

УДК 656.233.1



О. В. Фомін, д.т.н., професор

Державний економіко-технологічний університет транспорту

М. І. Горбунов, д.т.н., професор

Східноукраїнський національний університет імені В. Даля

Н. Г. Мурашова, ст. лаборант кафедри «Філологія та переклад»

А. О. Швець, провідний інженер кафедри «Теоретична та будівельна механіка»

Дніпровський національний університет залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна

С. С. Сова, аспірант кафедри «Залізничний, автомобільний транспорт та підйомно-транспортні машини»

Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, м. Сєверодонецьк

Аналіз причин виникнення аварій на залізничних коліях та способи підвищення рівня безпеки

Безпека руху поїздів є основною умовою експлуатації залізниці, перевезень пасажирів і вантажів. Всі організаційні та технічні заходи на залізничному транспорті повинні відповідати вимогам безпечного й безперервного руху поїздів. Для забезпечення безпеки руху поїздів необхідно, щоб технічні засоби і персонал володіли відповідним рівнем безпеки функціонування.

Зменшення інтенсивності небезпечних відмов технічних засобів досягається шляхом створення необхідних запасів міцності їх елементів при виготовленні та подальшого поповнення цих запасів в процесі експлуатації.

При збільшенні запасу міцності технічних засобів одночасно підвищується їх надійність. Запас міцності створюється також за рахунок підвищення механічної міцності конструкцій. На етапі конструювання необхідний запас

міцності забезпечується за рахунок підбору відповідних матеріалів та способів їх використання; на етапі виробництва — шляхом застосування відповідної технології й подальшого вихідного контролю з метою відбракування елементів

з дефектами; на етапі експлуатації — за рахунок поповнення запасів міцності, які зменшуються в процесі експлуатації технічних засобів, що досягається головним чином в результаті профілактики при поточному утриманні та своєчасних ремонтах [1].

Прискорене оновлення рухомого складу є одним із надважливих напрямів модернізації транспорту. Це дасть змогу суттєво покращити обслуговування економіки та населення, підвищити конкурентоспроможність національних перевізників на світових ринках перевезень, забезпечити повною мірою безпеку перевезень та охорону довкілля [2].

Основні завдання щодо забезпечення оновлення рухомого складу:

- прискорене та збалансоване впровадження сучасних європейських стандартів безпечного, екологічно сприятливого та енергоефективного транспорту;
- формування раціональної структури парку рухомого складу за потужністю, вантажністю, пасажиромісткістю, спеціалізацією, видами палива тощо відповідно до поточної структури транспортного попиту;
- оновлення та модернізація залізничного рухомого складу з метою збільшення його строку служби, підвищення безпеки та швидкості руху.

Залізничний транспорт займає провідне місце у задоволенні потреб економіки та населення України в перевезеннях, є важливим фактором забезпечення соціально-економічного зростання і зміцнення обороноздатності держави, розвитку її зовнішньоекономічних зв'язків. У зв'язку з цим пріоритетами транспортної стратегії в галузі залізничного транспорту є [1, 2]:

1) проведення реформування на залізничному транспорті, яке має на меті поступове, регульоване і підтримуване державою формування та розвиток конкурентного ринку транспортних послуг.

Величезні екологічні, економічні, соціальні переваги залізничного транспорту та його транзитний потенціал можуть бути реалізовані лише на якісно вищому рівні транспортного обслуговування. Це буде досягнуто шляхом удосконалення технології організації перевезень, модернізації та розбудови інфраструктури, оновлення рухомого складу.

2) реформування залізничного транспорту, яке передбачає, зокрема, удосконалення нормативно-правової бази з метою вироблення єдиних вимог та умов доступу до інфраструктури для будь-яких операторів перевезень та стягнення платежів з операторських компаній за користування залізничною інфраструктурою з одночасним впровадженням системи сертифікації та ліцензування для забезпечення якості та безпеки послуг, що надаються;

3) впровадження рухомого складу нового покоління та модернізація існуючого, з більш високим рівнем сервісних, технічних та економічних показників експлуатації за рахунок застосування нових матеріалів, оптимальних конструкційних рішень для підвищення безпеки руху;

5) інтенсифікація та вдосконалення технологій перевезень пасажирів і вантажів;

6) інноваційний розвиток і вдосконалення науково-технічного та кадрового потенціалу.

Враховуючи вкрай незадовільний стан безпеки дорожнього руху, який за показниками травматизму є одним із найгірших у Європі, підвищення рівня безпеки транспортних процесів належить до пріоритетів Транспортної стратегії. Одними з основних завдань у сфері безпеки руху є:

- впровадження сучасних інформаційних технологій об'єктивного контролю безпеки руху, супутникових систем контролю та регулювання руху транспортних засобів, інтелектуальних транспортних систем;

— запровадження жорсткого контролю з боку державних органів за дотриманням вимог безпечної експлуатації транспортних засобів та транспортної інфраструктури, державних вимог до перевізників;

— підвищення транспортно-експлуатаційних показників і безпечності автомобільних доріг, вулиць та залізничних переїздів;

— удосконалення порядку аналізу причин аварійності на транспорті та їх статистичного обліку;

— удосконалення системи підготовки операторів рухомого складу та контролю за безпекою перевезень;

— підвищення вимог до безпечності конструкції за рахунок проведення сертифікації транспортних засобів та контролю їх технічного стану в експлуатації відповідно до вимог європейського та вітчизняного законодавства.

На європейських залізницях впроваджено високошвидкісний рух пасажирських поїздів зі швидкістю 200-250 і більше кілометрів на годину та високу частоту руху. На залізничному транспорті України також впроваджується рух пасажирських поїздів зі швидкістю до 160 кілометрів на годину, однак при цьому необхідно вирішити достатньо складну проблему розподілу мережі на лінії з переважно вантажним та переважно пасажирським рухом та підвищити частоту руху пасажирських поїздів.

Залізничний переїзд розміщений на перетині автомобільної дороги з залізничними коліями на одному рівні, і тому, є місцем ризику для безпечного руху (рис. 1). Для забезпечення безпеки руху транспортних засобів через залізничні переїзди вони обладнані засобами переїздної світлової та звукової сигналізації, шлагбаумами та дорожніми знаками на під'їздах до них. При дотриманні вимог законодавства щодо безпечного перетину залізничних колій, дорожніх знаків і сигналів, переїздної сигналізації поїздів рух транспортних



Рисунок 1 — Залізничний переїзд

засобів через залізничні переїзди є цілком безпечним [2, 3].

Однак випадки ДТП (зіткнення рухомого складу залізниць з транспортними засобами) на залізничних переїздах періодично відбуваються. Крім того, трапляються випадки зіткнень рухомого складу залізниць з транспортними засобами на залізничних коліях поза переїздами під час спроби їх водіїв перетнути колію поза межами переїздів або з транспортними засобами, залишеними водіями на незначній відстані від залізничної колії, що порушує габарит для проходження рухомого складу залізниць.

Найбільше випадків ДТП трапляється на залізничних переїздах, розміщених на головних та станційних коліях залізниці України, де постійно здійснюється рух поїздів з встановленою швидкістю. Наслідки таких зіткнень передбачити неможливо і при певному збігу обставин зіткнення призводять до загибелі людей, пошкодження транспортних засобів, рухомого складу та інфраструктури залізниць [2].

Зменшення втрат при катастрофах, аваріях, інших небезпечних станах руху поїздів досягається шляхом зниження рівня вражаючих факторів та захисту від їх впливу пасажирів, вантажів, об'єктів зовнішнього середовища. Навчання машиністів локомотивів безпечної та ефективної роботи є важливим аспектом забезпечення вантажо- та пасажироперевезень, що відповідає вимогам безпечного й безперервного руху поїздів. Для досягнення цієї мети найбільші мережі залізниць досить активно використовують тренажери [3].

Особлива увага у сучасних тренажерних комплексах приділяється наданню широкого спектра можливостей, що дозволяють проводити навчання на одному тренажері з різними конфігураціями кабіни машиніста з великим числом варіантів рухомого складу і набору візуальних сценаріїв. На додаток до цього система пропонує всі можливості мультимедіа, завдяки чому в тренажер можуть бути повністю інтегровані курси автоматизованих навчальних програм.

Тренажерний комплекс (рис. 2) може бути виготовлений для будь-якого типу тягового рухомого складу та для будь-якої ділянки руху й дозволяє вирішити практично всі питання, пов'язані з навчанням, підготовкою, підвищенням професійного рівня та атестацією студентів (машиністів) [3, 4].

Серед методів зниження рівня первинних вражаючих факторів найбільшого поширення також набули методи, спрямовані на зменшення (компенсацію) сили інерції тіл пасажирів та вантажів, що виникає при зіткненні поїздів.

Методи відрізняються природою сил, які використовуються для гасіння інерції, а також конструктивними особливостями елементів вагонів, призначених для компенсації сил інерції.

Документ DIN EN 15227-2011 визначає мінімальні функціональні вимоги, необхідні для захисту машиніста і пасажирів пасажирського рухомого складу в разі аварії, для забезпечення повинні бути використані наступні заходи:

1. Опір зіткненню;
2. Поглинання енергії зіткнення;
3. Збереження простору для виживання;
4. Обмеження швидкості уповільнення;
5. Опір вторгненню в простір виживання;
6. Зведення до мінімуму наслідків аварії.

Стійкість до зіткнення має важливе значення для забезпечення навантажень, що виникають в результаті зіткнення, та передаються від транспортного засобу в механізми, призначені для поглинання енергії удару при контрольованій деформації.



Рисунок 2 — Навчальний тренажер машиніста електровоза ВЛ11М6 «Хартрон», Кривий Ріг, ТЧ-2

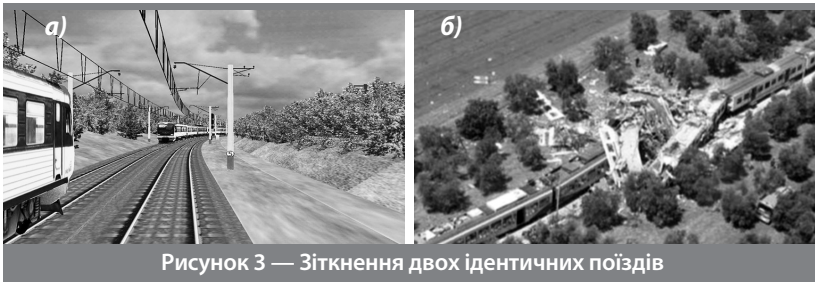


Рисунок 3 — Зіткнення двох ідентичних поїздів

Стійкість до здавлення конструкції транспортного засобу покликана забезпечити простір для виживання, а також є необхідною умовою для захисту пасажирів, екіпажу і машиніста поїзда.

Проникнення сторонніх предметів в пасажирські приміщення є додатковою небезпекою. Перешкоди, які, як правило, нижче висоти підлоги транспортного засобу і проходять під основним механізмом поглинання енергії, становлять небезпеку сходження з рейок рухомого складу.

Наступні сценарії зіткнення складають основу вимог до удароміцності кузова транспортного засобу [2]:

1. Зіткнення двох ідентичних поїздів (рис. 3);

Залізнична аварія сталася між містами Корато й Андрія в південній області Апулія. Пасажирські потяги йшли по одним коліям, що спровокувало лобове зіткнення. У кожному поїзді було по чотири вагони. Три вагони повністю зруйновані, один вагон зійшов з рейок.

Сценарій 1 був обраний тому, що зіткнення поїзд-к-поїзду призводить до найбільшого числа серйозних травм. Розглянуте зіткнення повинно бути між однако-вими одиницями.

2. Зіткнення поїзда з 4-вісним завантаженим вантажним вагоном з ударом в буферну зону залізничного транспортного засобу (рис. 4);

Сценарій 2 являє собою класичне зіткнення з буферною зоною рухомого складу при роботі в змішаному трафіку, здатність до опору в даному випадку є потенційно більш поширеним явищем.

3. Зіткнення локомотива поїзда з важкою перешкодою (наприклад, вантажний автомобіль на переїзді) (рис. 5);

Сценарій 3 являє собою тип аварії, якій важко запобігти активними заходами безпеки. Значення цього типу зіткнень залежить від поширеності переїздів, робочої швидкості та швидкості екстреного гальмування поїзда, а також від відстані візуалізації перешкоди.

4. Залізничний потяг взаємодіє з низькими перешкодами (наприклад, автомобіль на переїзді, тварини, сміття тощо) (рис. 6).

Як приклад, зіткнення на переїзді трактора й пасажирського поїзда в Австрії. Постраждалих в результаті аварії не було. Водій трактора вчасно покинув кабінку. Однак, трактор відновленню не підлягав (рис. 6, б). Аналогічне зіткнення у Німеччині — як наслідок, двоє людей загинули, 41 людина поранена. Пасажирський потяг зіткнувся з трактором, який був завантажений рідким перегном. Провина лежить на водієві трактора, який виїхав на залізничний переїзд (рис. 6, в).

Сценарій 4 застосовується, коли локомотив стикається з перешкодою, центр маси якої розташований нижче рівня його підлоги. Існує підвищений ризик сходження з рейок, який може бути зменшений, якщо на локомотиві поїзда передбачено перешкодо-дефлектор.

Транспортні засоби повинні бути сконструйовані для задоволення цих сценаріїв зіткнення та відповідати умовам експлуатації. Зі статистичного аналізу зіткнень [2] виходить, що найбільш небезпечними ДТП за участю залізничних транспортних засобів є аварії, в яких є лобове зіткнення, а також ті, які супроводжуються сходом з рейок транспортних засобів. Пасажирські транспортні засоби в даний час розроблені таким чином, щоб відповідати вимогам, призначеним для захисту пасажирів від наслідків стихійних лих. Ці вимоги визначені як «пасивна безпека» і не поширюються на всі можливі сценарії аварій, але вони забезпечують рівень удароміцності, що дозволить знизити



Рисунок 4 — Зіткнення поїзда з 4-вісним завантаженим вагоном



Рисунок 5 — Зіткнення локомотива поїзда з важкою перешкодою



Рисунок 6 — Залізничний потяг взаємодіє з низькими перешкодами

наслідки аварії, коли активні заходи безпеки були недостатніми.

Принципи пасивної безпеки можуть бути виконані на основі теоретичного рішення (наприклад, моделювання) (рис. 7), але найкращі результати забезпечують краш-тести (рис. 8). Краш-тест є дуже дієвим інструментом для перевірки запропонованого проектного рішення [2].

Крім того, виникає необхідність розробити систему, яка збільшить

захист машиніста в кабіні локомотива під час аварій. Травми опорно-рухового апарату та смертельні випадки серед машиністів і пасажирів від попередніх аварій ілюструють потенційний ризик в будь-якій аварії. Розрахункова модель сидіння машиніста і пасажирів показана на рис. 9, 10.

На рис. 11 показано порівняння між звичайним краш-тестом поїзд-поїзду та комп'ютерним моделюванням випробування.

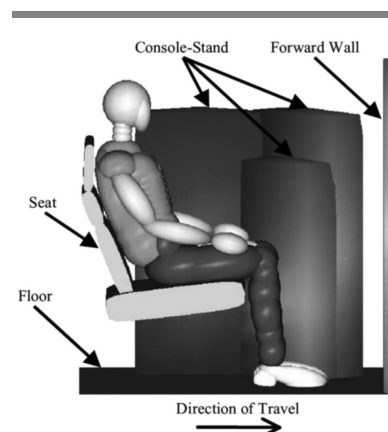


Рисунок 9 — Схема кабін локомотива/уявлення про безпеку пасажирів

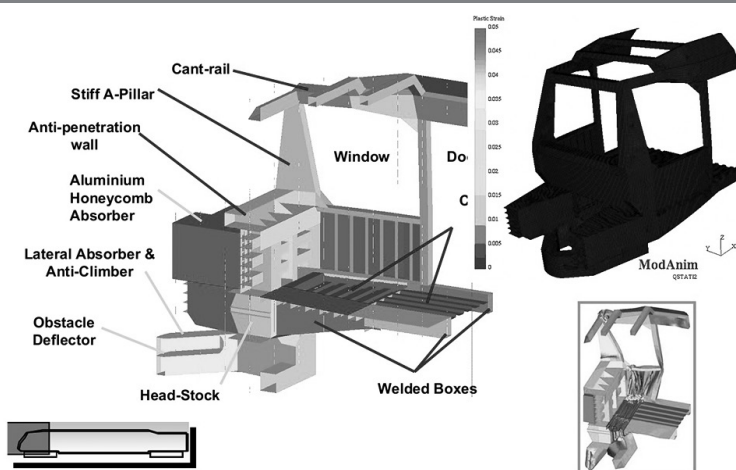


Рисунок 7 — Комп'ютерне моделювання рухомого складу



Рисунок 8 — Макет локомотиву для проведення краш-тесту

У цих експериментах використовувалися сучасні випробувальні манекени. На рис. 12 показані кадри з фільмів, знятих в ході цього експерименту. Це випробування підтвердило необхідність поліпшення удароміцності при проектуванні. Крім того, ці результати випробувань служать в якості точки відліку для оцінки ефективності вдосконаленої конструкції [2].

Науково-дослідні проекти, що стосуються стійкості транспортних засобів до впливу аварій (удароміцності), починаються зі статистичних досліджень для визначення типових сценаріїв аварій, пов'язаних із залізничними транспортними засобами. Об'єктом таких досліджень є частота різних сценаріїв зіткнень для певного типу транспортних засобів. Сценарії аварій є основою для проектування відповідної тестової конфігурації, наприклад, як на рис. 12. Зміни краш-тестів залежать від типу об'єкта і повинні враховувати апаратні можливості дослідницького центру, в тому числі: експериментальний трек,

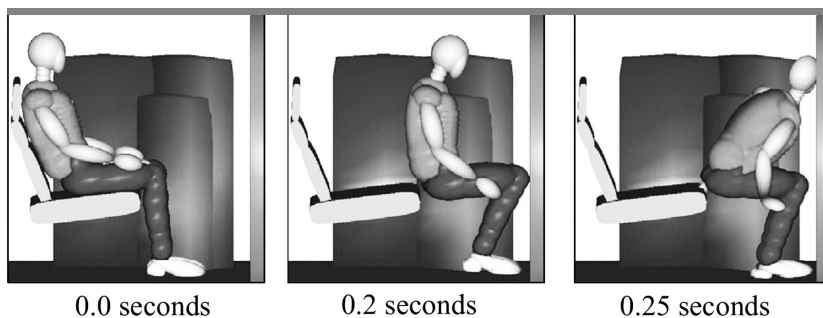


Рисунок 10 — Розрахункова кінематична реакція після зіткнення



Рисунок 11 — Звичайний краш-тест поїзд-к-поїзду й випробувальний прогноз

спеціальні випробування транспортних засобів, набір вимірювальних приладів, а також досвід співробітників в проектуванні та дослідженнях.

Проектування краш-тестів є великою і ризикованою справою. Навіть невелика помилка може призвести до серйозних проблем, наприклад, тому що експеримент не може бути повторений без будь-яких додаткових витрат. Краш-тест є заходом, в якому важ-

ливу роль відіграють організація та матеріально-технічне забезпечення. Проте належним чином підготовлений проект призводить до досягнення мети та мінімізації його витрат. З іншого боку, навіть невелика помилка може призвести до серйозної перешкоди, якою в даному випадку є експеримент, що не може бути повторений без будь-яких додаткових витрат. Знання, отримані в усіх описаних випробуваннях, можуть бути корис-

ними для майбутнього тестування прототипів звичайних транспортних засобів, а також високошвидкісних поїздів.

ЛОКОМОТИВ

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Fomin, O. Determination of up-to-date directions of development of domestic system of testing and certification of railways rolling stock / O. Fomin, N. Murashova, A. Shvets. – Metallurgical and Mining Industry. — 2016. — № 10. — P. 30-34.
2. Моніторинг сучасного рівня розвитку безпеки руху вітчизняної інфраструктури / О. В. Фомін, Н. Г. Мурашова, А. О. Швець [та ін.] // Вісник сертифікації залізничного транспорту. — 2017. — № 5 (45). — С. 6-22.
3. Модульний тренажер машиніста / А. С. Акулов, К. І. Железнов, О. М. Заболотний, Л. В. Урсуляк, Є. В. Чабанюк, Д. В. Черняєв, А. О. Швець // Локомотив-інформ. — 2017. — № 7-8. — С. 42-49.
4. Використання тренажерних комплексів у технічному навчанні машиністів тягового та спеціального самохідного рухомого складу України : положення : проект ВНД. 32.8.03.000 – 16 / К. І. Железнов, О. М. Заболотний, Є. В. Чабанюк, А. О. Швець, А. С. Акулов ; Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. — Дніпро, 2018. — 44 с. — Бібліогр.: С. 42-44. — Деп. в ДНТБ України 18.06.18, № 116-РІД/Ук-2018.

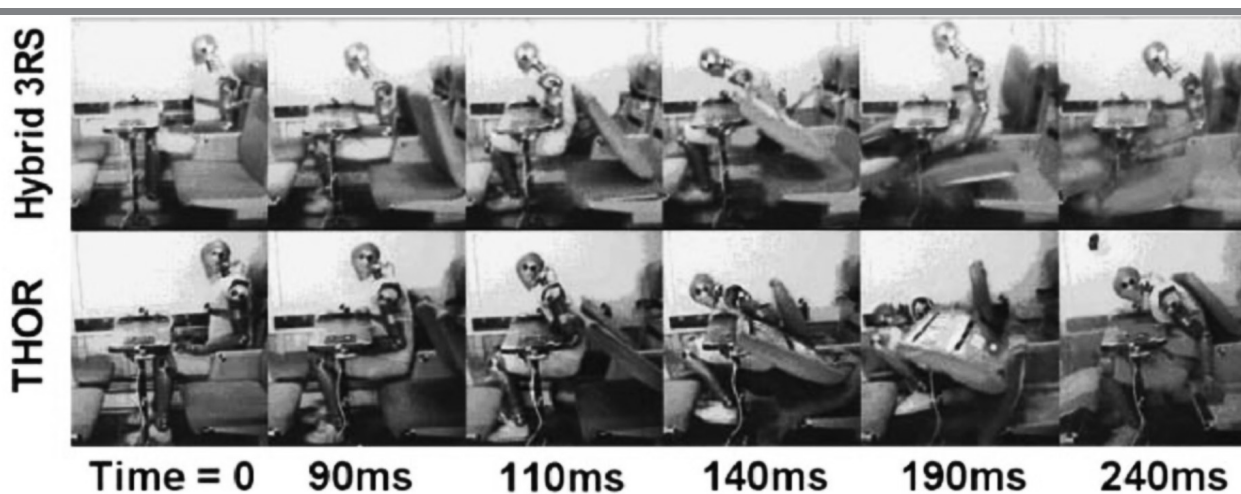


Рисунок 12 — Гібридний манекен 3RS під час експерименту