

О. М. МАРКОВА, Е. Н. КОВТУН, В. В. МАЛИЙ

**МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОСТОРОВИХ КОЛИВАНЬ
ЗЧЛЕНОВАНОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ПОЇЗДА***Інститут технічної механіки**Національної академії наук України і Державного космічного агентства України,
вул. Лешко-Попеля, 15, 49005, Дніпро, Україна; e-mail: dep7@ukr.net*

Проблема розвитку швидкісного залізничного транспорту є актуальною для України. У багатьох країнах для цього використовують зчленовані поїзди. Оскільки зв'язки між вагонами в такому поїзді різняться між собою, для дослідження його динамічних характеристик необхідно скласти повну модель коливань поїзда, а не окремого вагона. Стаття присвячена розробці математичної моделі просторових коливань зчленованого пасажирського поїзда. Даний поїзд складається з 7-ми вагонів: один моторний вагон, один перехідний вагон, три зчленовані вагони, далі ще один перехідний вагон і знову один моторний вагон. Диференціальні рівняння руху поїзда по колії довільної форми складено як рівняння Лагранжа другого роду. Прийнято до уваги всі необхідні особливості конструкції екіпажів. Зчленовані вагони мають спільні візки з суміжними вагонами та з перехідним вагоном і зв'язок між вагонами забезпечується за допомогою шарніра. Робота шарніра між двома вагонами моделюється пружинами та демпферами, що діють в горизонтальному та вертикальному напрямках. Демпфери між кузовами двох сусідніх вагонів моделюються як демпфери в'язкого тертя. Складено систему з 257 диференціальних рівнянь другого порядку, які описують рух зчленованого поїзда вздовж прямолінійної, криволінійної та перехідної ділянок колії з урахуванням випадкових нерівностей колії. На основі отриманої математичної моделі розроблено алгоритм та відповідне програмне забезпечення для моделювання широкого кола випадків, що включають всі можливі комбінації параметрів для елементів поїзда та технічного стану колії. Дослідження власних коливань поїзда показало його стабільний рух у всьому діапазоні розглянутих швидкостей (40 км/год – 180 км/год). Результати, отримані для руху поїзда вздовж колії, призначеної для швидкісного руху, показали, що всі динамічні характеристики та показник якості руху забезпечують безпеку руху поїзда та комфортні умови для пасажирів.

Ключові слова: математична модель, зчленований поїзд, просторові коливання, динамічні характеристики.

1. Shimamune R., Kikuchi T., Nomoto H., Osawa M. Adoption of Articulated Structure in AC Train. JR EAST Technical Review. 2002. No. 1. Pp. 38–45.
2. Xia H., Zhang N., De Roeck G. Dynamic analysis of high speed railway bridge under articulated trains. Computers and Structures 81. 2003. Pp. 2467–2478. [https://doi.org/10.1016/S0045-7949\(03\)00309-2](https://doi.org/10.1016/S0045-7949(03)00309-2)
3. Haque I., Nagurka M. Modelling and linear analysis of high-speed articulated trainsets. Int. J. of Vehicle Design. 2001. Vol. 26. Nos. 2/3. Pp. 249–263. <https://doi.org/10.1504/IJVD.2001.001942>
4. Xuel X., Ingleton S., Roberts J., Robinson M. Qualitative Comparison of the Characteristics of Articulated and Non-Articulated Trains and Their Effects on Impact. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part F. Journal of Rail and Rapid Transit. January 2011. Pp. 24–37. <https://doi.org/10.1243/09544097JRR303>
5. Markova O., Kovtun H., Maliy V. Modelling train motion along arbitrary shaped track in transient regimes. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part F. Journal of Rail and Rapid Transit. 2015. No 229(1). Pp. 97–105. <https://doi.org/10.1177/0954409713501806>
6. Радченко Н. А. Криволинейное движение рельсовых транспортных средств. Украина. Киев: Наукова думка, 1988. 212 с.
7. Лазарян В. А. Динамика рельсовых экипажей. Украина. Киев: Наукова думка, 1985. 528 с.
8. Ушкалов В. Ф., Резников Л. М., Иккол В. С., и др. Математическое моделирование колебаний рельсовых экипажей. Украина. Киев: Наукова думка, 1989. 240 с
9. Ушкалов В. Ф., Мокрий Т. Ф., Малышева И. Ю. Математическая модель взаимодействия железнодорожного экипажа и пути с учетом распределения контактных сил по пятнам контакта. Техническая механика, 2015. № 2. С. 79–89.
10. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). ГосНИИВ-ВНИИЖТ: Москва, 1996. 319 с.
11. ОСТ 24.050.37-84. Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и ходовые качества. Москва, 1984. 49 с

Отримано 04.06.2021,
в остаточному варіанті 08.06.2021