



УДК 656.233.1

## МОНІТОРИНГ СУЧАСНОГО РІВНЯ РОЗВИТКУ БЕЗПЕКИ РУХУ ВІТЧИЗНЯНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

*Фомін О.В., докт. техн. наук, доцент, Державний економіко-технологічний університет транспорту, м. Київ, Мурашова Н.Г., Швець А.О., науковий співробітник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна, м. Дніпро, Щупик Н.О., Полежаєва А.Х., студент групи І-В\*маг-І Державний економіко-технологічний університет транспорту, м. Київ*

Вступ. Україна активно включається у світові суспільно-економічні процеси: приєдналася до Світової організації торгівлі, стратегічною метою визнано отримання асоційованого членства у Європейському Союзі. Транспорт, як інфраструктурна галузь, має розвиватися випереджальними темпами з метою сприяння швидкому економічному та соціальному розвитку країни [4].

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.

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, забезпечить повною мірою безпеку перевезень та охорону довкілля.

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 [4]:

- 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. Цього 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;

4) подальший розвиток залізничної інфраструктури який здійснюватиметься шляхом;

5) інтенсифікація та вдосконалення технологій перевезень пасажирів і вантажів;

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

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;

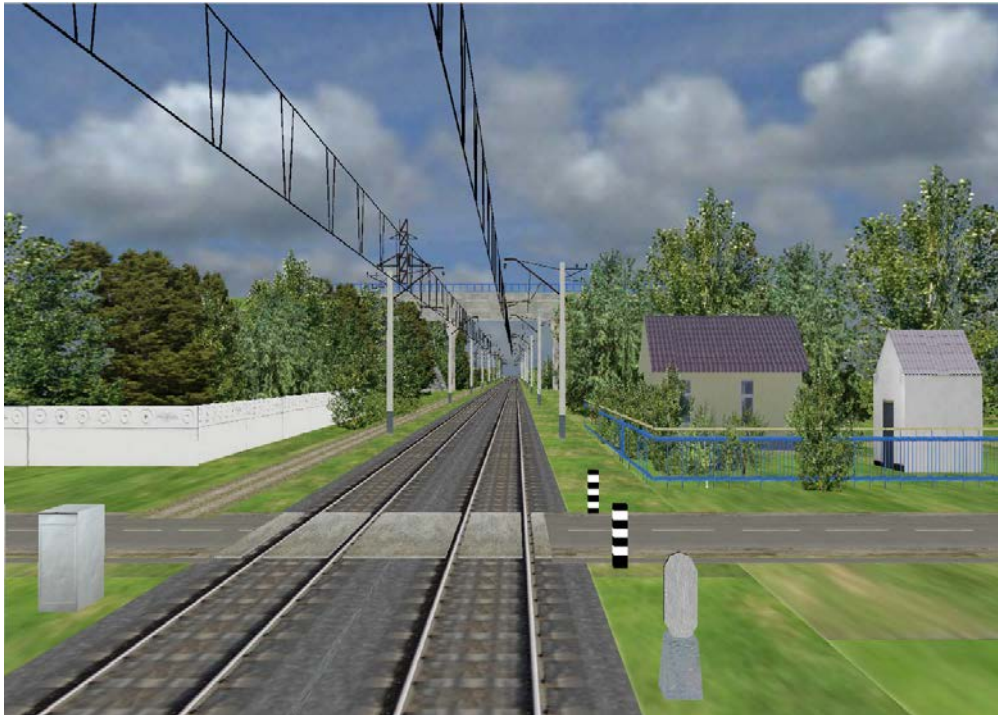
підвищення вимог до безпечності конструкції за рахунок проведення сертифікації транспортних засобів та контролю їх технічного стану в експлуатації відповідно до вимог європейського та вітчизняного законодавства.

Залізничний переїзд розміщений на перехрещенні автомобільної дороги з залізничними коліями на одному рівні є місцем ризику для безпечного руху. Для забезпечення безпеки руху

транспортних засобів через залізничні переїзди вони обладнані засобами переїзної світлової та звукової сигналізації, шлагбаумами та дорожніми знаками на під'їздах до них [2].

При дотриманні вимог законодавства щодо безпечного перетину залізничних колій, дорожніх знаків і сигналів, переїзної сигналізації переїздів рух транспортних засобів через залізничні переїзди є цілком безпечним.

Залізничний переїзд, розміщений на перехрещенні автомобільної дороги з залізничними коліями на одному рівні, є місцем ризику для безпечного руху.



а)



б)





в)

*Рис. 1 Залізничний переїзд*

Однак, випадки ДТП (зіткнень 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 залізниці.

На залізницях України у 2014 році знаходилося в експлуатації 5388 залізничних переїздів. Найбільше випадків ДТП трапляється на залізничних переїздах, розміщених на головних та станційних коліях залізниць України (4496 переїздів), 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].

Мета роботи. Мета дослідження полягала у проведенні оцінки рівня розвитку інфраструктури відповідних регіонів, визначенні слабких місць та розробці практичних рекомендацій підвищення безпеки руху на залізницях України.

Основна частина. Безпека руху поїздів – основна умова експлуатації залізниці, перевезень пасажирів і вантажів. Всі організаційні та технічні заходи на залізничному транспорті повинні відповідати вимогам безпечного й безперебійного руху поїздів [3].

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.

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 на вимогам безпечного й безперебійного руху поїздів. Для досягнення цієї мети найбільші мережі залізниць досить активно використовують тренажери [1].



*а) Навчальний тренажер машиніста тепловоза 2ТЕ116, Дніпропетровськ, ДНУЗТ, кафедра «Локомотиви»*



*б) Навчальний тренажер машиніста електровоза ВЛ11М6 «Хартрон», Кривий Ріг, ТЧ-2*

*Рис. 1 Навчальні тренажери машиніста*

Особлива увага 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 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) [1].

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 [6] 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.

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, яка повинна бути вирішена шляхом збереження цілісності навколишнього структури. 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 [6]:



1. Зіткнення двох ідентичних поїздів;



а)



б)

*Рис. 2 Зіткнення двох ідентичних поїздів [1, 5]*

Залізнична аварія сталася 12 липня 2016 в оливковому гаю між містами Корато й Андрія в південній області Апулія. Пасажи́рські 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 [5].

**Сценарій 1** був обраний, оскільки зіткнення поїзд-к-поїзду призводять до найбільшого числа серйозних травм. Розглянуте зіткнення повинно бути між однаковими одиницями.

2. Зіткнення поїзда з 4-х вісним завантаженим вантажним вагоном, удар в буферну зону залізничного транспортного засобу;



а)



б)

*Рис.3 Зіткнення поїзда з 4-х вісним завантаженим вантажним вагоном [1, 5]*

04 серпня 2015 рік. Чехія, місто Гораждєвіц. Зіткнення пасажирського поїзда з зійшовшим з рейок хвостовим вагоном зустрічного поїзда. В результаті аварії постраждали 50 осіб [5].

**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);



а)



б)



в)

*Рис. 4 Зіткнення локомотива поїзда з важкою перешкодою [1, 5]*

22 липня 2015 року. Чехія, станція Studenka. Зіткнення швидкісного поїзда та вантажного автомобіля. Через спробу водія вантажного автомобіля перетнути залізничний переїзд при заборонних вогнях сигналізації, сталася аварія потягу, що спричинило людські жертви [5].



а)



б)

*Рис.5 ДТП, яке сталося 31.05.2014 у Харківській обл.*

На переїзді 71 км перегону Коробочкине-Гракове Південної залізниці поїздом № 4307 збито вантажний автомобіль Mercedes-Benz з напівпричепом (без постраждалих) [2].

**Сценарій 3** являє собою тип аварії, який 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 і т.д.).



а)



б)

Австрія. 17 листопада 2014 року. Neuaigen земля Tulln. Зіткнення на переїзді трактора й пасажирського поїзда. Постраждалих в результаті аварії немає. Водій трактора вчасно покинув кабінку. Однак, трактор відновленню не підлягає [5].





в)

Німеччина, Іббенбюрен. 16 травня 2015 року. Двоє людей загинули, ще 41 людина поранена. Пасажирський потяг зіткнувся з трактором, який був завантажений рідким перегноєм. Провина лежить на водіїві трактора, який виїхав на залізничний переїзд [5].

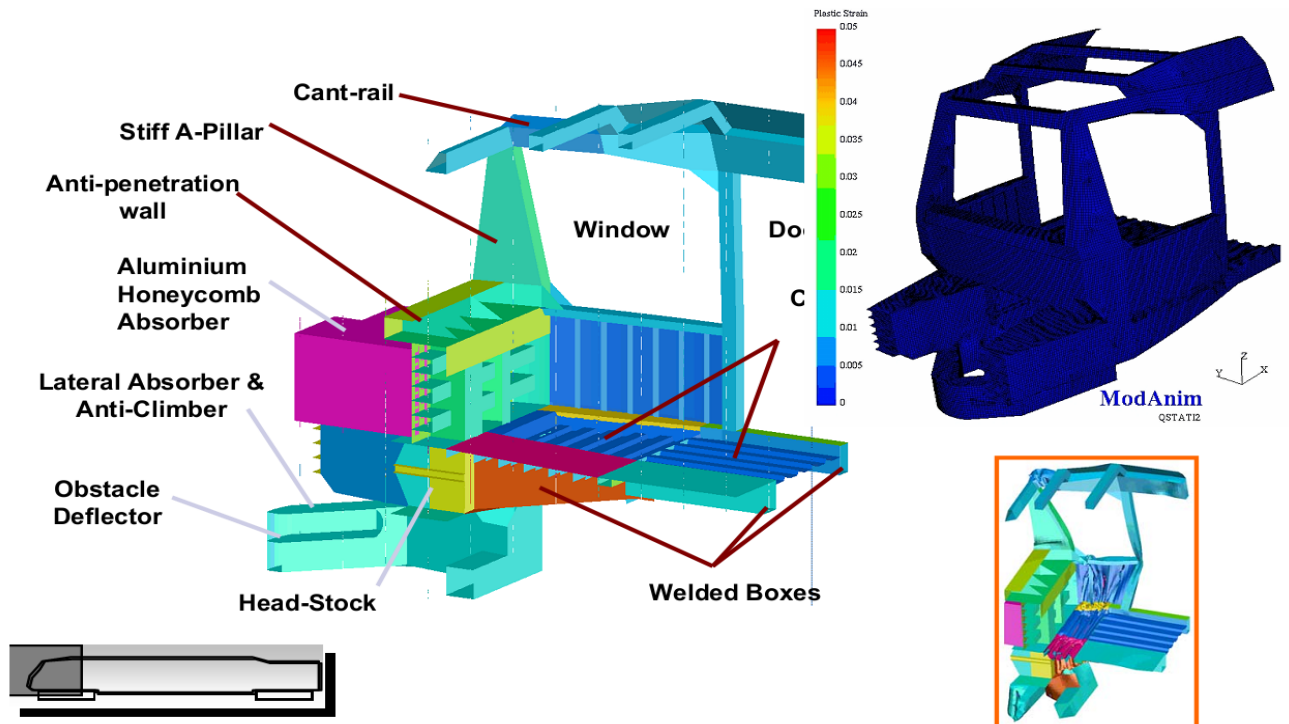
*Рис. 6 Залізничний потяг взаємодіє з низькими перешкодами [1, 5]*

**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 [8] виходить, що найбільш небезпечними ДТП за участю залізничних транспортних засобів, є аварії, в яких є лобове зіткнення (рис. 6), і 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 наслідки аварії, коли активні заходи безпеки були недостатніми.

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



*Рис. 7 Комп'ютерне моделювання рухомого складу*



*Рис. 8 Макет локомотиву для проведення краш-тесту*

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 [9].

Розрахункова модель сидіння машиніста і пасажирів показана на рис. 9 та рис. 10.

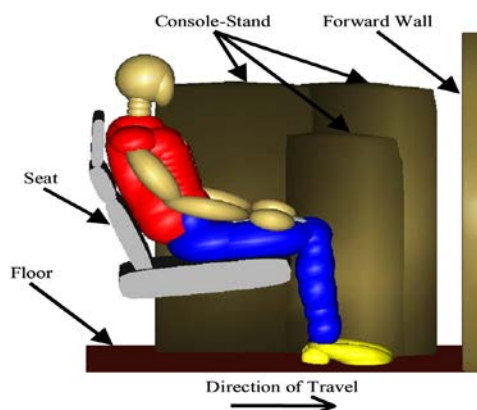


Рис. 9 Схема інтер'єр кабіни локомотива / уявлення про безпеку пасажирів

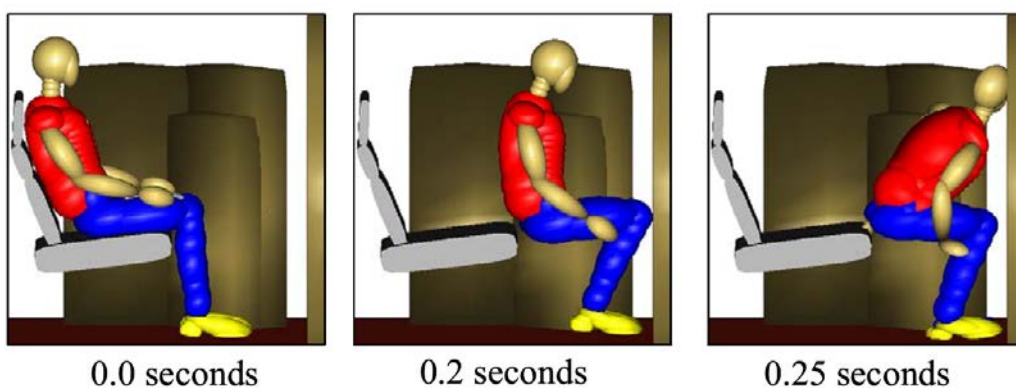


Рис. 10 Розрахункова кінематична реакція машиніста локомотива і пасажирів

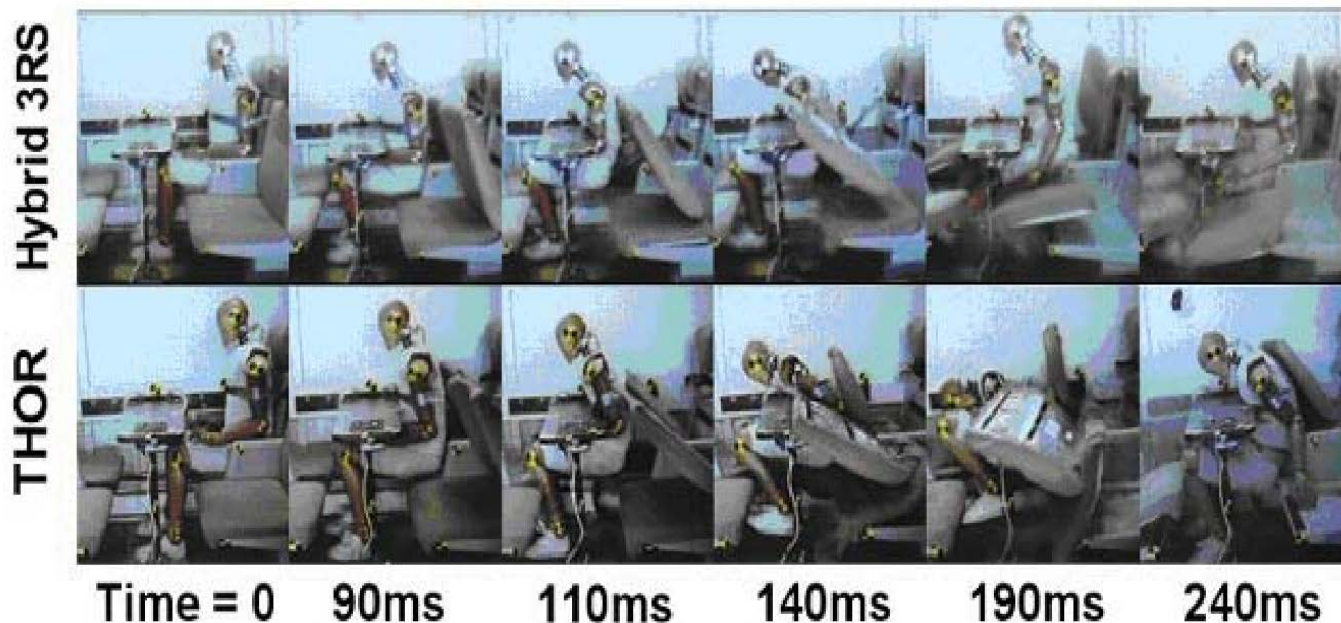
На рис. 11 показано порівняння між звичайним краш-тестом поїзд-к-поїзду та комп'ютерним моделюванням випробування.



Рис. 11 Звичайний краш-тест поїзд-к-поїзду й випробувальний прогноз



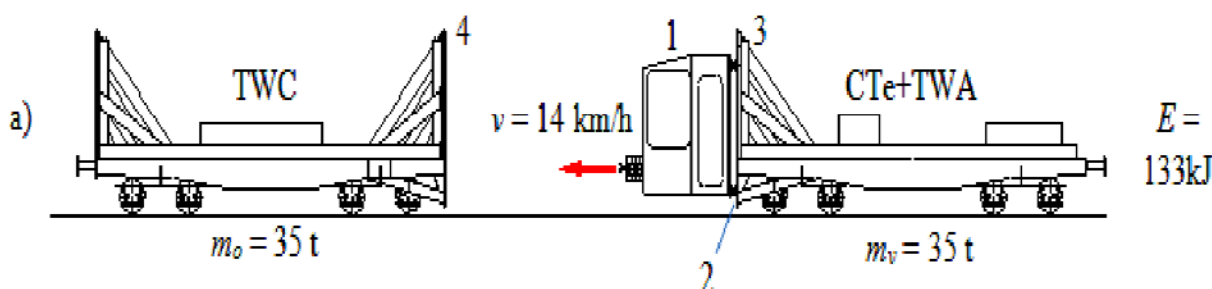
У цих експериментах використовувалися сучасні випробувальні манекени. На рис. 11, 12 показані кадри з високошвидкісних фільмів знятих в ході цього експерименту. Це випробування підтвердило необхідність поліпшення удароміцності при проектуванні. Крім того, ці результати випробувань служать в якості точки відліку для оцінки ефективності вдосконаленої конструкції [9].



*Рис. 12. Гібридний манекен 3RS в експерименті*

Науково-дослідні проекти, що стосуються стійкості транспортних засобів до впливу аварій (удароміцності), починаються з 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 [8].

Сценарії аварій є основою для проектування відповідної тестової конфігурації, наприклад, як на рис. 13. Зміни краш-тестів залежать від типу об'єкта і повинні враховувати апаратні можливості дослідницького центру, в тому числі: експериментальний трек, спеціальні випробування транспортних засобів, набір вимірювальних приладів, а також досвід співробітників в проектуванні та дослідженнях.



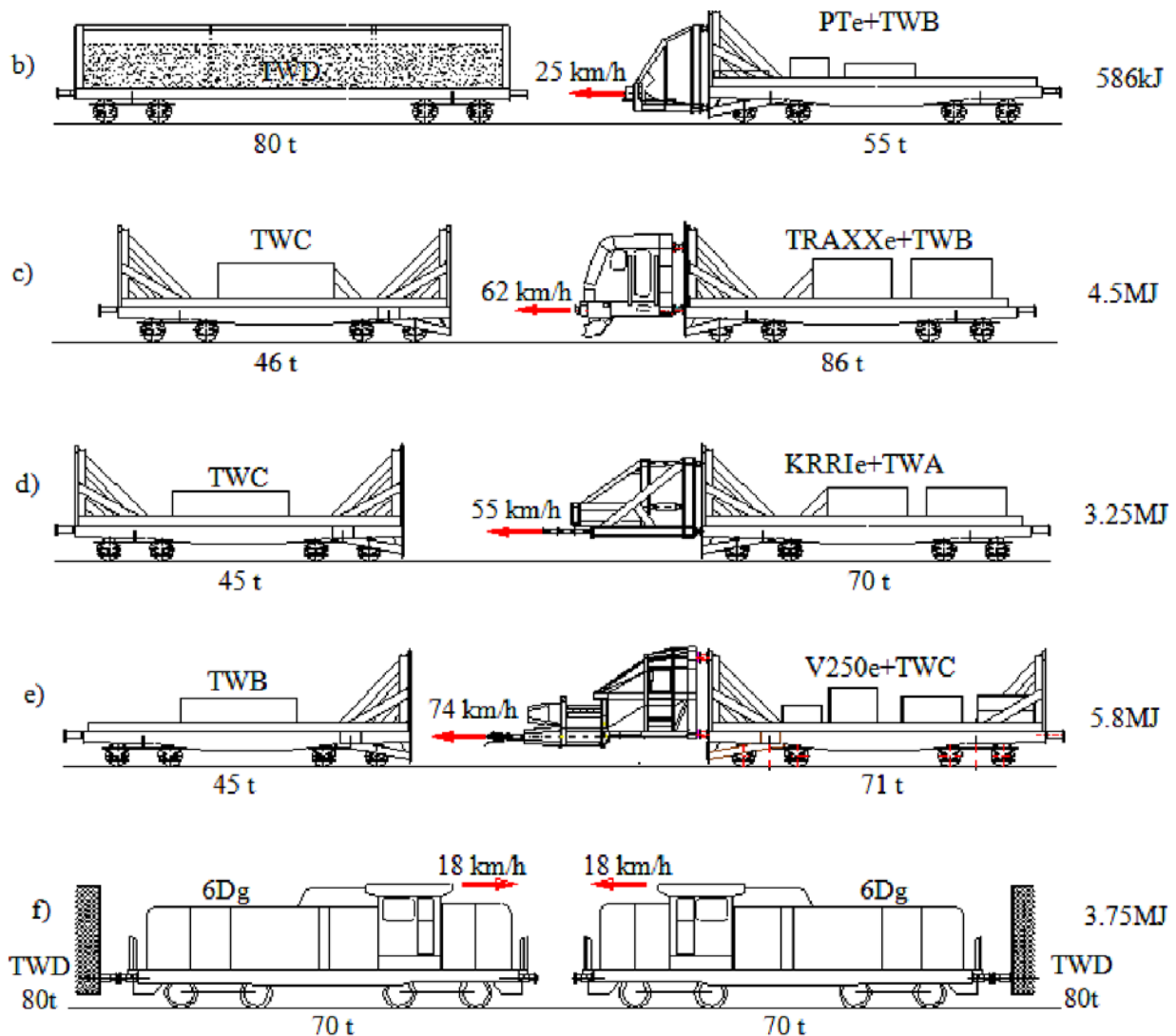


Рис. 13. Приклади краш-тестів для конфігурацій кабін: CT, PT, TRAXX (Bombardier), KRRI (Південна Корея), EMU V250 (Ансальдо Бреда) і локомотивів 6Dg (NEWAG) з використанням тестових вагонів TWA, TWB, TWC і TWD; 1 – випробуваний зразок (кабіна), 2 – динамометр, 3 – жорстка стінка впливає транспортного засобу, 4 – відбійник транспортного засобу;  $v$  – швидкість удару,  $m_o$  – маса випробується транспортного засобу,  $m_v$  – маса впливаючи транспортного засобу,  $E$  – прогнозований обсяг поглиненої енергії

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-тести є заходом, в якому важливу 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, який не може бути повторений без будь-яких додаткових витрат. Знання, отримані в усіх описаних випробуваннях можуть бути корисними для майбутнього тестування прототипів звичайних транспортних засобів, а також високошвидкісних поїздів [8].

**Висновки.** В статті представлено результати моніторингу рівня розвитку інфраструктури відповідних регіонів, визначенні слабкі місця та наведено практичні рекомендації з підвищення безпеки руху на залізницях України.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Акулов, А. С. Модульний тренажер машиніста / А. С. Акулов, К. І. Желєзнов, О. М. Заболотний та ін. // Локомотив-інформ, 2017. – №0. – С. 00-00.
2. Аналіз стану безпеки руху, польотів, судноплавства та аварійності на транспорті в Україні за 2014 рік [Текст]. – К.: Міністерство інфраструктури України, 2015. – 119 с.
3. «Положення про систему управління безпекою руху поїздів у Державній адміністрації залізничного транспорту України» затверджено наказом Міністерства інфраструктури України від 01.04.2011 за № 27, зареєстроване в Мін'юсті 17 червня 2011 за № 729/19467.
4. Транспортна стратегія України на період до 2020 року : офіц. текст: за станом на 20 жовтня 2010 р. – Київ, 2010. – 24 с.
5. Новейшая хроника железнодорожных трагедий Европы [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://ru.espreso.tv/article/2016/02/09/noveyshaya\\_khronyka\\_zheleznodorozhnykh\\_tragedyy\\_evropy](http://ru.espreso.tv/article/2016/02/09/noveyshaya_khronyka_zheleznodorozhnykh_tragedyy_evropy). – Загл. с экрана. – Проверено : 20.06.2017.
6. DIN EN 15227-2011 Железнодорожный транспорт. Требования к ударным нагрузкам кузовов вагонов Railway applications - Crashworthiness requirements for railway vehicle bodies; 34 с.
7. Fomin, Oleksij. Determination of up-to-date directions of development of domestic system of testing and certification of railways rolling stock / Oleksij Fomin, Nataliia Murashova, Angela Shvets // Metallurgical and Mining Industry. – 2016. – vol. 10. – pp. 30–34.
8. Sanecki, Henryk. Organization and logistic problems with crash tests made on railway cabs for passive safety / Henryk Sanecki // Instytut Logistyki i Magazynowania Redakcja Czasopisma «Logistyka». – Poznań, 2014. – Bun. 4. – С. 1157–1166.
9. Tyrell, David C. «U.S. Rail Equipment Crashworthiness Standards» presented at «What can we realistically expect from crash worthiness? Improving trains design to withstand future accidents» the 2001 Institute of Mechanical Engineers Headquarters, May 2, 2001, London, England.