

Список літератури

1. Орешкин Е.Е. Повышение эффективности сортирования картофеля путем оптимизации параметров и режимов работы роликово-дисковой сортирующей поверхности / Е.Е. Орешкин // Автореферат дисс. канд. техн. наук. – Санкт-Петербург, 2009. – 18 с.
2. Саврасова Н.Р. Совершенствование процесса калибрования картофеля на основании моделирования работы ленточного сортирующего устройства / Н.Р. Саврасова // Автореферат дисс. канд. техн. наук. – Челябинск, 2011. – 25 с.
3. Шкляев К.Л. Обоснование параметров и режимов работы сортировки клубней картофеля роторно-винтового типа / К.Л. Шкляев // Автореферат дисс. канд. техн. наук. – Киров, 2011. – 19 с.
4. Hoppe U. Innovative Ansätze zur Verbesserung des Nachernte-Sortierprozesses von Kartoffeln / U. Hoppe, M. Huesing, B. Corves // VDI-Landtechniktagung, 2004. – P. 114–119.
5. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Под общ. ред. Г.Е. Листопада. – М.: Агропромиздат, 1986. – 688 с.
6. Алферов Г.С. Динамика сепарации почвы в корнеклубнеуборочных машинах. / Г.С. Алферов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2003. – №5. – С. 27–32.
7. Вентцель Г.С. Теория вероятностей / Г.С. Вентцель. – М.: Наука, 1969. – С. 34.
8. Скороход А.В. Елементи теорії ймовірностей та випадкових процесів / А.В. Скороход. – К.: Вища школа, 1975. – 295 с.
9. Горячкин В.П. О сортировании картофеля / В.П. Горячкин // Полное собрание сочинений в 3 томах. Т.3. – М.: Колос, 1965. – С. 190–202.

В статье проведено аналитическое исследования процесса сортировки картофеля на поверхности картофелесортировки с построением математической модели рабочего процесса сортирования.

Картофелесортировка, сортирование, клубни картофеля.

There are described in paper the results of analytic research of potatoes sorting as mathematical model.

Potatoes sorter, sorting, potatoes tuber.

УДК 621.87

СТІЙКІСТЬ ДИНАМІЧНОЇ СИСТЕМИ ВІЗОК-ВАНТАЖ ЗА ОПТИМАЛЬНОГО ДИНАМІЧНОГО РЕЖИМУ РУХУ

**В.С. Ловейкін, доктор технічних наук
О.Г. Шевчук, магістр**

© В.С. Ловейкін, О.Г. Шевчук, 2014

В статті досліджено стійкість динамічної системи візок-вантаж за оптимального динамічного режиму руху при зміні частоти власних коливань системи та співвідношення між масами візка та вантажу. Визначено області значень цих параметрів які забезпечують реалізацію оптимального режиму руху за динамічним критерієм. Результати розв'язку показані графічними залежностями.

Візок, вантаж, коливання, оптимальний режим, динамічна стійкість.

Постановка проблеми. Під час руху кранового візка виникають коливання вантажу, що зменшують продуктивність перевантажувальних операцій. Крім того у перехідних режимах руху візка (пуск, гальмування) виникають динамічні навантаження, що діють на деталі механізму та металоконструкцію крана і впливають на його ресурс. Ці навантаження разом з коливаннями вантажу зменшують надійність роботи машини та призводять до передчасного виходу з ладу механізмів крана та втомленого руйнування металоконструкції крана [1-6].

Аналіз останніх досліджень. Для зниження динамічних навантажень та усунення коливань вантажу використовують програмні режими руху механізмів вантажопідйомних машин [8-10]. Режими руху визначаються варіаційними методами [7] за прийнятими критеріями оптимізації.

Так у роботі [8] викладена класифікація критеріїв оптимізації вантажопідйомних кранів як динамічних систем. Приводяться рекомендації, щодо використання критеріїв для того чи іншого кранового механізму та режиму його роботи.

Наведено методику розв'язання оптимізаційної задачі за допомогою прямого варіаційного методу, який дозволяє врахувати вимоги, які ставляться до режимів руху механічних одномасових систем та встановлено, що покращення плавності руху системи впливає на величину критерію у роботі [9].

В статті [10] наведено спосіб зменшення коливань вантажу на гнучкому підвісі при роботі механізму повороту стрілового крана під час перехідних процесів шляхом оптимізації режиму пуску та гальмування за динамічним критерієм.

У зазначених вище роботах розв'язані варіаційні задачі по усуненню коливань вантажу та зниженню динамічних навантажень у механізмах під час перехідних режимів руху для конкретних параметрів вантажопідйомних машин.

Проте вплив параметрів на оптимальний режим руху в таких роботах не розглядався.

Мета досліджень – дослідити вплив таких параметрів як відношення між масами візка та вантажу та частоти власних коливань на стійкість динамічної системи візок-вантаж за оптимальним динамічним режимом руху під час пуску.

Результати досліджень. Для оптимізації за динамічним критерієм кранового візка з гнучким підвісом вантажу вибрана двомасова динамічна модель, яка показана на рис. 1 [10]. Вона складається з візка масою m_1 , і вантажу масою m_2 , підвішеному на гнучкому підвісі довжиною l . На візок діють рушійна сила F і зусилля статичного опору F_0 . Вважаємо, що канат нерозтяжний, невагомий і абсолютно гнучкий, маса вантажу зосереджена в одній точці, коливання вантажу малі й відбуваються лише в площині руху візка. Маса привідного механізму зведена до маси візка і зосереджена в його центрі мас. Пружністю елементів привідного механізму нехтуємо, оскільки частоти їхніх коливань приблизно на порядок більші за частоту коливань вантажу і на коливання останнього не впливають. На основі рівняння Лагранжа другого роду складено рівняння руху цієї системи:

$$\begin{cases} m_1 \ddot{x}_1 = F - \frac{mg}{l}(x_1 - x) - F_0; \\ \ddot{x} = \frac{g}{l}(x_1 - x), \end{cases} \quad (1)$$

де x, x_1 – лінійні координати переміщення вантажу та візка; g – прискорення вільного падіння.

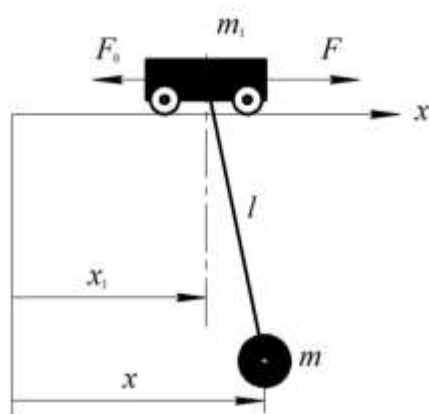


Рис. 1. Двомасова динамічна модель вантажного візка.

З другого рівняння системи (1) запишемо:

$$x_1 = x + \frac{l}{g} \ddot{x}; \quad \dot{x}_1 = \dot{x} + \frac{l}{g} \ddot{x}; \quad \ddot{x}_1 = \ddot{x} + \frac{l}{g} x^{IV}. \quad (2)$$

За критерій оптимізації приймемо мінімізацію середнього значення «енергії» прискорень протягом розгону кранового візка [11]

$$I_V = \frac{1}{t_1} \int_0^{t_1} V dt \rightarrow \min, \quad (3)$$

де t – час; t_1 – тривалість руху; V – «енергія» прискорень [12].

Для вибраної динамічної моделі запишемо вираз для «енергії» прискорень:

$$V = \frac{1}{2} m_1 \ddot{x}_1^2 + \frac{1}{2} m \ddot{x}^2 = \frac{1}{2} m_1 \left(\ddot{x} + \frac{l}{g} x^{IV} \right)^2 + \frac{1}{2} m \ddot{x}^2. \quad (4)$$

Умова мінімуму критерію (3) є рівняння Пуассона [7]:

$$\frac{\partial V}{\partial x} - \frac{d}{dt} \frac{\partial V}{\partial \dot{x}} + \frac{d^2}{dt^2} \frac{\partial V}{\partial \ddot{x}} - \frac{d^3}{dt^3} \frac{\partial V}{\partial \ddot{x}} + \frac{d^4}{dt^4} \frac{\partial V}{\partial x^{IV}} = 0. \quad (5)$$

Після підстановки виразу (4) в умову (5) будемо мати:

$$m_1 \frac{l^2}{g^2} x^{VIII} + 2m_1 \frac{l}{g} x^{VI} + (m_1 + m) x^{IV} = 0. \quad (6)$$

Розділимо усі члени рівняння (6) на коефіцієнт біля старшої похідної та зробимо заміни $\frac{g}{l} = k^2$ та $\frac{m}{m_1} = \bar{m}$, після чого отримаємо:

$$x^{VIII} + 2k^2 x^{VI} + (1 + \bar{m}) k^4 x^{IV} = 0, \quad (7)$$

де k – частота власних коливань системи; $\bar{m}$ – відношення маси вантажу до маси візка.

Розв'яжемо рівняння (7) для ділянки пуску за такими початковими і кінцевими умовами руху:

$$t = 0: x = 0; \dot{x}_1 = 0; \ddot{x} = 0; \dot{x}_1 = 0; t = t_1: \dot{x} = v; \dot{x}_1 = v; \ddot{x} = 0; \ddot{x}_1 = 0. \quad (8)$$

Перепишемо крайові умови руху (8) з врахуванням (2):

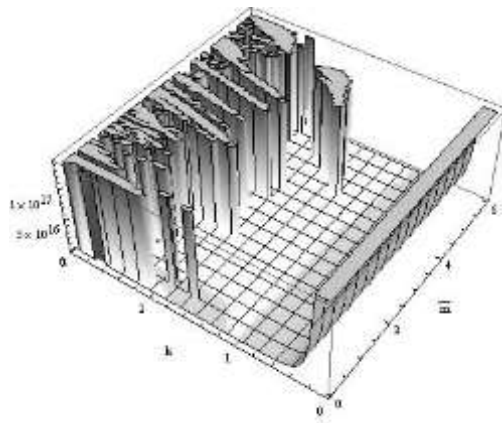
$$t = 0: x = 0; \dot{x} = 0; \ddot{x} = 0; \ddot{x} = 0; t = t_1: \dot{x} = v; \ddot{x} = 0; \ddot{x} = 0; x^{IV} = 0. \quad (9)$$

Розв'яжемо рівняння (7) при таких параметрах системи:

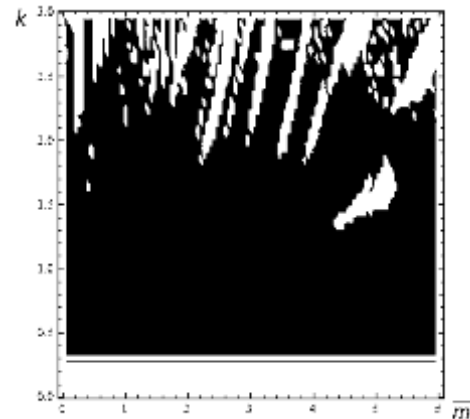
$$t_1 = 3c; v = 0,5 \text{ м/с}; g = 9,8 \text{ м/с}^2; \quad (10)$$

Побудуємо діаграму значень функціоналу (3) при різних значеннях параметрів k та $\bar{m}$.

На чорній області (рис. 3,б) значення функціоналу I_V знаходяться в межах від п'ятого до шостого порядку, а на білих – від чотирнадцятого до двадцять першого, тобто на комбінаціях параметрів k та $\bar{m}$ в чорній області забезпечується оптимізація кранового візка з гнучким підвісом вантажу з урахуванням параметрів (10). Покажемо два приклади значень параметрів k , $\bar{m}$ та I_V (табл.). Як видно з першого прикладу при незначній зміні співвідношення між масами вантажу та візка при постійній власній частоті коливань системи k значення функціоналу різко збільшується. В другому прикладі також значення функціоналу збільшується при незначній зміні параметру k та постійному $\bar{m}$.



а)



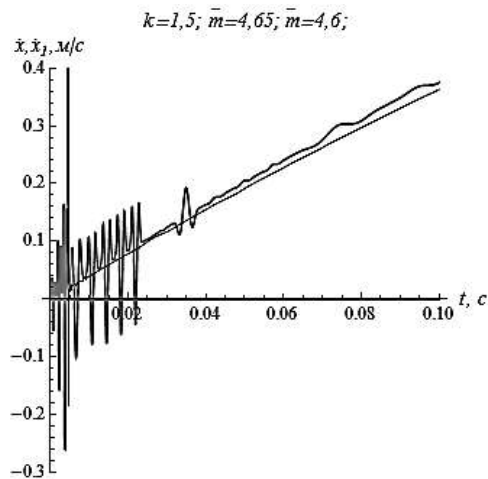
б)

Рис. 2. Діаграма значень параметрів, при яких можлива оптимізація (а); (б) розріз діаграми по площині $k \bar{m}$.

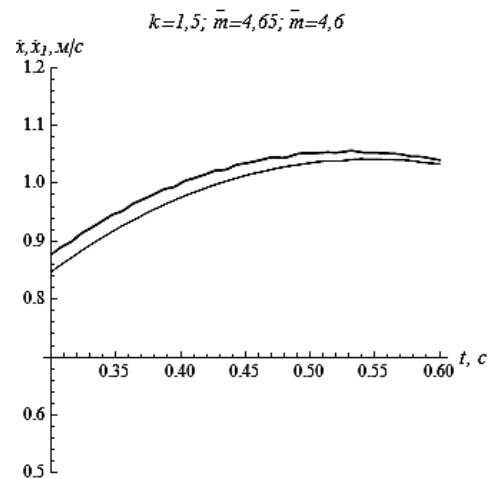
Приклади значень параметрів k , $\bar{m}$ та I_V .

Приклад		$\bar{m}$	k	I_V
1	а	4,6	1,5	59672,9
	б	4,65	1,5	$5,66834 \cdot 10^{21}$
2	а	1,7	1,05	230713
	б	1,7	1	$2,53425 \cdot 10^{14}$

Побудуємо графіки швидкості візка використовуючи параметри що наведені у таблиці для першого прикладу.



а)



б)

Рис. 3. Графік зміни швидкості візка.

З графіків видно нерівномірність швидкості руху візка на початку руху (період 0-0,02 с) спостерігається реверсний рух візка що переходить у нерівномірний поступальний (рис. 3,а), нерівномірність руху візка з часом зменшується проте триває

протягом усього періоду руху (рис. 3,б). У той час як при значеннях параметрів прикладу 1б (табл.), зберігається рівномірність руху.

Висновок. Теоретичні дослідження стійкості параметрів кранового візка з гнучким підвісом вантажу як динамічної системи при оптимальному динамічному режимі руху показали, що існують ділянки значень параметрів k та $\bar{m}$, на яких оптимізація за динамічним критерієм не дає бажаного результату. Для усунення таких недоліків потрібно приймати значення усталеної швидкості візка та періоду розгону у відповідності до частоти власних коливань та мас кранового візка та вантажу, що дає можливість значно підвищити надійність роботи вантажопідйомних кранів з гнучким підвісом вантажу.

Список літератури

1. Григоров О.В. Динамічні навантаження у вантажопідйомних машинах / О.В. Григоров, В.В. Офій, А.С. Рахманий. – Харків: НТУ «ХПІ», 2006. – 69с.
2. Казак С.А. Динамика мостовых кранов / С.А. Казак. – М.: Машиностроение. – 1968. – 332 с.
3. Лобов Н.А. Динамика грузоподъемных кранов / Н.А. Лобов. – М: Машиностроение, 1987. – 160 с.
4. Сергеев С.Т. Надёжность и долговечность подъёмных кранов / С.Т. Сергеев. – К.: Техніка, 1968. – 238 с.
5. Будіков Л.Я. Багатопараметричний аналіз динаміки вантажопідйомних кранів мостового типу / Л.Я. Будіков. – Луганськ: Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2003. – 210 с.
6. Смехов А.А. Оптимальное управление подъемно-транспортных машин / А.А. Смехов, Н.И. Ерофеев. – М.: Машиностроение, 1975. – 239 с.
7. Эльсгольц Л.Э. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление / Л.Э. Эльсгольц. – М.: Наука, 1969. – 424 с.
8. Ловейкін В.С., Ромасевич Ю.О., 2012. Класифікація критеріїв оптимізації режимів руху вантажопідйомних машин // Вісник ХНТУСГ. – №24. – т. 2 URL: http://khntusg.com.ua/files/sbornik/vestnik_124-2/43.pdf (дата звернення 13.03.2014).
9. Ловейкін В.С. Оптимізація розгону одномасових механічних систем прямим варіаційним методом / В.С. Ловейкін, Ю.О. Ромасевич // Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні. – 2011. – №45. – С. 96–102.
10. Ловейкін В.С. Оптимизация динамического режима поворота стрелового крана / В.С. Ловейкін, В.А. Мельниченко // Motrol. – 2013. – Vol 15. – №3. – P. 70–75.
11. Ловейкин В.С. Расчеты оптимальных режимов движения механизмов строительных машин / В.С. Ловейкин. – К.: УМК ВО, 1990. – 168 с.
12. Горский Б.Е. Динамическое совершенствование механических систем / Б.Е. Горский. – К.: Тэхніка, 1987. – 200 с.

В статье исследовано влияние частоты собственных колебаний и соотношение между массами тележки и груза на оптимальный динамический режим движения. Определены

области значений этих параметров обеспечивающих реализацию оптимального режима движения по динамическому критерию. Результаты решения показаны графическими зависимостями.

Тележка, груз, колебания, оптимальный режим, устойчивость параметров.

These papers investigate impact of natural oscillations frequency and ratio between masses of trolley and load optimal dynamic motion. Areas of these parameters values which support optimal mode of motion for dynamic criteria. The results are shown graphically.

Trolley, cargo, oscillations, optimal mode, parameters stability.

УДК: 631.356.262

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСУ ВІДОКРЕМЛЕННЯ ДОМІШОК ВІД КОРЕНЕПЛОДІВ

**В.М. Барановський, доктор технічних наук
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя**

Наведено метод розробки детермінованих математичних моделей, які описують інтенсифікацію процесу відокремлення домішок від вороху коренеплодів комбінованими робочими органами транспортно-технологічних систем адаптованої коренезбиральної машини.

Ворох коренеплодів, технологічний процес, потік, вхідна маса, компоненти домішок, диференціальне рівняння.

Постановка проблеми. Головним критерієм подальшої інтенсифікації сучасного розвитку агропромислового виробництва є матеріально-технічна база механізації всіх виробничих процесів на основі забезпечення розробки та впровадження сучасних вискоєфективних ресурсозберігаючих технологій збирання продукції сільськогосподарських культур [1].

У технологічному процесі виробництва коренеплодів, а саме цукрових, кормових, столових буряків і моркви, які є цінними сировинними, кормовими та харчовими культурами, однією з найбільш трудомістких операцій є механізоване збирання, на яке припадає близько 25...40 % усіх затрат праці.

© В.М. Барановський, 2014