

УДК 629.025:539.4

В.О. Бейгул, І.І. Лєєпа, Г.Л. Лепетова

**МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЗБУРЕНОГО РУХУ СИСТЕМИ
"БУКСИРОВЩИК–АВТОСАМОСКИД"**

Постановка проблеми. При буксируванні кар'єрних автосамоскидів по нерівностях технологічних доріг виникають значні динамічні ефекти, у тому числі збільшення навантажень на силові елементи підйомно-зчеплювальних пристроїв, резонансні режими при коливаннях машин. У плані науково-обґрунтованого призначення металомісткості підйомно-зчеплювальних пристроїв вирішальну роль відіграють динамічні навантаження, які характеризуються певними коефіцієнтами динамічності. Динаміку навантаження будемо розглядати на шляху дослідження та вивчення збуреного руху системи "буксировщик–автосамоскид" в умовах експлуатації на технологічних дорогах гірничо-збагачувальних комбінатів.

Аналіз досліджень та публікацій. Система "буксировщик–автосамоскид" являє собою дволанковий автопоїзд, який під час руху по нерівностях технологічних доріг учиняє складні коливання. Питанням динаміки дволанкових транспортних систем присвячено ряд робіт [1], [2], де висвітлюються вимушені коливання, визначаються критерії стійкості руху. Робота [3] присвячена саме динаміці системи "буксировщик–автосамоскид", розкриває методологічний напрямок у дослідженні процесу буксирування.

Нерозв'язана частина загальної проблеми. Загальновідомі роботи, присвячені динаміці дволанкових транспортних систем, не враховують конструктивної специфіки системи "буксировщик–автосамоскид", тому їх результати не можуть бути у повній мірі використані для вивчення процесу буксирування в умовах технологічних доріг. Робота [3] потребує подальшого розвитку математичної моделі збуреного руху системи "буксировщик–автосамоскид" на шляху розширення умов зчеплення машин при буксируванні.

Мета роботи полягає у розробці математичної моделі збуреного руху системи "буксировщик–автосамоскид" з урахуванням

особливостей підйомно-зчеплювальних пристроїв в умовах технологічних доріг гірничо-збагачувальних комбінатів.

Виклад основного матеріалу. Схема буксирування автосамоскида захватом спереду при зведеній жорсткості підвіски обох машин системи “буксировщик-автосамоскид” зображена на рис. 1, де використанні наступні позначення та характерні розміри: L_1 – відстань від переднього моста буксировщика до центру маси; L_2 – відстань від центру маси буксировщика до заднього моста; L_3 – відстань від заднього моста буксировщика до опорного вузла підйомно-зчеплювального пристрою; L_4 – відстань від опорного вузла підйомно-зчеплювального пристрою до центру маси автосамоскида; L_5 – відстань від центру маси автосамоскида до заднього моста.

Диференціальні рівняння коливань отримуємо по схемі рівняння Лагранжа другого роду [4]

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_j} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_j} = - \frac{\partial \Pi}{\partial \dot{q}_j} \quad (j = 1, 2, \dots, S), \quad (1)$$

де T – кінетична енергія системи, Дж;

Π – потенціальна енергія системи, Дж;

q_j – j -а узагальнена координата.

У згоді з розрахунковою схемою у якості узагальнених координат приймаємо вертикальне переміщення y центру маси буксировщика, кут повороту ϕ_1 буксировщика у поздовжній вертикальній площині, кут повороту ϕ_2 автосамоскида у поздовжній вертикальній площині.

Кінетична та потенціальна енергії приймають наступний вигляд:

$$T = \frac{1}{2} m_1 \dot{y}^2 + \frac{1}{2} J_1 \dot{\phi}_1^2 + \frac{1}{2} m_2 [\dot{y} - (L_2 + L_3) \dot{\phi}_1 - L_4 \dot{\phi}_2]^2 + \frac{1}{2} J_2 \dot{\phi}_2^2, \quad (2)$$

де m_1 – маса буксировщика, кг;

m_2 – маса автосамоскида, кг;

J_1 – момент інерції буксировщика відносно поперечної осі, яка проходить через його центр маси, кг·м²;

J_2 – момент інерції автосамоскида відносно поперечної осі, яка проходить через опорний вузол підйомно-зчеплювального пристрою, кг·м².

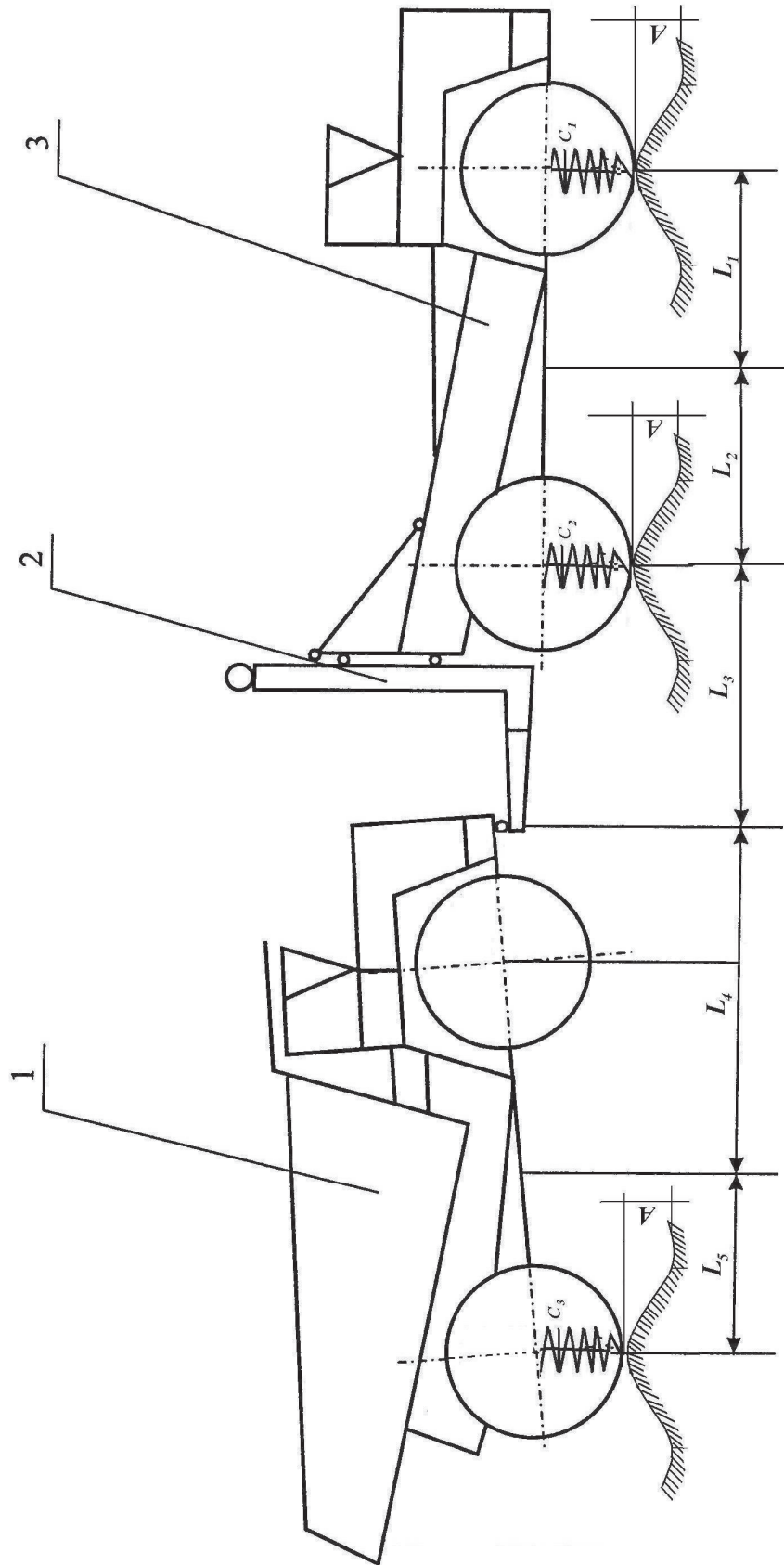


Рисунок 1 – Схема буксирування захватом спереду: 1 – автосамоскид; 2 – підйомно-зчеплювальний пристрій; 3 – буксировщик

$$\begin{aligned} \Pi = & \frac{1}{2} C_1 (y + L_1 \varphi_1 - h_1)^2 + \frac{1}{2} C_2 (y - L_2 \varphi_1 - h_2) + \\ & + \frac{1}{2} C_3 [y - (L_2 + L_3) \varphi_1 - (L_4 + L_5) \varphi_2 - h_3]^2, \end{aligned} \quad (3)$$

де C_1 – коефіцієнт зведеної жорсткості передньої підвіски буксировщика, Н/м;

C_2 – коефіцієнт зведеної жорсткості задньої підвіски буксировщика, Н/м;

C_3 – коефіцієнт зведеної жорсткості задньої підвіски автосамоскида, Н/м;

h_i ($i = 1, 2, 3$) – висота нерівності покриття під відповідною підвіскою [5], м.

Виконуючи дії у відповідності з операторами рівняння Лагранжа другого роду, отримуємо систему диференціальних рівнянь математичної моделі збуреного руху системи "буксировщик–автосамоскид":

$$\left. \begin{aligned} & (m_1 + m_2) \ddot{y} + (C_1 + C_2 + C_3) y - m_2 (L_2 + L_3) \ddot{\varphi}_1 + \\ & + [C_1 L_1 - C_2 L_2 - C_3 (L_2 + L_3)] \varphi_1 - m_2 L_4 \ddot{\varphi}_2 - C_3 (L_4 + L_5) \varphi_2 = \\ & = C_1 h_1 + C_2 h_2 + C_3 h_3, \\ & -m_2 (L_2 + L_3) \ddot{y} + [C_1 L_1 - C_2 L_2 - C_3 (L_2 + L_3)] y + \\ & + [J_1 + m_2 (L_2 + L_3)^2] \ddot{\varphi}_1 + [C_1 L_1^2 + C_2 L_2^2 + C_3 (L_2 + L_3)^2] \varphi_1 + \\ & + m_2 L_4 (L_2 + L_3) \ddot{\varphi}_2 + C_3 (L_2 + L_3) (L_4 + L_5) \varphi_2 = \\ & = C_1 L_1 h_1 - C_2 L_2 h_2 - C_3 (L_2 + L_3) h_3, \\ & -m_2 L_4 \ddot{y} - C_3 (L_4 + L_5) y + m_2 L_4 (L_2 + L_3) \ddot{\varphi}_1 + \\ & + C_3 (L_2 + L_3) (L_4 + L_5) \varphi_1 + (J_2 + m_2 L_4^2) \ddot{\varphi}_2 + C_3 (L_4 + L_5)^2 \varphi_2 = \\ & = -C_3 (L_4 + L_5) h_3. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Висновки. Таким чином, розроблена математична модель збуреного руху системи "буксировщик–автосамоскид" з урахуванням особливостей підйомно-зчеплювального пристрою в умовах технологічних доріг гірничо-збагачувальних комбінатів, реалізація якої має дати науково обґрунтовані підстави для розробки та створення раціональних за металомісткістю конструкцій буксировщиків кар'єрних автосамоскидів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Веселов Г.П., Густомясов А.Н., Колмаков В.И. Аналитическое исследование колебаний системы тягач-прицеп // Известия вузов. Машиностроение. – 1988. – №5. – С. 92–97.
2. Лобас Л.Г., Ващенко Ю.Л. Динамическое поведение двухзвенного автопоезда вблизи границы области устойчивости // Прикладная механика. – 1991. –Т.27. – №12. – С. 85–91.
3. Бейгул В.О. Исследование динамики нагружения системы “буксировщик–карьерный автосамосвал”. Сб. трудов НГА Украины. – 2002. – Т.2. – №13. – С. 8–12.
4. Яблонский А.А., Норейко С.С. Курс теории колебаний. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1966. – 255 с.
5. Афанасьев В.Л., Хачатуров А.А. Статистические характеристики микропрофиля автомобильных дорог и колебания автомобиля // Автомобильная промышленность. – 1966. – №2. – С. 23–27.

Получено __.__.2006