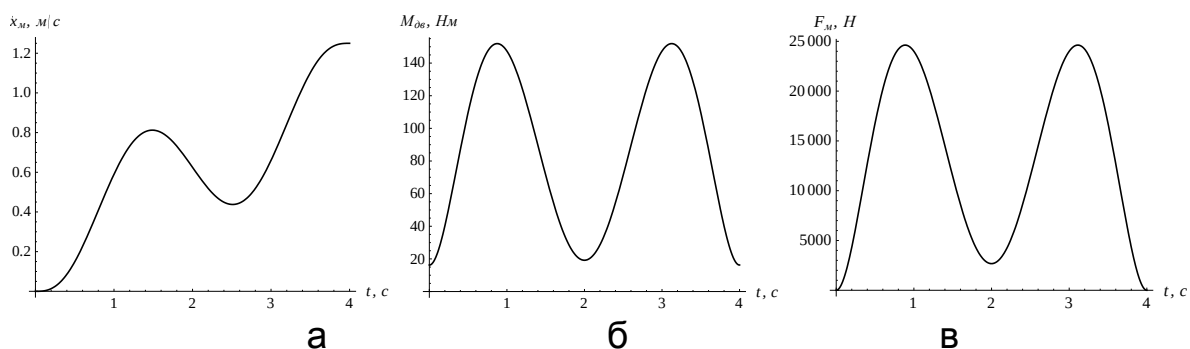


Рис. 2. Графік зміни: а) швидкості руху моста крана, б) моменту приводного двигуна, в) динамічного зусилля, що діє на кран.

Такі умови забезпечують усунення коливань моста відносно кінцевих балок, а також коливань вантажу відносно моста після закінчення процесу пуску.

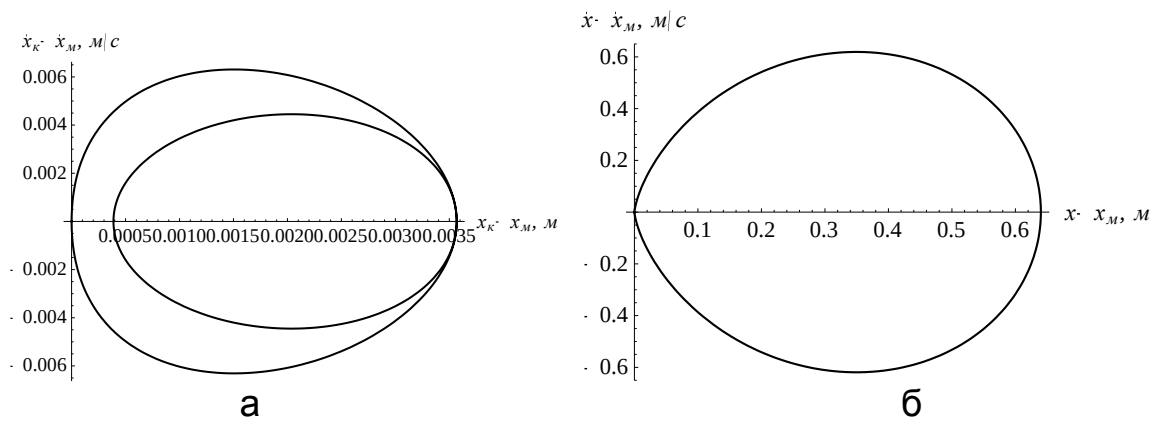


Рис. 3. Фазовий портрет руху: а) вантажу, б) моста крану.

Висновок. На основі математичної моделі динаміки руху мостового крана із вантажем на гнучкому підвісі та характеристик електричного асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором, здійснено оптимізацію режиму пуску, яка до мінімуму зводить динамічні навантаження в металоконструкціях. З отриманого фазового портрету видно, що після закінчення процесу пуску коливання в елементах крана усуваються.

Список літератури

1. Суглобов В.В. Нагруженность металлоконструкций моста крана / Суглобов В.В., Сагнров Ю.Г., Катков А.Н. // Вісник приазовського державного технічного університету. – 2003. – №13. – С. 163–166.
2. Будиков Л.Я. Метод расчета оптимальных тормозных характеристик механизмов передвижения грузоподъемных кранов / Л.Я. Будиков, Р.В. Шишкин // Наукові вісті Дніпровського університету. – 2012. – №7. – С. 89.
3. Макурин А.В. Динамика продольного перемещения мостового крана с учетом упругости элементов конструкции / А.В. Макурин, Д.И. Морозов // авторська стаття Донбаського державного технічного університету. Електротехнічні та комп'ютерні системи, Одеський національний політехнічний університет. – 2011. – №3(79). – С. 45–49.
4. Ловейкін В.С. Встановлення та аналіз умов усунення коливань елементів динамічної системи «мостовий кран вантаж» / Ловейкін В.С., Ромасевич Ю.О., Голдун В.А. // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. – 2012. – №10, т. 2 (59). С. 12–17.
5. Березниченко З.А. Разработка рациональных режимов управления электромеханической системой мостового крана / Березниченко З.А., Климченкова Н.В., Лагуненков С.В. // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії. – 2012. – №4(29). – С. 6–11.
6. Щедрин А.В. Исследование работы систем ограничения перегиба моста и систем демпфирования колебаний груза мостовых кранов / А.В. Щедрин, А.А. Коврыжкин // Электротехнические комплексы и системы управления. – 2010. – №3. – С. 52–55.
7. Толочко О.И. Гашение горизонтальных упругих колебаний конструкции мостового крана / Толочко О.И., Бажутин Д.В., Палис П.С. // Електротехнічні і енергозберігаючі системи. – 2012. – №3. – С. 336–339.
8. Цлаф Л.Я. / Вариационное исчисление и интегральные уравнения / Л.Я. Цлаф. – М.: Наука, 1970. – С. 92–94.

В работе решена задача минимизации интенсивности изменения горизонтальных нагрузок в элементах металлоконструкции крана в процессе его пуска. Поставленная задача решена с помощью метода вариационного исчисления. Результатом работы проиллюстрированы графиками, характеризующие процесс пуска крана с минимальной интенсивностью изменения горизонтальных динамических нагрузок.

Кран, тележка, динамические нагрузки, динамическая модель, приведенная масса, балка крана, оптимизация.

The paper solved problem of minimizing intensity change of horizontal loads in metal elements of crane during its start-up. Tasked solved by method of calculus of variations. The work illustrated with diagrams, describing process of launching crane with minimal change in intensity of horizontal dynamic loads.

Crane, trolley, dynamic loading, dynamic model, reduced weight, beam crane, optimization.

УДК 378.4: 63:631.3

ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ПРОЦЕСІ ВИКЛАДАННЯ ТЕХНІЧНИХ ДИСЦИПЛІН У НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ I-II РІВНІВ АКРЕДИТАЦІЇ

***Т.Ю. Осипова, кандидат педагогічних наук
О.О. Заболотько, кандидат технічних наук***

Виконаний аналіз програмних дидактичних засобів, що використовуються в аграрній освіті. Розглянуто інформаційно-комунікаційну підготовку трактористів-машиністів сільськогосподарського виробництва.

Інформаційно-комунікаційні технології, програмовані дидактичні матеріали, професія, тракторист-машиніст, навчальні програми.

Постановка проблеми. Глибокі та динамічні зміни, що відбуваються в секторі аграрної економіки, інтелектуалізація праці, розвиток комп'ютерної техніки та інформаційно-телекомунікаційних технологій, становлення ринкових відносин зумовлюють нагальну необхідність підготовки майбутніх аграрників відповідно до вимог

© Т.Ю. Осипова, О.О. Заболотько, 2014