

## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОСТОРОВИХ КОЛИВАНЬ РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ

Мямлін С.С.

*ТОВ «Дніпровський орган з сертифікації залізничного транспорту», Україна*

**Анотація.** *Розвиток залізничного транспорту супроводжується впровадженням інноваційної техніки та сучасних інформаційних технологій. Створення залізничного рухомого складу та рейкових машин потребує оцінки їх міцнісних та динамічних якостей ще на етапі проектно-дослідного виробництва, тому розробка спеціалізованого програмного забезпечення для оцінки основних параметрів створюваних конструкцій рухомого складу є актуальною. науково-прикладна проблема залізничного транспорту та транспортного машинобудування. Виконано теоретичні дослідження просторових коливань окремих типів залізничного рухомого складу та отримано рекомендації щодо формування параметрів конструкцій вантажних вагонів і спеціального рухомого складу. При проведенні теоретичних досліджень використовувався авторський програмний комплекс DYNRAIL-PRO, який верифіковано та доведено достовірність результатів розрахунків.*

**Ключові слова:** *комп'ютерне моделювання, динаміка залізничного транспорту, DYNRAIL-PRO, динаміка вагона, індекс зносу колесо–рейка,*

Розвиток залізничного транспорту супроводжується впровадженням інноваційної техніки та сучасних інформативних технологій. Створення рухомого складу залізниць та рейкової техніки потребує оцінки їхніх міцносних та динамічних якостей ще на стадії проектування та дослідного виробництва, тому розробка спеціалізованого програмного забезпечення для оцінки основних параметрів створюваних конструкцій рухомого складу є актуальною науково-прикладною проблемою для залізничного транспорту та транспортного машинобудування.

Проектування залізничного рухомого складу потребує, як відомо, проходження декількох етапів, що стосуються вибору конструктивних рішень та визначенню параметрів всієї конструкції та окремих її складових елементів. Як правило, для реалізації цієї мети використовується спеціалізоване програмне забезпечення, що передбачає використання вихідних даних з конструкції, що проектується, та порівняння з нормативними значеннями

досліджуваних параметрів або з технічними вимогами до створюваної конструкції. Відомі основні програмні комплекси для оцінки міцносних та динамічних якостей конструкцій [1-5]. І кожен з цих програмних продуктів має свої переваги та недоліки [6,7]. Але, з досвіду наукових досліджень динамічних та міцносних якостей інноваційних конструкцій рухомого складу залізниць відомо, що необхідно більш повно враховувати не тільки конструктивні особливості створюваного рухомого складу, а й враховувати, як внутрішні, так і зовнішні зусилля у зв'язках, які присутні у процесі просторових коливань рухомого складу. Наприклад, зусилля взаємодії колеса та рейки, зусилля між екіпажами у складі поїзда, зусилля між кузовом та вантажем для вантажного вагону, тощо. Тому, автором запропоновано та проведено реєстрацію авторського права на програмне забезпечення для дослідження динамічних якостей рейкових екіпажів [8].

Запропонований автором програмний комплекс DYNRAIL-PRO представляє собою набір спеціальних підпрограм, які об'єднані єдиною інформаційно-аналітичною системою, що дозволяє виконати теоретичні дослідження транспортних конструкцій для залізничного транспорту з метою не тільки визначення параметрів базової конструкції, а й зробити прогнозування змін у динамічній навантаженості рейкового екіпажу через вплив зовнішніх та внутрішніх факторів.

В програмному комплексі DYNRAIL-PRO рейковий екіпаж розглядається як складна механічна система, де між всіма конструктивними елементами передбачено застосування основних видів зв'язків, а саме: пружні, дисипативні, в'язке тертя та їх різноманітні комбінації, що дозволяє створювати складні механічні конструкції та досліджувати їх просторові коливання. Даний підхід дозволяє не тільки визначати показники динаміки, а й показники безпеки руху.

За допомогою даного програмного комплексу виконана низка досліджень динамічної навантаженості інноваційних конструкцій піввагонів, вагонів-зерновозів, спеціального рухомого складу залізниць, що дозволило обрати не тільки параметри конструкцій, а спрогнозувати зміни показників динаміки та

безпеки руху створених конструкцій в залежності від технічного стану колії та режимів руху поїздів.

В результаті виконання теоретичних досліджень просторових коливань окремих типів рухомого складу залізниць отримано рекомендації з формування параметрів конструкцій вантажних вагонів та спеціального рухомого складу. При проведенні теоретичних досліджень застосовано авторський програмний комплекс DYNRAIL-PRO, що пройшов верифікацію та доведено достовірність результатів розрахунку.

### **ЛІТЕРАТУРА**

1. Iwnicki, S. (1999). The Manchester Benchmarks for Rail Vehicle Simulation. *Vehicle System Dynamics*, 30(3-4): 295-313
2. ADAMS/Rail User Manual (2004), MSC. Software Corporation.
3. Каплун А.Б. ANSYS в руках инженера: Практическое руководство. - М.: Едиториал УРСС, 2004. - 272 с.
4. Software M. Adams/View documentation 2020.
5. VAMPIRE® Vehicle/Track Interaction SaaS (2024) <https://www.ensco.com/rail/vampire-vehicle-track-interaction-saas>, 2024
6. Simpack GmbH. Simpack 2021.2 Documentation. 2020.
7. Мямлин С. С. DYNRAIL та DYNRAIL-PRO як альтернативний інструмент у моделюванні динаміки рейкових екіпажів / С. С. Мямлин // Інтелектуальні транспортні технології : тези доповідей 3-ї міжнар. наук.-техн. конф. (22-23 листопада 2022 р.). - Харків : УкрДУЗТ, 2022. - С. 51-52.
8. Свідоцтво реєстрацію авторського права на твір «DYNRAIL-PRO» Комп'ютерна програма «Программа моделирования пространственных колебаний железнодорожных экипажей» А. с. №116761 Україна, заявл. 31.05.2023 опубл. 31.05.2023, Бюл. №75. - Мямлін С.С.

### **MATHEMATICAL SIMULATION OF SPATIAL OSCILLATIONS OF RAILWAY ROLLING STOCK**

Miamlin Serhii

**Abstract.** *The development of railway transport is accompanied by the introduction of innovative equipment and modern information technologies. The creation of railway rolling stock and rail machinery requires an assessment of their strength and dynamic qualities even at the stage of design and experimental production, therefore, the development of specialized software for evaluating the main parameters of the rolling stock structures being created is an urgent scientific and applied problem for railway*

*transport and transport engineering. Theoretical studies of spatial fluctuations of certain types of railway rolling stock were performed and recommendations were obtained for the formation of parameters of the structures of freight cars and special rolling stock. When conducting theoretical research, the author's DYNRAIL-PRO software complex was used, which was verified and the reliability of the calculation results was proven.*

**Keywords:** *computer simulation, railway vehicles dynamics, DYNRAIL-PRO, wagon dynamics.*

## **REFERENCE**

1. Iwnicki, S. (1999). The Manchester Benchmarks for Rail Vehicle Simulation. *Vehicle System Dynamics*, 30(3-4): P. 295-313
2. ADAMS/Rail User Manual (2004), MSC. Software Corporation.
3. Kaplun A.B. ANSYS in the hands of an engineer: A practical guide. - M.: Editorial URSS, 2004. - 272 p.
4. Software M. Adams/View documentation 2020.
5. VAMPIRE® Vehicle/Track Interaction SaaS (2024) <https://www.ensco.com/rail/vampire-vehicle-track-interaction-saas>, 2024
6. Simpack GmbH. Simpack 2021.2 Documentation. 2020.
7. Myamlin S. S. DYNRAIL and DYNRAIL-PRO as an alternative tools in the simulation of rail cars dynamics / S. S. Myamlin // *Intelligent transport technologies: abstracts of reports of the 3rd international science and technology conf.* (November 22-23, 2022). - Kharkiv: UkrDUZT, 2022. - P. 51-52.
8. Certificate of copyright registration for the work "DYNRAIL-PRO" Computer program "Program for modeling spatial oscillations of railway carriages" A. p. No. 116761 Ukraine, application 31.05.2023 publ. 31.05.2023, Bul. No. 75. - Myamlin S.S