

Кирильчук, О. А. Разработка математической модели горизонтальных колебаний вагона с независимым вращением колес [Development of a mathematical model of horizontal oscillations of a car with independent wheel rotation] / О. А. Кирильчук // Вісник сертифікації залізничного транспорту. – 2019. – № 03 (55). – С. 64-70.

Розробка математичної моделі горизонтальних коливань вагона з незалежним обертанням коліс

*Кирильчук О. А., старший викладач каф. «Вагони та вагонне господарство»,
Дніпровський національний університет залізничного транспорту
ім. акад. В. Лазаряна, м. Дніпро, Україна*

Анотація: Побудовано математичну модель горизонтальних коливань пасажирського вагона при русі його по прямій ділянці колії. У даній моделі враховується, що у колісних пар є можливість незалежного обертання кожного колеса. Дана математична модель була створена в програмному комплексі Matlab спільно з інтерактивною оболонкою Simulink. Ця модель призначена для вирішення системи лінійних диференціальних рівнянь, що описують рух вагона, і виводу результатів за допомогою спеціальних блоків у вигляді графіків. За допомогою даної моделі є можливість оцінити коливання вагона на прямій ділянці колії при різних швидкостях руху та різних видах зв'язку між півосями колісної пари.

Ключові слова: математична модель, вагон, коливання, колісна пара

Разработка математической модели горизонтальных колебаний вагона с независимым вращением колес

*Кирильчук О. А., старший преподаватель каф. «Вагоны и вагонное хозяйство»,
Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта
им. акад. В. Лазаряна, Днепро, Украина*

Аннотация: Построена математическая модель горизонтальных колебаний пассажирского вагона при движении его на прямом участке пути. В данной модели учитывается, что у колесных пар имеется возможность независимого вращения каждого колеса. Данная математическая модель была создана в программном комплексе Matlab совместно с интерактивной оболочкой Simulink. Эта модель предназначена для решения системы линейных дифференциальных уравнений, описывающих движение вагона, и вывода результатов при помощи специальных блоков в виде графиков. При помощи данной модели имеем возможность оценить колебания вагона на прямом участке пути при различных скоростях движения и различных видах связи между полуосями колесной пары.

Ключевые слова: математическая модель, вагон, колебания, колесная пара

Development of a mathematical model of horizontal oscillations of a car with independent wheel rotation

*O. Kyryl'chuk, senior lecturer of department «Car and Car Facilities»,
Dnipro National University of Railway Transport named after Acad. V. Lazaryan, Dnipro,
Ukraine*

Abstract. A mathematical model of horizontal oscillations of a passenger car when it is moving on a straight part of the track is built. This model takes into account that wheelsets have the ability to independently rotate each wheel. This mathematical model was created in the Matlab software package together with the Simulink interactive shell. This model is designed to solve a system of linear differential equations that describe the movement of a car and display the results, using special blocks, in the form of graphs. With the help of this model, we are able to estimate the car's oscillations on the straight part of the track at various speeds and different types of connection between the wheels.

Keywords: *mathematical model, car, oscillations, wheelset*

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Динамика грузовых вагонов с учетом поперечного смещения тележек / Н. И. Луханин, С. В. Мямлин, Л. А. Недужая, А. А. Швец // Зб. наук. пр. ДонІЗТ. – 2012. – Вип. 29. – С. 234-241.
2. Данович, В. Д. Обзор технических решений конструкций ходовых частей некоторых типов локомотивов / В. Д. Данович, С. В. Мямлин, Л. А. Недужая // ТМ. – Д.: ИТМ. – 2000. – № 2. – С. 111-119.
3. Данович, В. Д. Сопоставление некоторых результатов экспериментальных и теоретических исследований динамических качеств электровоза ДЭ1 / В. Д. Данович, М. Л. Коротенко, Л. А. Недужая // Транспорт. Сб. науч. тр. ДИИТа. – Д.: Наука і освіта, 1999. – Вип. 2. – С. 123-129.
4. Жаковський, О. Д. Вплив конструкції буксового вузла вантажного візка на навантаженість роликів касетного підшипника / О. Д. Жаковський, О. А. Кирильчук, Л. О. Недужа // Вісник сертифікації залізничного транспорту. – 2018. – № 05 (51). – С. 12-20.
5. Зеленько, Ю. В. Вплив віброакустичних параметрів рухомого складу на вибір раціональних значень ходової частини локомотива / Ю. В. Зеленько, Л. О. Недужа, А. О. Швець // Наука та прогрес транспорту. – 2016. – № 3 (63). – С. 60-75. doi: 10.15802/stp2016/74717.
6. Калівода, Я. Досвід експериментальних досліджень рухомого складу з використанням стендового обладнання / Я. Калівода, Л. Недужа // Вагонний парк. – 2017. – № 3-4. – С. 28-30.
7. Кирильчук, О. А. Теоретичні дослідження горизонтальних коливань вагона, який обладнано колісними парами з незалежним обертанням коліс / О. А. Кирильчук // Вісник сертифікації залізничного транспорту. – 2019. – № 02 (54). – С. 42-49.
8. Клименко, И. В. Определение значений жесткости связи наклонной тяги с кузовом грузового локомотива / И. В. Клименко, Л. А. Недужая // Вісник сертифікації залізничного транспорту. – 2018. – № 04 (50). – С. 60-68.
9. Комп'ютерне моделювання залізничних транспортних засобів: метод. вказівки до виконання практичних робіт, курсового та дипломного проектування / М. І.

Капіца, Я. Калівода, Л. О. Недужа, О. Б. Очкасов, Д. В. Черняєв. – Д.: ДНУЗТ, 2018. – 59 с.

10. Математическая модель пространственных колебаний электровоза с модернизированной схемой соединения кузова с тележками / В. Д. Данович, М. Л. Коротенко, С. В. Мямлин, Л. А. Недужая // Транспорт. Повышение эффективности работы устройств электрического транспорта: Сб. науч. тр. – Д.: Січ, 1999. – С. 183-190.
11. Мямлін, С. В. Визначення впливу показників тертя в системі «Кузов – Візок» на динаміку вантажного вагона / С. В. Мямлін, Л. О. Недужа, А. О. Швець // Наука та прогрес транспорту. – 2014. – № 2 (50). – С. 152-163. doi: 10.15802/stp2014/23792.
12. Мямлін, С. В. Дослідження динаміки та міцності вантажних вагонів: навч. посіб. / С. В. Мямлін, Л. О. Недужа, А. О. Швець. – Д.: «Свідлер А.Л.». – 2018. – 257 с.
13. Мямлин, С. В. Теоретические исследования динамики полувагонов / С. В. Мямлин, Л. А. Недужая, А. А. Тен // 36. наук. пр. ДонІЗТ. – 2010. – Вип. 24. – С. 143-151.
14. Мямлін, С. В. Технічний стан ковзунів як один із факторів впливу на динаміку вантажних вагонів / С. В. Мямлін, Л. О. Недужа, А. О. Швець // 36. наук. пр. ДонІЗТ. – 2013. – Вип. 35. – С. 65-72.
15. Недужа, Л. О. Використання сучасного пакету програм при розв'язанні інженерних задач на залізничному транспорті / Л. О. Недужа, А. О. Швець // Локомотив-інформ. – 2016. – № 5–6. – С. 42-44.
16. Недужа, Л. О. Вітчизняні електровози для залізниць України // Недужа Л. О., Ботін О. В., Чернявська О. Є. // Вісник сертифікації залізничного транспорту. – 2019. – № 1. – С. 22-27.
17. Недужа, Л. О. Дорога над Дніпром. Сучасність та перспективи / Л. О. Недужа, О. Є. Чернявська // Вісник сертифікації залізничного транспорту. – 2019. – № 1. – С. 28-32.
18. Недужа, Л. О. Теоретичні та експериментальні дослідження міцнісних якостей хребтової балки вантажного вагона / Л. О. Недужа, А. О. Швець // Наука та прогрес транспорту. – 2018. – № 1 (73). – С. 131-147. doi: 10.15802/stp2018/123457.
19. Татарінова, В. А. Застосування програмних комплексів при дослідженні стану транспортних засобів / В. А. Татарінова, Я. Калівода, Л. О. Недужа // Вісник сертифікації залізничного транспорту. – 2018. – № 04 (50). – С. 82-91.
20. Татарінова, В. А. Теоретичні дослідження руху одиниці рухомого складу / В. А. Татарінова, Л. О. Недужа // Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті. – 2018. – № 16. – С. 121-126.
21. Тен, А. А. Экспериментальные исследования динамической нагруженности полувагона на перспективных тележках / А. А. Тен, С. В. Мямлин, Л. А. Недужая // Вагонный парк. – 2014. – № 10. – С. 14-18.
22. Determination of Dynamic Performance of Freight Cars Taking Into Account Technical Condition of Side Bearers / S. Myamlin, L. Neduzha, O. Ten, A. Shvets // Наука та прогрес транспорту. – 2013. – № 1 (43). – С. 162-169. doi: 10.15802/stp2013/9589.
23. Kalivoda, J. Enhancing the Scientific Level of Engineering Training of Railway Transport Professionals / J. Kalivoda, L. O. Neduzha // Наука та прогрес транспорту. – 2017. – № 6 (72). – С. 128-137. doi: 10.15802/stp2017/119050.

24. Kyryl'chuk, O. High Speed Stability of a Railway Vehicle Equipped with Independently Rotating Wheels / O. Kyryl'chuk, J. Kalivoda, L. Neduzha // Proc. of 24th Intern. Conf. «Engineering Mechanics 2018». – P. 473-476. doi: 10.21495/91-8-473.
25. Mathematical Modeling of Dynamic Loading of Cassette Bearings for Freight Cars / S. Myamlin, O. Lunys, L. Neduzha, O. Kyryl'chuk // Transport Means : Proc. of 21st Intern. Scientific Conf. (20–22nd Sept. 2017). – Kaunas, 2017. – P. 973–976.
26. Myamlin, S. Estimation of Dynamic Qualities of Freight Wagons on Bogies of a Perspective Model / S. Myamlin, O. Lunys, L. Neduzha // Proc. of IX Intern. Conf. «Transport Problems». – 2017. – P. 459-469.
27. Myamlin, S. Experimental Research of Dynamic Qualities of Freight Cars with Bogies of Different Designs / S. Myamlin, O. Ten, L. Neduzha // Наука та прогрес транспорту. – 2014. – № 3 (51). – С. 136-145. doi: 10.15802/stp2014/25921.
28. Мямлін, С. В. Роль студентської науки у формуванні світогляду інженера-механіка / С. В. Мямлін, Л. О. Недужа // Локомотив-інформ. – 2015. – № 1-2. – С. 55-57.
29. Neduzha, L. O. Application of APM WinMachine Software for Design and Calculations in Mechanical Engineering / L. O. Neduzha, A. O. Shvets // Наука та прогрес транспорту. – 2016. – № 2 (62). – С. 129-147. doi: 10.15802/stp2016/67328.
30. Research of Friction Indices Influence on the Freight Car Dynamics / S. Myamlin, L. Neduzha, O. Ten, A. Shvets // TEKA Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture. – 2013. – Vol. 13, No 4. – P. 159-166.
31. Spatial Vibration of Cargo Cars in Computer Modelling with the Account of Their Inertia Properties / S. Myamlin, L. Neduzha, O. Ten, A. Shvets // Proc. of 15th Intern. Conf. «Mechanika 2010». – 2010. – P. 325-328.

References:

1. Freight cars dynamics, taking into account transversal displacement of the bogies / N. I. Lukhanin, S. V. Myamlin, L. A. Neduzhaya, A. A. Shvets // Zb. nauk. pr. DonIZT. – 2012. – Vol. 29. – P. 234-241.
2. Danovich V., Myamlin S., Neduzhaja L., 2000.: Overview of solutions undercarriage design of certain types of locomotives. Dniepropetrovsk, ITM. Issue 2, 111-119.
3. Danovich, V. D. Sopostavlenie nekotorykh rezultatov eksperimentalnykh i teoreticheskikh issledovaniy dinamicheskikh kachestv elektrovoza DE1 [Sopostavleniye nekotorykh rezultatov eksperimentalnykh y teoreticheskikh yssledovaniy dinamicheskikh kachestv elektrovoza DЭ1] / V. D. Danovich, M. L. Korotenko, L. A. Neduzhaya // Transport. Sb. nauch. tr. DIITa. – D.: Nauka i osvita, 1999. – Vol. 2. – P. 123-129.
4. Zhakovskiy, O. D. Influence of Construction Axle Box of Freight Bogie on Loading Rollers Cassette Bearing / O. D. Zhakovskiy, O. A. Kirilchuk, L. O. Neduzha // Visnik sertifikatsii zaliznichnogo transportu. – 2018. – Vol. 05 (51). – P. 12-20.
5. Zelenko, Yu. V. Influence of Rolling Stock Vibroacoustical Parameters on the Choice of Rational Values of Locomotive Running Gear / Yu. V. Zelenko, L. O. Neduzha, A. O. Shvets // Science and Transport Progress. – 2016. – Vol. 3 (63). – P. 60-75. doi: 10.15802/stp2016/74717.
6. Kalivoda, J. Experimental Research Experience with Rolling Stock Stand Equipment / J. Kalivoda, L. Neduzha // Car fleet. – 2017. – Vol. 3-4. – P. 28-30.

7. Kyryl'chuk, O. A. Theoretical Research of Lateral Oscillations of a Railway Vehicle Equipped with Independently Rotating Wheels / O. Kyryl'chuk // Visnik sertifikatsii zaliznichnogo transportu. – 2019. – № 02 (54). – С. 42-49.
8. Klimenko, I. V. Determination of the Values of Hardness in the Bond of the Sloping Beam with the Freight Locomotive's Body / I. V. Klimenko, L. O. Neduzha // Visnik sertifikatsii zaliznichnogo transportu. – 2018. – Vol. 04 (50). – P. 60-68.
9. Kapitsa, M. I., Kalivoda, J., Neduzha, L. O., Ochkasov, O. B., & Chernyayev, D. V. (2018). Komp'yuterne modelyuvannya zaliznichnikh transportnikh zasobiv: metodychni vkazivky do vykonannya praktychnykh robit, kursovoho ta dyplomnoho proektuvannia. Dnipro. (in Ukrainian)
10. Danovich V., Korotenko M., Myamlin S., Neduzhaja L., 1999.: Mathematical model of spatial oscillations of electric locomotive with the modernised scheme of body and bogies connection: collection of scientific papers. Transport. Increase of operating efficiency of electric transport equipment. Interuniversity collect. of sc. papers, DGTURT, Dniepropetrovsk, 182-189.
11. Myamlin, S. V. Determination of Friction Performance Influence in the System "Body–Bogie" on the Freight Car Dynamics / S. V. Myamlin, L. O. Neduzha, A. O. Shvets // Science and Transport Progress. – 2014. – Vol. 2 (50). – P. 152-163. doi: 10.15802/stp2014/23792.
12. Myamlin, S. V. Research of Dynamics and Strength of Freight Cars / S. V. Myamlin, L. O. Neduzha, A. O. Shvets. – D.: «Svidler A.L.». – 2018. – 257 p.
13. Myamlin S., Neduzhaja L., Ten A., 2010.: Theoretical Research of Gondola Car Dynamics. Proc. Donetsk Railway Transport Institute. Edition 24, 143-151.
14. Myamlin, S. V. Tekhnichniy stan kovzuniv yak odin iz faktoriv vplivu na dinamiku vantazhnikh vagoniv [Tekhnichniy stan kovzuniv yak odyn iz faktoriv vplyvu na dinamiku vantazhnykh vahoniv] / S. V. Myamlin, L. O. Neduzha, A. O. Shvets // Zb. nauk. pr. DonIZT. – 2013. – Vip. 35. – S. 65-72.
15. Neduzha L. O., & Shvets A. A. (2016). Vykorystannia suchasnoho paketu proham pry rozv'iazanni inzhenernykh zadach na zaliznychnomu transporti [Vikorystannya suchasnoho paketu program pri rozv'yazanni inzhenernykh zadach na zaliznichnomu transporti]. Lokomotiv-inform, 5-6, 42-44.
16. Neduzha, L. Electric Locomotives for Ukraine Railways / L. Neduzha, O. Botin, O. Cherniavska // Visnik sertifikatsii zaliznichnogo transportu. – 2019. – Vol. 1. – P. 22-27.
17. Neduzha, L. The Road over Dnipro. Contemporaneity and Prospects / L. Neduzha, O. Cherniavska // Visnik sertifikatsii zaliznichnogo transportu. – 2019. – Vol. 1. – P. 28-32.
18. Neduzha, L. O. Theoretical and Experimental Research of Strength Properties of Spine Beam of Freight Cars / L. O. Neduzha, A. O. Shvets // Science and Transport Progress. – 2018. – Vol. 1 (73). – P. 131–147. doi: 10.15802/stp2018/123457.
19. Tatarinova, V. A. Application of Software Tools in the Research of Vehicles / V. A. Tatarinova, J. Kalivoda, L. O. Neduzha // Visnik sertifikatsii zaliznichnogo transportu. – 2018. – Vol. 04 (50). – P. 82-91.
20. Tatarinova, V. Theoretical Research of the Traction Vehicle Motion / V. Tatarinova, L. Neduzha // Electromagnetic compatibility and safety on railway transport. – 2018. – Vol. 16. – P. 121-126.

21. Ten, A. A. Experimental Researching of Dynamic Loading of Low-Sided Car on Long-Range Bogies / A. A. Ten, S. V. Myamlin, L. A. Neduzhaya // Car fleet. – 2014. – Vol. 10. – P. 14-18.
22. Myamlin S., Neduzha L., Ten A., Shvets A., 2013.: Determination of dynamic performance of freight cars taking into account technical condition of side bearers. Science and transport progress bulletin of Dniepropetrovsk national university of railway transport named after academician V. Lazaryan. Scientific journal, 1 (43) 2013, 162-170.
23. Kalivoda, J. Enhancing the Scientific Level of Engineering Training of Railway Transport Professionals / J. Kalivoda, L. O. Neduzha // Science and Transport Progress. – 2017. – Vol. 6 (72). – P. 128-137. doi: 10.15802/stp2017/119050.
24. Kyryl'chuk, O. High Speed Stability of a Railway Vehicle Equipped with Independently Rotating Wheels / O. Kyryl'chuk, J. Kalivoda, L. Neduzha // Proc. of 24th Intern. Conf. «Engineering Mechanics 2018». – P. 473-476. doi: 10.21495/91-8-473.
25. Myamlin, S., Lunys, O., Neduzha, L., & Kyryl'chuk, O. (2017). Mathematical Modeling of Dynamic Loading of Cassette Bearings for Freight Cars. Transport Means: Proc. of 21st Intern. Scientific Conf., 973-976.
26. Myamlin, S. Estimation of Dynamic Qualities of Freight Wagons on Bogies of a Perspective Model / S. Myamlin, O. Lunys, L. Neduzha // Proc. of IX Intern. Conf. «Transport Problems». – 2017. – P. 459-469.
27. Myamlin, S. Experimental Research of Dynamic Qualities of Freight Cars with Bogies of Different Designs / S. Myamlin, O. Ten, L. Neduzha // Science and Transport Progress. – 2014. – Vol. 3 (51). – P. 136-145. doi: 10.15802/stp2014/25921.
28. Myamlin, S. V. Role of Student's Science in Forming of Technical Engineer's Ideology / S. V. Myamlin, L. O. Neduzha // Lokomotiv-inform. – 2015. – Vol. 1-2. – P. 55-57.
29. Neduzha, L. O. Application of APM WinMachine software for design and calculations in mechanical engineering / L. O. Neduzha, A. O. Shvets // Science and Transport Progress. – 2016. – Vol. 2 (62). – P. 129-147. doi 10.15802/stp2016/67328.
30. Myamlin S., Neduzha L., Ten O., Shvets A. Research of friction indices influence on the freight car dynamics. *TEKA Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture*, 2013, no. 4 (13), pp. 159-166.
31. Myamlin, S., Neduzha, L., Ten, O., & Shvets, A. (2010). Spatial Vibration of Cargo Cars in Computer Model-ling with the Account of Their Inertia Properties. *Mechanika 2010: Proc. of 15th Intern. Conf.*, 325-328.