DOI: <https://doi.org/10.32353/khrife.2.2019.26>

УДК 343.148.6: 656.082

А. В. Батіг,

старший науковий співробітник Львівського НДІСЕ,

м. Львів, Україна,

ORCID: 0000-0003-1205-6004

e-mail: batigasha1992@gmail.com

А. Я. Кузишин,

науковий співробітник Львівського НДІСЕ, аспірант,

м. Львів, Україна,

ORCID: 0000-0002-3012-5395

e-mail: kuzyshyn1993@gmail.com

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИПАДКІВ СХОДУ РУХОМОГО СКЛАДУ З РЕЙОК ЗА ДОПОМОГОЮ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Опис динамічної поведінки рухомого складу при русі рейковою колією є досить складним, трудомістким процесом, який вимагає високої кваліфікації експерта та значних витрат часу.

Наявність математичних моделей складових одиниць рухомого складу значно б полегшило дослідження випадків їх сходу з колії.

У зв'язку з цим експертами Львівського НДІСЕ розроблена математична модель пасажирського вагона дизель-поїзда та удосконалена модель вантажного вагона. Це дозволило прискорити процес дослідження їх динамічних показників, полегшити процес встановлення граничних значень параметрів технічного стану та оцінити наслідки зміни цих параметрів у визначених умовах роботи.

Ключові слова: моделювання, залізнично-транспортна пригода, рухомий склад, методика, вантажний вагон, програмний комплекс, дизель-поїзд.

Постановка наукової проблеми. Опис динамічної поведінки рухомого складу при русі по рейковій колії є досить складним, трудомістким процесом, який потребує високої кваліфікації експерта, значних затрат часу, а встановлення причин втрати стійкості такої системи вимагає детальних досліджень із залученням сучасного наукового інструментарію.

Застосування математичних моделей дозволяє автоматизувати та прискорити процес дослідження динамічних показників рухомого складу. Можливість застосування методу підсистем при математичному моделюванні значною мірою спрощує цю процедуру. Якщо моделюється рух поїзда, що складається з локомотива і певної кількості однакових вагонів, то введення даних до комп'ютерної моделі потрібне лише для локомотива й одного вагону. Це дозволяє економити час і уникнути значної кількості помилок¹.

¹ Дьомін Р. Ю. Розвиток методів і засобів досліджень з убезпечення технічної експлуатації залізничного рухомого складу : дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.07. Східноукр. нац. ун-т ім. Володимира Даля : Северодонецьк, 2018. 475 с.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Дослідженню процесу динамічної взаємодії рухомого складу та рейкової колії за допомогою математичних моделей присвячена значна кількість наукових робіт. Серед таких праць слід виділити роботу Ю. С. Ромена «О движении железнодорожного экипажа в кривых участках пути»¹, в якій відображені результати дослідження процесу динамічного вписування рухомого складу у криві ділянки колії змінного радіуса із застосуванням ЕОМ (електронно-обчислювальних машин). З метою спрощення математичної моделі автором було прийнято, що сила тиску гребня діє паралельно поздовжній осі колісної пари, а сила тертя гребеня по головці рейки відсутня. Зазначені спрощення дали підстави науковцям засумніватися в повній адекватності даної моделі щодо опису реального процесу взаємодії гребня колеса з рейкою².

Проблема вписування рухомого складу в криві ділянки колії також детально досліджувалась в роботі І. В. Бірюкова «Исследование причин повышенного износа гребней бандажей колесных пар электропоезда ЭР 22 и способов его уменьшения»³, у якій наведено математичний опис руху рейкового екіпажу по перехідній кривій, заснований на теорії відносного руху. Проте недоліком даної роботи є неврахування забігання точки контакту гребня з рейкою та неуточнення кінематики вписування колеса колісної пари в перехідну криву.

Особливої уваги заслуговує робота Йонг Хе «Object-Oriented Modeling and Simulation of Railway Vehicle Systems»⁴, у якій запропонований об'єктно-орієнтований метод моделювання, який можна використовувати для прогнозування деяких аспектів динамічної поведінки рухомого складу. При моделюванні поведінки кожного об'єкта формувався віртуальний прототип рухомого складу, а результат моделювання дав можливість визначити критичну швидкість та сили, які виникають під час взаємодії колісної пари з рейковою колією. Однак запропонований метод моделювання не дав можливість враховувати вплив випадкового характеру нерівностей рейкової колії на динамічні показники рухомого складу.

У роботі Савада Садехі, Аміна Кхаджехдезвудлі та Мортеза Есмаелі «Investigation of rail irregularity effects on wheel/rail dynamic

---

¹ Ромен Ю. С. О движении железнодорожного экипажа в кривых участках пути. *Вестник Всесоюз. научно-исслед. ин-та ж.-д. транспорта*. Дніпро, 1964. № 6.

² Трофимович В. В. Динамика ЭПС: Определение сил взаимодействия колес электровозов ЭП1 с рельсами при движении в переходных и круговых кривых малого радиуса : учеб. пособ. Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2004. 90 с.

³ Бирюков И. В. Исследование причин повышенного износа гребней бандажей колесных пар электропоезда ЭР 22 и способов его уменьшения. *Труды МИИТа*, 1971. № 374.

⁴ He Y. Object-Oriented Modeling and Simulation of Railway Vehicle Systems. *Applied Mechanics and Materials*. 2010, Vol. 26–28, pp. 900–904.

force in slab track: Comparison of two and three dimensional models»¹ встановлений вплив нерівностей рейкової колії на динамічні сили в контакті колесо-рейка за допомогою розроблених двовимірних та тривимірних числових моделей, які описують процес взаємодії рухомого складу із залізничною колією. Основним недоліком даної роботи є відсутність можливості отримання точних результатів за допомогою даних моделей при збільшенні різниці між нерівностями правої і лівої рейки.

У роботі Джеррі Аусіелло «Determination of wheel/rail contact points in the simulation of a railway vehicle dynamics»² була розроблена ефективна розрахункова модель, яка описує тривимірну модель динамічної поведінки рухомого складу, за допомогою програм «Matlab-Simulink» та «Adams Rail». Розроблена авторами модель рухомого складу дала можливість виконувати оцінку місцевих деформацій у зоні контакту колесо-рейка.

У роботі «Estimation of Wheel/Rail Contact Forces Based on an Inverse Technique»³ колективом авторів Тао Зу, Шоном Хіао, Джунгу Янгом та Мінгментом Вангом тягової енергетичної лабораторії Південно-Західного університету Цзяотун (Китай) був запропонований метод інверсії в часовій області для дослідження вертикальних та горизонтальних сил в контакті колесо-рейка. Було встановлено, що запропонована математична модель дає високу точність результатів у порівнянні із результатами, отриманими в ході моделювання у програмному комплексі Simpack.

Отже, як видно з аналізу наведених вище літературних джерел, дослідження динаміки руху рухомого складу слід виконувати саме методами математичного моделювання, що дозволяє підвищити точність отриманих результатів, скоротити час на їх аналіз та обробку.

Мета статті. Дослідити необхідність розробки математичних моделей складових одиниць рухомого складу для дослідження випадків їх сходу з рейкової колії.

Виклад основного матеріалу дослідження. Одним з головних напрямків науково-технічного прогресу протягом уже кількох десятиріч є розвиток методів і засобів інформатики та обчислювальної техніки. Використання методів математичного моделювання та комп'ютерного розв'язання поставлених задач дозволило значно підвищити ефективність роботи науковців, а застосування різних методів

¹ Sadeghi J., Khajehdezfoly A., Esmaeili M. Investigation of rail irregularity effects on wheel/rail dynamic force in slab track: Comparison of two and three dimensional models. *J Sound Vibration*, 2016, Vol. 374, pp. 228–244.

² Auciello J. Determination of wheel/rail contact points in the simulation of a railway vehicle dynamics. *WIT Transactions on Engineering Sciences*, 2010, Vol. 62, pp. 261–270.

³ Zhu T., Xiao S., Yang G., Wang M. Estimation of Wheel/Rail Contact Forces Based on an Inverse Technique. 13th International Conference on Fracture June 16–21, 2013, Beijing, China.

математичного моделювання привело до розширення практичної бази комп'ютерної математики при дослідженні складних систем.

У свою чергу, застосування методів математичного моделювання при виконанні залізнично-транспортних експертиз сходу рухомого складу з рейок дозволяє експерту встановити основні динамічні показники рухомого складу, необхідну та достатню умови сходу його з рейкової колії.

На даний час для комп'ютерних експериментів з дослідження динаміки рухомого складу складено багато програм та програмних комплексів, які дозволяють здійснити реалістичну імітацію поведінки залізничних транспортних екіпажів при русі по рейковій колії. Прикладами іноземних програмних пакетів можуть служити: ADAMS/Rail, Medyna, Nucars, Simpack та Vampire. Для дослідження методом математичного моделювання динамічної навантаженості вагонів також наявний вітчизняний програмний комплекс «Dynamics of Rail Vehicles» («DYNRAIL»).

У Львівському науково-дослідному інституті судових експертиз дослідження динаміки рухомого складу у випадку настання таких залізнично-транспортних пригод, як схід рухомого складу з рейок, виконується експертами за методиками, розробленими доктором технічних наук Е. М. Соколом. В його монографіях «Сходы с рельсов и столкновения подвижного состава»¹ та «Крушения железнодорожных поездов»², задача сходу з рейок рухомого складу при вкочуванні гребеня колеса на головку рейки розв'язувалась з використанням математичної моделі, яка складалася з системи диференціальних рівнянь руху колісної пари. В даних роботах розв'язання такої системи дозволило отримати аналітичні вирази необхідної та достатньої умов вкочування гребеня колеса на головку рейки.

Перевірка на практиці методик Е. М. Сокола підтвердила можливість їх застосування у випадках сходу з рейок рухомого складу з таких причин: наявність у вагонних колісних пар значної різниці діаметрів коліс, тонкомірних гребенів, ненормативної відстані між внутрішніми гранями коліс, значних поздовжніх і поперечних зазорів між боковою рамою візка і буксою.

Однак, на даний час є необхідність у розробці нових методик, які б враховували більше параметрів ходових частин вагонів, серед яких параметри системи гасіння коливань, ресорного підвішування, вузла п'ятник-підп'ятник, надресорних балок візків тощо. Також трапляються випадки, коли необхідно враховувати вплив на динамічну поведінку рухомого складу наявності дефектів на поверхні кочення його коліс.

Для врахування множини всіх зазначених вище параметрів і виявлення з них найбільш значущих для обставин сходу рухомого

---

¹ Сокол Э. Н. Сходы с рельсов и столкновения подвижного состава (Судебная экспертиза. Элементы теории и практики). Киев, 2004. *Транспорт України*, 368 с.

² Сокол Э. Н. Крушения железнодорожных поездов (Судебная экспертиза. Элементы теории и практики). Киев : Феникс, 2007. 355 с.

складу з рейок, на даний час розробляється об'єктно-орієнтоване програмування в комп'ютерному середовищі Maple, а саме: просторова механічна та математична модель пасажирського вагона дизель-поїзда ДПКр-2 та удосконалена математична модель вантажного вагона.

Просторова розрахункова схема пасажирського вагона дизель-поїзда ДПКр-2 побудована з 7 твердих тіл (кузов, два візка, чотири колісні пари), з'єднаних між собою пружно-дисипативними в'язями (рис. 1). Кузов та візки мають по 6 степенів вільності, а колісні пари — по 5, оскільки при їх русі процес галопування не відбувається.

На основі побудованої розрахункової схеми пасажирського вагона дизель-поїзда ДПКр-2, була складена його математична модель. Дана математична модель вагона складається з 30 диференціальних рівнянь другого порядку, які детально описані та наведені в роботах А. Я. Кузишина та А. В. Батога «Побудова механічної моделі вагона дизель-поїзда ДПКр-2 та її особливості»¹, «Математична модель вагона дизель-поїзда ДПКр-2»².

Інтегрування диференціальних рівнянь руху вагона дизель-поїзда виконувалося чисельним методом Рунге-Кутта в комп'ютерному середовищі Maple. В кожний момент часу за допомогою даної моделі можна визначити значення всіх узагальнених координат, що необхідно для обчислення критеріїв безпеки руху рухомого складу.

а

¹ Кузишин А. Я., Батіг А. В. Побудова механічної моделі вагона дизель-поїзда ДПКр-2 та її особливості. Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2017, № 6 (72). С. 20–30.

² Костриця С. А., Кузишин А. Я., Батіг А. В., Соболевська Ю. Г. Математична модель вагона дизель-поїзда ДПКр-2. Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2018, № 1 (73). С. 15–25.

Рис. 1. Розрахункова схема пасажирського вагона дизель-поїзда ДПКр-2 в площині ZX, YX, ZY (а, б, в): $z_k, y_k, x_k, \varphi_k, \psi_k, \theta_k$ — узагальнені координати кузова; $z_{bi}, y_{bi}, x_{bi}, \varphi_{bi}, \psi_{bi}, \theta_{bi}$ — узагальнені координати візка ($i=1-2$ номер візка); $z_{kij}, y_{kij}, x_{kij}, \varphi_{kij}, \psi_{kij}, \theta_{kij}$ — узагальнені координати колісних пар ($j=1-4$ номер колісної пари)

У процесі перевірки на адекватність розроблена математична модель вагона дизель-поїзда дозволила отримати результати, які мали незначні розходження з експериментальними даними, отриманими в ході досліджень зазначеного дизель-поїзда лабораторією динаміки та міцності рухомого складу Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.

Розроблена працівниками Львівського НДІСЕ модель пасажирського вагона дизель-поїзда дає можливість враховувати

визначену кількість його параметрів і за необхідності може бути удосконалена для врахування впливу зміни термодинамічних процесів, які протікають в пневматичних ресорах вагонів при їх русі по рейковій колії.

Для досліджень динамічних характеристик вантажних вагонів цікавою є модель, яка була розроблена в Московському державному університеті шляхів сполучення¹.

Дана просторова розрахункова схема вантажного вагона складається з 11 твердих тіл (кузов, чотири бокових рами, чотири колісні пари, дві надресорні балки) (рис. 2), а математична модель — з 30 диференціальних рівнянь другого порядку, які детально наведені в дисертаційній роботі Чан Фу Тхана «Динамика грузового вагона при нелинейных связях кузова с тележками».

а

б

¹ Чан Фу Тхан. Динамика грузового вагона при нелинейных связях кузова с тележками : дис. ... д-ра техн. наук : 05.22.07. Москва : МИИТ, 2010. 287 с.

Рис. 2. Розрахункова схема вантажного вагона в площині ZX, YX, ZY (а, б, в):
 $z, y, x, \varphi, \psi, \theta$ — узагальнені координати кузова; $z_{pi}, y_{pi}, x_{pi}, \varphi_{pi}, \psi_{pi}$ — узагальнені координати рами візка ($i = 1 - 2$ номер рами візка); $y_{кпj}, \psi_{кпj}$ — узагальнені координати колісних пар ($j = 1 - 4$ номер колісної пари), θ_{6k}, ψ_{6k} — координати надресорних балок ($k = 1, 2$ номер надресорної балки); η_{6l}, η_{cl} — вертикальні та горизонтальні нерівності під колісними парами вантажного вагона ($l = 1 - 8$ номер колісної пари)

Запропонована Чан Фу Тханом модель вантажного вагона відрізняється від розробленої працівниками Львівського НДІСЕ моделі пасажирського вагона дизель-поїзда ДПКр-2 тим, що дає можливість враховувати вплив зміни зазорів між елементами конструкції вагона на його динамічні характеристики, в тому числі показники стійкості руху.

Крім цього, використання даної моделі вантажного вагона дає можливість враховувати вплив на динаміку його руху наявності дефектів на поверхні кочення коліс, просідання пружин ресорних комплектів візка вагона, зазорів в ковзунах, зносів в підп'ятникових вузлах в поздовжньому і поперечному напрямках тощо.

Поряд з цим, модель вантажного вагона призначена для встановлення лише їхніх основних динамічних показників і для дослідження випадків сходу вантажних вагонів з рейок потребує удосконалення.

Оскільки значний вклад у дослідження проблеми стійкості рухомого складу, сходу його з рейкової колії належать Е. М. Соколу, то працівниками Львівського НДІСЕ розглядається можливість удосконалення моделі вантажного вагона за допомогою його праць «Сходы с рельсов и столкновения подвижного состава (Судебная экспертиза. Элементы теории и практики)»⁹ та «Крушения железнодорожных поездов (Судебная экспертиза. Элементы теории и практики)».

Висновки. Моделювання рухомого складу допомагає досліднику зрозуміти динамічну поведінку його основних систем (ходових частин, гальм), оцінити наслідки зміни їхніх параметрів та поведінку у визначених умовах роботи.

Розроблена працівниками Львівського НДІСЕ математична модель пасажирського вагона дизель-поїзда ДПКр-2 та запропонована математична модель вантажного вагона дозволять не лише досліджувати причини сходу рухомого складу з рейок, а й встановлювати граничні значення параметрів його технічного стану, переводячи формування вимог до системи утримання рухомого складу залізниць в площину доказової динаміки.

Reference

- Auciello, J. (2009). *Determination of wheel/rail contact points in the simulation of a railway vehicle dynamics*. WIT Transactions on Engineering Sciences. Vol: 62, 261–270.
- Biryukov, I. V. (1971). *Issledovanie prichin povyishennogo iznosa grebney bandazhey kolesnyih par elektropoezda ER 22 i sposobov ego umensheniya*. Trudy MIITa. Moscow, № 374 [in Russian].
- Chan Fu Tkhani. (2010). *Dynamiyka hruzovoho vahona pry nelyneinykh svyaziakh kuzova s telezhkami*: dys. ... d-ra tekhn. nauk: 05.22.07. Moskva: MIIT [in Russian].
- Domin, R. Іu. (2018). *Rozvytok metodiv i zasobiv doslidzhen z ubezpechennia tekhnichnoi ekspluatatsii zaliznychnoho rukhomoho skladu*: dys. ... d-ra tekhn. nauk: 05.22.07 Volodymyr Dahl East Ukrainian national university. Severodonetsk [in Ukrainian].
- He, Y. *Object-Oriented Modeling and Simulation of Railway Vehicle Systems*. Applied Mechanics and Materials. 2010, vol: 26–28. 900–904.
- Kostritsya, S. A., Kuzishin, A. Ya., Batig, A. V. (2018). Sobolevska Yu. G. *Matematychna model vahona dyzel-poizda DPKr-2*. Visn. Dnipropetr. nats. un-tu zalizn. transp. im. akad. V. Lazaryana. № 1 (73), 15–25 [in Ukrainian].
- Kuzishin, A. Ya., Batig, A. V. (2017). *Pobudova mekhanichnoi modeli vahona dyzel-poizda DPKr-2 ta yii osoblyvosti*. Visn. Dnipropetr. nats. un-tu zalizn. transp. im. akad. V. Lazaryana. № 6 (72), 20–30 [in Ukrainian].
- Romen, Yu. S. (1964). *O dvizhenii zheleznodorozhnogo ekipazha v krivyih uchastkakh puti*. Vestnik Vsesoyuzn. nauchno-issled. in-ta zh.-d. transporta, Dnipro, № 6 [in Russian].
- Sadeghi, J., Khajehdezfuly, A., Esmaeili, M. (2016). *Investigation of rail irregularity effects on wheel/rail dynamic force in slab track: Comparison of two and three dimensional models*. J Sound Vibration. Vol: 374. 228–244.

- Sokol, E. N. (2007). *Krusheniya zheleznodorozhnykh poyezdov (Sudebnaya ekspertiza. Elementy teorii i praktiki)*. Kyiv: Feniks Publ [in Russian].
- Sokol, E. N. (2004). *Skhody s relsov i stolknoveniya podvizhnogo sostava (Sudebnaya ekspertiza. Elementy teorii i praktiki)*. Kiev: Transport Ukrainy Publ [in Russian].
- Trofimovich, V. V. (2004). *Dinamika EPS: Opredelenie sil vzaimodeystviya koles elektrovozov EPI s relsami pri dvizhenii v perehodnykh i krugovykh krivyykh malogo radiusa: ucheb. posobie*. Khabarovsk: DVGUPS Publishing House [in Russian].
- Zhu, T., Xiao, S., Yang, G., Wang, M. (2013). *Estimation of Wheel/Rail Contact Forces Based on an Inverse Technique*. 13th International Conference on Fracture June 16–21, Beijing, China.

А. В. Батиц, А. Я. Кузишин

ИССЛЕДОВАНИЕ СЛУЧАЕВ СХОДА ПОДВИЖНОГО СОСТАВА С РЕЛЬСОВ С ПОМОЩЬЮ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Целью данной статьи является анализ необходимости применения методов математического моделирования при выполнении экспертиз схода подвижного состава с рельсов.

Описание динамического поведения подвижного состава при движении по рельсовому пути является достаточно сложным, трудоемким процессом, который требует высокой квалификации эксперта и значительных затрат времени.

Наличие детализированных математических моделей составляющих единиц подвижного состава значительно облегчило бы исследования случаев их схода с рельсового пути.

В настоящее время исследованию динамики движения подвижного состава с помощью математических моделей посвящено значительное количество научных работ.

Во Львовском НИИСЭ исследование таких железнодорожно-транспортных происшествий, как сход подвижного состава с рельсов, выполняется экспертами по методикам, разработанным Э. Н. Соколом, позволяющим учитывать определенное количество параметров ходовых частей вагонов.

В настоящее время при исследовании случаев схода подвижного состава с рельсов есть необходимость в разработке новых методик, которые позволили бы учитывать больше параметров ходовых частей вагонов, таких как: параметры системы гашения колебаний, рессорного подвешивания, надрессорных балок, узла пятник-подпятник и т. п. Также встречаются случаи железнодорожно-транспортных происшествий, причиной которых может быть наличие дефектов на поверхности качения колес подвижного состава.

В связи с этим экспертами Львовского НИИСЭ для учета вышеупомянутых параметров ходовых частей и выявления из них наиболее значимых для обстоятельств схода подвижного состава с рельсов разрабатывается объектно-ориентированное программирование в компьютерной среде Maple.

В настоящее время разработана математическая модель пассажирского вагона дизель-поезда ДПКр-2 и усовершенствованная математическая модель грузового вагона.

Авторы статьи пришли к выводу, что применение математических моделей и их компьютерное решение может облегчить процесс выполнения исследования случаев схода подвижного состава с рельсов, поскольку позволяет автоматизировать и ускорить процесс исследования динамических показателей подвижного состава, облегчить процесс установления предельных значений параметров его технического состояния и оценить последствия изменения этих параметров в определенных условиях работы.

Ключевые слова: моделирование, железнодорожно-транспортное происшествие, подвижной состав, методика, грузовой вагон, программный комплекс, дизель-поезд.

A. Batig, A. Kuzyshyn

INVESTIGATION CASES OF ROLLING STOCK DERAILMENT USING MATHEMATICAL MODELING

The purpose of this article is to analyze the need to apply the methods of mathematical modeling when performing examinations of rolling stock derailment.

The description of the dynamic behavior of rolling stock when moving on the track is a rather complicated, time-consuming process, which requires highly qualified expert and time-consuming.

The presence of detailed mathematical models of the constituent units of the rolling stock would greatly facilitate the study of cases of their derailment.

At present, a significant number of scientific papers are devoted to the study of the dynamics of rolling stock movement using mathematical models.

In Lviv NDISE, investigations of such railway accidents as rolling stock derailment from the rails are performed by experts according to the methods developed by the doctor of technical sciences Sokol E. M., allowing to take into account a certain number of parameters of wagon running gears.

At present, when experts examine the cases of rolling stock derailment, there is a need to develop new methods that would allow to take into account more parameters of the undercarriage parts of the wagons, such as: parameters of the damping system, spring suspension, bolster, node of the body-bogie bolster center plates, etc. P. There are also cases of railway accidents, in which one of the reasons may be the presence of defects on the rolling surface of the wheels of the rolling stock.

In this regard, experts of Lviv NDISE to take into account the above-mentioned parameters of the running gears and to identify the most significant for rolling stock derailment, it was developed object-oriented programming in the computer environment Maple.

At present, have developed a mathematical model of a passenger car of a diesel train, the DPKr-2, and an improved mathematical model of a freight wagon.

The authors of the article came to the conclusion that the use of mathematical models and their computer solution can facilitate the process of researching rolling stock cases from the rails, as it allows automating and speeding up the study of dynamic indicators of rolling stock, facilitating the process of establishing the limiting values of its technical condition parameters and assessing the consequences changes in these parameters in certain working conditions.

Keywords: modeling, railway accident, rolling stock, method, freight car, software package, diesel-train.

Надійшла до редакції 12.10.2019