

УДК 629.45/46.075

*Канд. техн. наук А.П. Горбенко,
І.І. Кірімов*

КОНСТРУКЦІЙНІ ОСОБЛИВОСТІ ВАГОНА З ПІДВИЩЕНИМ РІВНЕМ БЕЗПЕКИ ПАСАЖИРІВ

Представив д-р техн. наук, професор І.Е. Мартинов

Підвищення швидкостей руху пасажирських поїздів до 160-200 км/год внесе на залізниці України якісно новий технічний рівень. Вагони нового покоління швидкісних поїздів повинні повною мірою відповідати міжнародним вимогам як за технічними параметрами, так і за показниками комфорту та безпеки пасажирів. Одне з актуальних завдань, вирішення якого визначає конкурентоспроможність залізничного транспорту на ринку транспортних послуг, – досягнення безпечних перевезень пасажирів.

Як свідчить аналіз аварійних ситуацій, найбільш важкі наслідки виникають при зіткненні вагонів внаслідок наїзду поїзда на перешкоду (частіше транспортні засоби), сходу з рейок одного чи групи пасажирських вагонів. У результаті виникають ударні потужні динамічні навантаження, що призводять до надмірного деформованого стану і навіть зруйнування пасажирського салону кузова.

Щоб підвищити протидію таким наднормативним ударним силам при аварійних ситуаціях, раніше була прийнята технічна концепція максимального збільшення жорсткості кузова. Нормами [2] також передбачені додаткові вимоги до конструкції кузова. Зокрема сума моментів опору стояків кінцевої частини кузова, включаючи і стояки тамбурної перегородки, повинна бути не менше $1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$. У торцевій стіні вагона повинні бути поставлені два головних стояка з моментом опору не менше $0,35 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ кожний. Збільшення загальної жорсткості

кузова та несучих стояків у кінцевих його частинах певною мірою підвищує безпеку пасажирів, збільшує частоти власних вертикальних згинальних коливань вагона, проте збільшується і тара вагона.

Досвід США і країн ЄС, проведені дослідження [3], [4], [5] показують, що для підвищення рівня безпеки пасажирів є більш ефективний підхід. Він полягає в обладнанні вагона пристроями пасивного захисту від аварійних зіткнень. При цьому «заохочується» деформація спеціально створених для захисту вагона так званих жертвених зон. Їх основна функція – це сприйняти при зіткненні удар на себе, поглинаючи кінетичну енергію і тим самим перешкоджаючи зруйнуванню конструкції вагона. Зона зруйнування навмисне приноситься в «жертву», щоб захистити пасажирський салон і забезпечити захист пасажирів. Тому для високої енергоємності жертвенної зони використовується метал з відносно малою величиною модуля пружності.

Різновиди конструкцій жертвених елементів і місць їх розташування показані на рис. 1-3. Зокрема на рис. 1 зображена модернізована рама пасажирського вагона з типовим автозчипним пристроєм залізниць України та країн СНД. При дії аварійного ударного навантаження послідовно утоплюються автозчеп і буфери. Поглинальні апарати закриваються, і збиткова (не поглинута апаратами) великої величини кінетична енергія передавалась би на конструкцію вагона і пасажирів. А завдяки наявності жертвених пристроїв у

вигляді блоків сотових елементів 1 ця збиткова енергія удару поглинається шляхом пластичної деформації і зруйнування їх. Блоки розташовані по одному за кожним буфером. Зруйнування

блоків 1 дозволяє, у кращому випадку, залишити недоторканою чи частково (при великих ударах) навантаженою пасажирську зону.

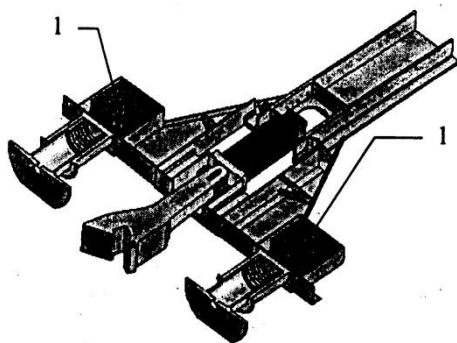


Рис. 1. Модернізована рама пасажирського вагона

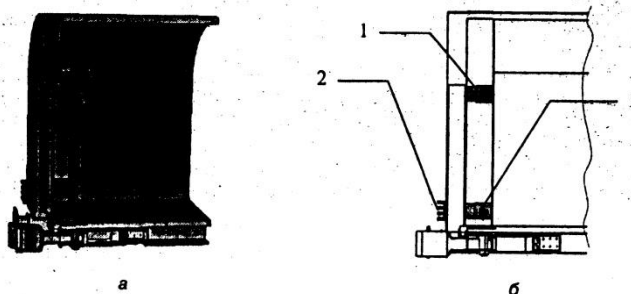


Рис. 2. Кузов вагона, торцеві частини якого містять жертвенні зони

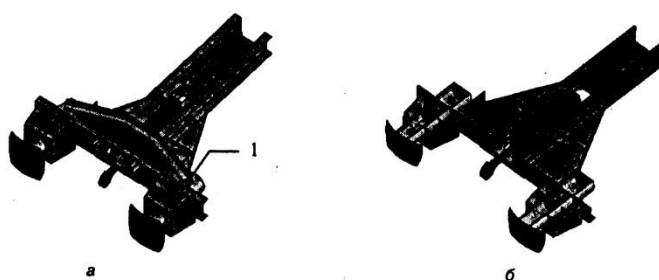


Рис. 3. Рама вагона, буфери якої обладнані жертвенними елементами у вигляді зрізаної піраміди

На рис. 2, а показана торцева частина кузова, обладнана пристроями пасивного захисту. Як видно на схемі (рис. 2, б), тут наявні жертвенні елементи 1 та протиїдйомні пристрої 2 у вигляді

рифлених металевих пластин. Останні призначені для запобігання вертикальних зміщень одного вагона відносно другого. При аварійному зіткненні автотзчеи та буфери стискаються і переміщуються

всередину вагона, протипідйомні пристрої змикаються і забезпечують взаємодію вагонів лише в поздовжньому напрямку та деформацію жертвених елементів 1. У цьому випадку кінетична енергія удару поглинається шляхом зруйнування жертвених зон у певній послідовності за довжиною поїзда.

У поїздах постійного формування доцільно обладнати пасажирські вагони роздільними полегшеними тягово-зчіпними та ударними приборами (рис. 3, б). При такому технічному рішенні ударні стискаючі зусилля сприймаються енергоємними буферами, обладнаними жертвеними елементами у вигляді зрізаної піраміди.

Ефективність рекомендованих пристроїв пасивного захисту пасажирського вагона найбільш достовірно оцінюється за результатами проведених динамічних (при співударі) випробувань. Об'єктом випробувань є натурний зразок вагона, обладнаний жертвеними елементами. До випробувань на співудар допускаються вагони, що мають достатню міцність за результатами розрахунків і попередніх статичних випробувань.

Співудар здійснюється на спеціальному стенді в підпертому стані дослідного вагона. Допускається проводити випробування на залізничних коліях з використанням маневрового локомотива, вагона-бойка і підпору. Маса вагона-бойка в межах (60 ± 2) т. Засоби вимірювальної техніки повинні забезпечувати реєстрацію дослідних динамічних процесів у діапазоні частот до 40 Гц. Під час дії наднормативних аварійних ударних навантажень за вибраним сценарієм (програмою) випробувань визначаються показники:

- динамічні напруження в елементах вагона;
- сила удару в автозчеп;
- характерні пошкодження або руйнування конструкції.

За результатами аналізу наслідків співударів вагонів із наднормативними ударними силами робиться висновок щодо міцності і надійності конструкції вагона в позаштатних ситуаціях. При співударі вагонів наднормативною силою не допускається зруйнування пасажирських диванів, крісел, перегородок, внутрішнього устаткування; зруйнування несіучих елементів у пасажирських зонах кузова, що створюють небезпеку для пасажирів та обслуговуючого персоналу; порушення конструкцій зв'язків візків, автозчепів і гальмівних пристроїв з кузовом вагона.

Для попереднього теоретичного дослідження динамічного навантаження конструкцій локомотива і пасажирських вагонів, виникаючого в аварійних ситуаціях, які характеризуються наїздом поїзда на нерухому перешкоду, необхідно вирішити складне з багатоваріантними вхідними даними та вихідними параметрами завдання. Тому необхідно вибрати адекватну математичну модель руху поїзда. Модель, за допомогою якої визначаються вертикальні і поздовжні переміщення та прискорення кузовів, візків екіпажів поїзда, розглянута в роботах [4, 5].

У випадку оцінки поздовжньої динаміки поїзда може бути використана одновимірна розрахункова комп'ютерна модель поїзда. У ній локомотив і вагони представлені ланцюгом твердих тіл, з'єднаних між собою нелінійними елементами, що деформуються. Тоді рівняння руху поїзда, що записані у формі Коші, мають вигляд

$$\overset{\square}{V} = \frac{S_i - S_{i+1} + F_i}{m_i}; \quad \overset{\square}{x} = V_i \quad (i=1, 2, \dots, n), \quad (1)$$

де S_i, S_{i+1} – поздовжні зусилля в міжвагонних з'єднаннях i -го вагона;

F_i – зовнішня сила, що діє на i -й екіпаж;

m_i – маса i -го екіпажу;

V – швидкість руху i -го екіпажу.

Система рівнянь (1) розв'язується методами числового інтегрування. При цьому початкові умови треба прийняти такі:

$$V_i(0) = V_{i0}; x_i(0) = x_{i0}; x_1(0) = x_{10}.$$

Дослідження проведено для одного з поїздів, що зіштовхується з нерухомою опорою, маса якої змінюється в межах 5, 10, 50 і 100 т. Швидкість руху 10, 20, 30, 40, 50 і 60 км/год. В якості критерію безпеки пасажирів вибрана умова неперевищення прискореннями, діючими на пасажирів при аварійних режимах, граничної величини $3g$.

Розподілення максимальних поздовжніх прискорень по довжині поїзда при співударі з перешкодою масою 100 т і різними швидкостями руху поїзда показано на графіках на рис. 4, 5.

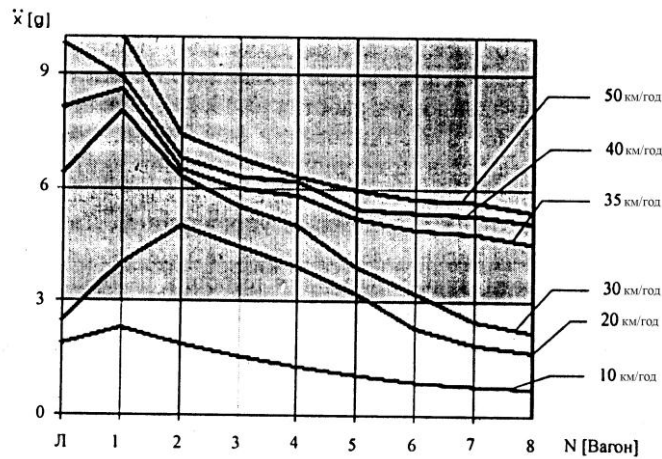


Рис. 4. Розподілення максимальних прискорень за довжиною поїзда при співударі з перешкодою масою 100 т (лише автозчепи СА-3)

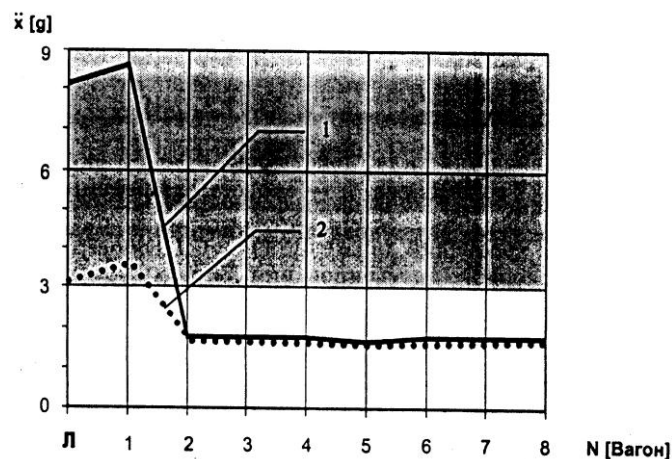


Рис. 5. Розподілення максимальних прискорень за довжиною поїзда при співударі з перешкодою масою 100 т (засоби пасивного захисту)

Із графіків на рис. 4 видно, що при зазначених умовах при швидкості співудару близько 15 км/год потрібно локомотив і вагони оснащати пасивними пристроями захисту.

Характер графічних залежностей, наведених на рис. 5, свідчить про ефективність обладнання жертвенними

елементами як локомотива, так і вагонів поїзда.

Безумовно, актуальність проведення технічних заходів щодо підвищення безпеки перевезень пасажирів не викликає сумніву. Тому потребується розроблення відповідних галузевих стандартів України з питань захисту пасажирів у випадках аварійних зіткнень рухомого складу.

Список літератури

1. Конструирование и расчет вагонов [Текст]: учебник / В.В. Лукин, П.С. Анисимов, В.Н. Котуранов и др., под. ред. П.С. Анисимова. – М.: ФГОУ, 2011. – 687 с.
2. Нормы для расчета и проектирования новых и модернизированных вагонов железных дорог колеи 1520 мм (несамоходных) [Текст]. – М.: ГосНИИВ, ВНИИЖТ, 1996. – 319 с.
3. Беляев, В.И. Обеспечение безопасности пассажиров поезда постоянного формирования при аварийных соударениях [Текст] / В.И. Беляев, Ю.М. Черкашин, Ю.Н. Койчев // Вестник ВНИИЖТ. – 2000. – № 4. – С. 13-17.
4. Богомаз, Г.И. Повышение безопасности пассажирского поезда при аварийных ситуациях [Текст] / Г.И. Богомаз, А.Д. Лашко, А.Н. Пшинько и др. // Залізничний транспорт України. – 2007. – № 4. – С. 44-48.
5. Блохин, Е.П. Моделирование движения поезда в аварийных ситуациях [Текст] / Е.П. Блохин, А.Н. Пшинько, С.В. Мямлин и др. // Залізничний транспорт України. – 2005. – № 2. – С. 16-18.

Ключові слова: пасажирський вагон, кінцева частина вагона, співудар, аварійне зіткнення, безпека пасажирів, пристрої пасивного захисту, жертвенні елементи, буфери, автозчеп.

Анотація

Розглянуто актуальне питання забезпечення безпеки пасажирських перевезень. Вказано можливі технічні пристрої пасивного захисту пасажирів при аварійному зіткненні поїзда з нерухомою перешкодою. Наведено методику експериментального випробування модернізованого пасажирського вагона та математичну модель руху пасажирського поїзда.

Рассмотрен актуальный вопрос обеспечения безопасности пассажирских перевозок. Указаны возможные технические устройства пассивной защиты пассажиров при аварийном столкновении поезда с неподвижным препятствием. Приведены методика экспериментального испытания модернизированного пассажирского вагона и математическая модель движения пассажирского поезда.

As a main question authors describe the safety of passenger operation. The possible technical facilities of passive passenger-protection system were estimated in case of accident train collision. The methodology of experimental researches of rebuild carriage together with mathematical model of passenger train traffic was proposed in the article.