

Н. Ю. НАУМЕНКО, М. Б. СОБОЛЕВСЬКА, О. М. МАРКОВА, О. М. КОВТУН,
Д. В. ГОРОБЕЦЬ, В. В. МАЛИЙ, С. А. СИРОТА, І. Ю. ХИЖА

РОЗРОБКА РІШЕНЬ ПО ЗАБЕЗПЕЧЕННЮ БЕЗПЕКИ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ І ПАСИВНОМУ ЗАХИСТУ ПАСАЖИРСЬКОГО ПОЇЗДА ПРИ ЙОГО АВАРІЙНИХ ЗІТКНЕННЯХ

Інститут технічної механіки

Національної академії наук України і Державного космічного агентства України,
вул. Лешко-Попеля, 15, 49005, Дніпро, Україна; e-mail: dep7@ukr.net

Пріоритетними завданнями вітчизняного залізничного транспорту є підвищення швидкостей руху поїздів, оновлення пасажирського рухомого складу, забезпечення його безпечної експлуатації і пасивного захисту при аварійних зіткненнях з перешкодами. В конструкції екіпажів швидкісного пасажирського поїзда нового покоління повинні бути інтегровані системи пасивної безпеки (СПБ), які спрацювують в момент зіткнення. В результаті контрольованого деформування пристроїв поглинання енергії (ППЕ), які входять до складу СПБ, відбувається зниження позовжніх зусиль і прискорень, що дозволяє зберегти життя пасажирів і поїзної бригади, зменшити пошкодження рухомого складу, мінімізувати наслідки аварії. В країнах ЄС обов'язкова наявність СПБ регламентується стандартом EN 15227. Аналогічний стандарт діє і в Україні, не дивлячись на істотні відмінності в конструкціях зчіпних пристроїв вітчизняного та європейського рухомого складу. У статті розглядається задача створення наукової бази для розробки СПБ екіпажів вітчизняного швидкісного пасажирського поїзда при зіткненнях, а також проблема визначення чинників, що впливають на сход коліс екіпажів з рейок. Розроблено алгоритм, науково-методичне забезпечення і скінченно-елементні моделі, які можуть бути використані для вибору параметрів конструкцій ППЕ, що підтверджено результатами виконаного креш-тесту дослідного зразка ППЕ, створеного для локомотива. Розроблено математичну модель для дослідження динаміки поїзних складів з СПБ, визначення навантаженості конструкцій екіпажів в позовжньому і вертикальному напрямках, а також для оцінки необхідного рівня енергоємності ППЕ при відпрацюванні нормативних сценаріїв зіткнень. В результаті виконаного комплексу досліджень розроблено конструкції ППЕ для тягового рухомого складу та причіпних вагонів. Окремою проблемою при розгляді зіткнення пасажирського поїзда з перешкодою є визначення факторів, що призводять до сходу колісних пар локомотива і вагонів з рейок. Такі дослідження проведені з використанням розробленої математичної моделі просторових коливань рухомого потягу, локомотив якого обладнано системою пасивної безпеки і протипідйомними пристроями. При зіткненні з перешкодою поїзда, що рухається по реальному рейковому шляху з нерівностями різного типу, виникають поперечні сили взаємодії екіпажів. Це в свою чергу призводить до появи поперечних сил взаємодії їх коліс і рейок, що робить істотний вплив на стійкість колісних пар локомотива від сходу з рейок. Проведені розрахунки показали, що ймовірність сходження коліс локомотива з рейок тим більше, чим важче екіпаж-перешкода, чим вище швидкість руху поїзда в момент зіткнення, чим вище рівень нерівностей рейкової колії. Результати виконаних досліджень можуть бути використані при проектуванні швидкісних пасажирських поїздів нового покоління.

Ключові слова: безпека руху на залізничному транспорті, зіткнення пасажирського поїзда з перешкодою, система пасивної безпеки, пристрій поглинання енергії, математичне моделювання, просторові коливання, сходження з рейок.

1. EN 15227. Railway applications – Crashworthiness requirements for railway vehicle bodies. Brussels, 2008. 37 p.
2. Каталог нормативних документів. URL: <http://uas.org.ua/ua/natsionalniy-fond-normativnih-dokumentiv/katalog-normativnih-dokumentiv-2/> (Last accessed: 24.04.2018).
3. Соболевская М. Б., Сирота С. А. Основные положения концепции пассивной защиты скоростного пассажирского поезда при аварийных столкновениях. Техническая механика. 2015. № 1. С. 84–96.
4. Соболевская М. Б., Теличко И. Б., Сирота С. А., Хрущ И. К., Горобець Д. В., Клык Ю. А. Математическое моделирование упругопластического деформирования энергопоглощающих элементов системы пассивной безопасности локомотива при аварийном столкновении с препятствием. Техническая механика. 2010. № 4. С. 75–85.
5. Sobolevska M., Telychko I. Passive safety system of an electric locomotive for high-speed operation on the railways with 1520 mm gauge. Passive Safety 2013 – Passive Safety of Rail Vehicles and Safe Interiors. Proceedings of the 9th International Symposium (21 – 22 February 2013, Berlin). Berlin, 2013. P. 63–80.
6. Sobolevska M., Telychko I. Passive safety of high-speed passenger trains at accident collisions on 1520 mm gauge railways. Transport problems. 2017. V. 12. Issue 1. P. 51–62.
7. Krieg R. D., Key S. W. Implementation of a time independent plasticity theory into structural computer programs. Vol. 20 of Constitutive equations in viscoplasticity: computational and engineering aspects. New York: ASME, 1976. P. 125–137.

8. Саймондс П. С. Динамика неупругих конструкций. М.: Мир, 1982. 224 с.
9. Cowper G. R., Symonds P. S. Strain Hardening and Strain Rate Effects in the Impact Loading of Cantilever Beams. Providence : Brown University, 1958. P. 46.
10. Оден Д. Конечные элементы в механике сплошных сред. М.: Мир, 1976. 464 с.
11. Соболевская М. Б., Горобец Д. В., Сирота С. А. Определение характеристик препятствий для нормативных сценариев столкновений пассажирских поездов. Техническая механика. 2018. № 2. С. 90–103.
12. Соболевская М. Б., Сирота С. А., Горобец Д. В., Теличко И. Б. Натурные ударные испытания опытного образца устройства поглощения энергии, предназначенного для пассивной защиты локомотива при столкновениях. Техническая механика. 2016. № 2. С. 91–105.
13. Науменко Н. Е., Соболевская М. Б., Хижа И. Ю. Оценка динамической нагруженности эталонного поезда с системой пассивной безопасности при его столкновениях с идентичным составом и грузовым вагоном. Техническая механика. 2017. № 3. С. 72–83.
14. Науменко Н. Е., Соболевская М. Б., Горобец Д. В., Богомаз Е. Г. Разработка элементов пассивной защиты скоростных пассажирских локомотивов нового поколения при аварийных столкновениях на железных дорогах колеи 1520 мм. Техническая механика. 2017. № 1. С. 72–82.
15. Науменко Н. Е., Соболевская М. Б., Сирота С. А., Горобец Д. В. Разработка элементов пассивной защиты вагонов пассажирского поезда нового поколения для железных дорог колеи 1520 мм. Техническая механика. 2017. № 2. С. 73–83.
16. Markova O., Kovtun H., Maliy V. Modelling train motion along arbitrary shaped track in transient regimes. IMechE Part F: J. Rail and Rapid Transit. 2015. № 229(1). P. 97–105.
17. Маркова О. М., Ковтун Е. Н., Малий В. В. Определение условий устойчивости локомотива от схода с рельсов при аварийных столкновениях. Техническая механика. № 2. 2018. С. 103–112.

Отримано 07.08.2018,
в остаточному варіанті 25.09.2018