

РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

А. О. ШВЕЦЬ^{1*}, К. І. ЖЕЛЄЗНОВ^{2*}, А. С. АКУЛОВ^{3*}, О. М. ЗАБОЛОТНИЙ^{4*},
Є. В. ЧАБАНЮК^{5*}

^{1*}СКТБ МСУБ, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (050) 214 14 19, ел. пошта angela_shvets@ua.fm, ORCID 0000-0002-8469-3902

^{2*}СКТБ МСУБ, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (095) 545 38 87, ел. пошта constantinz@i.ua, ORCID 0000-0003-3648-1769

^{3*}СКТБ МСУБ, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (067) 178 16 90, ел. пошта asakulov@gmail.com, ORCID 0000-0002-6123-5431

^{4*}СКТБ МСУБ, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (067) 282 13 41, ел. пошта zabolotnyi@i.ua, ORCID 0000-0003-1651-7082

^{5*}СКТБ МСУБ, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (066) 633 55 95, ел. пошта 457m@ukr.net, ORCID 0000-0001-5695-5955

ВИЗНАЧЕННЯ ДОПУСТИМИХ СИЛ ПРИ ОЦІНЮВАННІ СТІЙКОСТІ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ ВІД ВИЧАВЛЮВАННЯ В ПОЇЗДАХ

Мета. В аналітичному дослідженні розглядаються: 1) зв'язок між поздовжньою силою, що діє на вагон у складі поїзда; 2) бічні та вертикальні сили взаємодії у зоні контакту колеса й рейки; 3) динамічні показники вагонів із величиною коефіцієнта запасу стійкості від вичавлювання; 4) отримання залежностей між ними. **Методика.** Дослідження проводилося аналітичним методом оцінки стійкості вантажного вагона при русі з різними швидкостями по прямих та кривих ділянках колії. **Результати.** У процесі дослідження руху поїзда, при розслідуванні транспортних подій, а також під час виконання навчального завдання на тренажері машиніста для оцінки його дій використовуються величини поздовжніх сил у міжвагонних з'єднаннях. Отримано вираз для обчислення значення поздовжньої стискаючої сили, діючої на вагон, при якій величина коефіцієнта запасу стійкості від вичавлювання дорівнюватиме допустимому значенню (критична сила). Для оцінки впливу на величину поздовжньої сили швидкості руху, коефіцієнтів вертикальної та горизонтальної динаміки, а також вітрового навантаження на бічну поверхню кузова вагона наведено результати розрахунків руху порожнього піввагона моделі № 12-532 по кривій радіусом 250 м із піднесенням 150 мм й поперечним розбігом рами кузова вагона щодо осі шляху в спрямовуючому перетині в 50 мм. **Наукова новизна.** У даному дослідженні наведено методику визначення поздовжньої стискаючої сили, яка дещо різниться від загальноприйнятої. Також оцінюється вплив на неї швидкості руху рухомого складу, коефіцієнтів вертикальної та горизонтальної динаміки й вітрового навантаження на бічну поверхню кузова вагона. **Практична значимість.** Авторами розроблено пропозиції щодо уточнення існуючих методик визначення значення поздовжньої стискаючої сили, діючої на вагон, при якій величина коефіцієнта запасу стійкості від вичавлювання дорівнюватиме допустимому значенню. Це дозволить оцінювати стійкість кожного вагона поїзда від вичавлювання безпосередньо під час моделювання його руху. Найбільш ефективно використовувати цю методику можна в тренажерах, призначених для навчання машиністів безпечним способом водіння поїздів, та при розслідуванні причин сходу вагонів.

Ключові слова: безпека руху; вітрове навантаження; бічна поверхня кузова; норми розрахунку; стійкість вагонів від вичавлювання; швидкість руху; коефіцієнт стійкості; поздовжня стискаюча сила

А. О. SHVETS^{1*}, К. І. ZHELIEZNOV^{2*}, А. С. AKULOV^{3*}, О. М. ZABOLOTNYI^{4*},
Е. В. CHABANIUK^{5*}

^{1*}EDSD MBCSS, Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St. 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (050) 214 14 19, e-mail angela_shvets@ua.fm, ORCID 0000-0002-8469-3902

^{2*}EDSD MBCSS, Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St. 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (095) 545 38 87, e-mail constantinz@i.ua, ORCID 0000-0003-3648-1769

РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

³*EDSD MBCSS, Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St. 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (067) 178 16 90, e-mail asakulov@gmail.com, ORCID 0000-0002-6123-5431

⁴*EDSD MBCSS, Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St. 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (067) 282 13 41, e-mail zabolotnyi@i.ua, ORCID 0000-0003-1651-7082

⁵*EDSD MBCSS, Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St. 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (066) 633 55 95, e-mail 457m@ukr.net, ORCID 0000-0001-5695-5955

DETERMINATION THE PERMISSIBLE FORCES IN ASSESSING THE LIFT RESISTANT FACTOR OF FREIGHT CARS IN TRAINS

Purpose. In the analytical research are considered: 1) relationships between the longitudinal force acting on the car in the train; 2) lateral and vertical forces of interaction in the contact zone «wheel – rail»; 3) dynamic indicators of cars with the magnitude of the car lift resistance factor; 4) obtaining of the dependencies between them. **Methodology.** The study was conducted by an analytical method assessing the sustainability of the freight car when driving at different speeds on the straight and curved track sections. **Findings.** In the process of studying the motion of the train, in the investigation of transport events, as well as during the training on the simulator operator, to assess the actions of the driver, the values of the longitudinal forces in the inter car connections are used. To calculate the longitudinal compressive forces, acting on the car, in which car lift resistance factor will be equal to the allowable value (critical force). To assess the impact on the value of the longitudinal force speed, coefficients of the vertical and horizontal dynamics, as well as the wind load on the side surface of the car body are the results of calculations of motion of the empty gondola car, model № 12-532 curve radius of 250 m with a rise of 150 mm and a transverse run of body of car frame relative to the track axis of the guide section 50 mm. **Originality.** In this study, the technique of determining the longitudinal compressive force was shown, that is somewhat different from the standard. So, as well as assessing the impact on it the speed of rolling coefficients of vertical and horizontal dynamics and wind load on the side surface of the car body. **Practical value.** The authors developed proposals on the enhancement of existing methods for determining the value of the longitudinal compressive forces acting on the car in which the safety value of the car lift resistance factor will be equal to the allowable value. It will evaluate the stability of each train car lift resistance factor directly during the simulation of its movement. The most effective use of this technique in the simulator designed to teach the drivers a safe way of driving trains and in the investigation of the causes of cars derailment.

Keywords: safety; wind loading; lateral surface of the body; rules for calculation; car lift resistance factor; speed; stability factor; longitudinal compressive force

REFERENCES

1. Vershinskiy S.V., Danilov V.I., Chelnokov I.I. *Dinamika vagonov* [Dynamics of cars]. Moscow, Transport Publ. 360 p.
2. Garg V.K., Dukkipati R.V., Bomshteyn K.G., Pankin N.A. *Dinamika podvizhnogo sostava* [Dynamics of rolling stock]. Moscow, Transport Publ., 1988. 392 p.
3. *Gruzovyye vagonny kolei 1520 mm zheleznykh dorog SSSR* [Freight cars of 1520 mm gauge railways of the USSR]. Moscow, Transport Publ., 1982. 111 p.
4. *Gruzovyye vagonny kolei 1520 mm zheleznykh dorog SSSR* [Freight cars of 1520 mm gauge railways of the USSR]. Moscow, Transport Publ., 1989. 175 p.
5. Shvyets A.A., Zhyelyeznov K.I., Akulov A.S., Zabolotnyy A.N., Chabanyuk Ye.V. K voprosu opredeleniya koeffitsienta zapasa ustoychivosti ot vyzhimaniya legkovesnykh vagonov [Determination of the issue concerning the lift resistance factor of lightweight car]. *Nauka ta prohres transportu – Science and Transport Progress*, 2015, no. 6 (60), pp. 134–148. doi: 10.15802/stp2015/57098.
6. Shvyets A.A., Zhyelyeznov K.I., Akulov A.S., Zabolotnyy A.N., Chabanyuk Ye.V. Nekotoryye aspekty opredeleniya ustoychivosti porozhnykh vagonov ot vyzhimaniya ikh prodolnymi silami v gruzovykh poyezdakh [Some aspects of the definition of empty cars stability from squeezing their longitudinal forces in the freight train]. *Nauka ta prohres transportu – Science and Transport Progress*, 2015, no. 4 (58), pp. 175–189. doi: 10.15802/stp2015/49281.
7. *Normy dlya rascheta i proektirovaniya novykh i moderniziruemyykh vagonov zheleznykh dorog MPS kolei 1520 mm (nesamokhodnykh)* [Norms for calculation and design of new and modernized cars of Ministry of Railways of 1520 mm (not self-propelled)]. Moscow, VNIIV-VNIIZhT Publ., 1983. 260 p.

РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

8. Zheleznov K.I., Akulov A.S., Yevdomakha H.V., Zabolotnyi O.M., Chabaniuk Ye.V., Shvets A.O. *Trenazherdliia navchannia mashynista mahistralnoho lokomotyva* [Simulator for training the operator of the main locomotive]. Patent UA, no. u 2013 09075. 2013.
9. Zheleznov K.I., Akulov A.S., Yevdomakha H.V., Zabolotnyi O.M., Chabaniuk Ye.V., Shvets A.O. Svidotstvo pro reiestratsiiu avtorskoho prava na tvir No. 54184 Ukraina. Kompiuterna prohrama «Obucheniyu vozhdeniyu poyezdov mashinistov magistralnykh lokomotivov» [Computer program «Learning to drive trains of drivers in mainline locomotives»]. Certificate UA, no. 54184, 2014.
10. Taturevich A.A. Teoreticheskiye issledovaniya ustoychivosti podvizhnogo sostava protiv skhoda ot vkatyvaniya grebnya koleasa na rels [Theoretical studies of stability of rolling stock against derailment from the racking of the wheel flange on the rail]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazaryana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2003, issue 2, pp. 133-137.
11. Anyakwo A., Pislaru C., Ball A. A New Method for Modelling and Simulation of the Dynamic Behaviour of the Wheel-rail Contact. *Intern. Journal of Automation and Computing*, 2012, vol. 9, issue 3, pp. 237-247. doi: 10.1007/s11633-012-0640-6.
12. Marquis B., Greif R. Application of Nadal limit in the prediction of wheel climb derailment (JRC2011-56064). Proc. of the ASME/ASCE/IEEE. 2011 Joint Rail Conf. (16.03.–18.03.2011). Pueblo, Colorado, USA, 2011, pp. 1-8. doi: 10.1115/jrc2011-56064.
13. Transit cooperative research program. Annual Report of Progress. Washington, Transportation Research Board Publ., 2014. 112 p.
14. Track-Related Research Volume 5. Flange Climb Derailment Criteria and Wheel/Rail Profile Management and Maintenance Guidelines for Transit Operations. Transit cooperative research program Report 71, 2005, 147 p.
15. Trzaska Z. Modeling of Energy Processes in Wheel-Rail Contacts Operating under Influence of Periodic Discontinuous Forces. *Journal of Transportation Technologies*, 2012, vol. 2, pp. 129-143. doi: 10.4236/jtts.2012.22014.

Статья рекомендована к публикации д.т.н., проф. С. В. Мямлиным (Украина); д.т.н., ст. научн. сотр. Н. А. Радченко (Украина); к.т.н. наук., ст. научн. сотр. Н. М. Хачапуридзе (Украина)

Поступила в редколлегию: 05.12.2015

Принята к печати: 15.02.2016