

РАЗРАБОТВАНЕ НА ТЕХНИЧЕСКИ РЕШЕНИЯ ЗА ПАСИВНА БЕЗОПАСНОСТ НА ПЪТНИЧЕСКИ ВАГОН ПРИ ПРОИЗШЕСТВИЯ С УДАР

Венелин Павлов

vpavlov1718@gmail.com

**ВТУ „Тодор Каблешков“, София 1574, ул. „Гео Милев“ №158
БЪЛГАРИЯ**

***Ключови думи:** инциденти, сценариите за сблъсък, регламенти, изисквания, технически решения, жп произшествия, пасивна безопасност.*

***Резюме:** Основните технически решения на пасивната безопасност при пътнически вагон се разработват и залагат при проектирането, изграждането, пускането в експлоатация и самата експлоатацията от железници чрез един регламент и изисквания по безопасност.*

За да бъдат определени и оценени изискванията за устойчивост на сблъсък, е необходимо да се установят сценарии за сблъсък от гледна точка на скоростта на сблъсък и вида и масата на потенциалните препятствия.

За нормалните европейски операционни условия, съпоставими с тези от анализа на инциденти със сблъсък, приложими са параметрите на сценариите за сблъсък и свързаните с тях изисквания за устойчивост на сблъсък, изброени в т. 5. посочени в стандарт EN15227:2008+A1:2010 [3] за проектна категория за удароустойчивост C-I (съгласно таблица 1 от EN15227:2008, раздел 4)

Лимитирацията казус за всеки сценарий зависи от системите за контрол и активна безопасност на влака и особеностите на инфраструктурата, както и от масите и операционните скорости на самите жп превозни средства.

В някои случаи сценариите за сблъсък и техните параметри за някои операции биха могли да се съдържат в законодателството. В такива случаи законодателството трябва да бъде съгласувано с и може да бъде взето като лимитиращ казус.

В публикацията са разгледани регламенти и изисквания по безопасността в международния и вътрешния жп транспорт, както и процеси на разследвания и причини за възникването на жп произшествия с удар.

Анализират се технически решения за осигуряване на пасивната безопасност на пътнически вагон и предпоставките за възникване на железопътни произшествия с удар.

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Пасивните мерки за безопасност са предназначени да допълнят активните мерки за безопасност, когато всички други мерки са изчерпани.

За тази цел механичната конструкция на возилата трябва да отговаря на изискванията към конструкцията на кошовете за железопътно превозно средство [1] и

да осигурява предпазване на намиращите се в него лица в случай на сблъсък, като осигурява средства за:

- ограничаване на отрицателното ускорение,
- запазване на пространството за оцеляване и конструкционната цялост на обитаемите помещения,
- намаляване на риска от качване на вагоните един върху друг,
- намаляване на риска от дерайлиране,
- ограничаване на последствията от удар в препятствие по релсите.

С цел изпълнение на тези функционални изисквания, единиците трябва да съответстват на подробните изисквания, посочени в стандарт EN15227:2008+A1:2010 [2] за проектна категория за удароустойчивост C-I (съгласно таблица 1 от EN15227:2008, раздел 4), освен ако по-долу е посочено друго.

Ще бъдат разгледани следните четири базови сценария на сблъсък:

- сценарий 1: челен сблъсък между две еднакви единици.
- сценарий 2: челен сблъсък с товарен вагон,
- сценарий 3: сблъсък на железопътен прелез на единица с голямо моторно превозно средство,
- сценарий 4: сблъсък на единицата с ниско препятствие (например кола на железопътен прелез, животно, скала и т.н.).

Тези сценарии са описани в таблица 2 в раздел 5 от стандарт EN15227:2008.

Структурата на пасивна безопасност, мерките и общите принципи, според изискванията на Европейски стандарт [2], които се въвеждат за осигуряване защита на хората в жп возило в случай на сблъсък:

- намаляване риска от прегазване;
- поглъщане на енергията на сблъсък по контролиран начин;
- поддържане на пространство за оцеляване и структурна цялост на областите, заети от хора;
- ограничаване на намаляването на скоростта;
- намаляване на риска от дерайлиране и ограничаване последиците от удране на препятствие на пътя.

Първите елементи на железопътното возило което поемат ударите при съударяне са буферите за което е важен да се търсят технически решения, късаещи пасивната безопасност при удар, именно при буферите на жп возила.

В експлоатираните железопътни возила в Република България, като енергопоглъщащ елемент в отбивачните съоръжения, се използват металогумени пакети [3].

Като цяло на буфера с металогумен пакет се провеждат съответни изпитания в НИИТ - първият етап от изпитанията е снемането на статичната характеристика. Буферът е изпитан в комплектовано състояние, така както ще бъде монтиран на вагона за експлоатация. Температурата на околната среда е 15°C.

Натоварването на буфера се извършва с помощта на лабораторна преса със скорост не по-голяма от 0,05 m/s . Разтоварването на буфера се прави веднага след натоварването, като се отчита непрекъснато получената деформация.

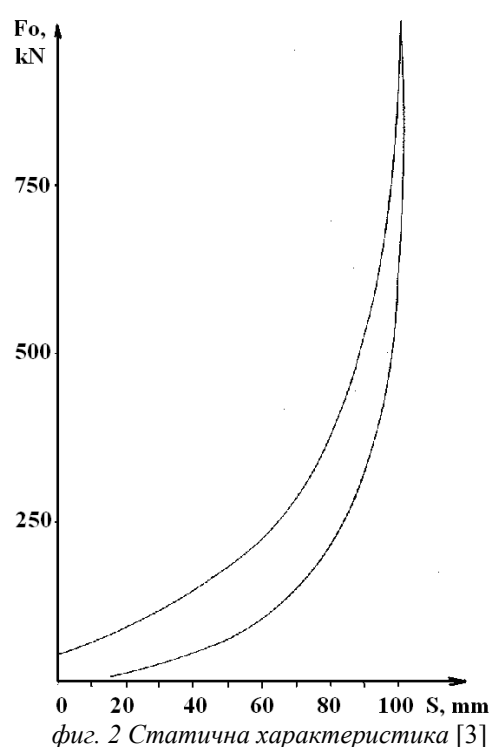
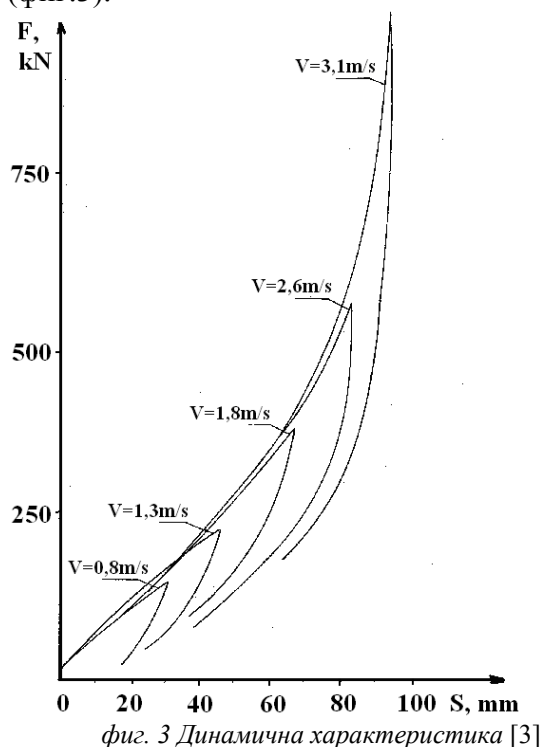
Получената статична деформационна характеристика фиг. 2 има прогресивен характер, типичен за металогумени пакети. Максимална сила от 1000 kN се получава при максимален деформационен ход 105 mm. Предварителното натягане е около 20 kN.

Общото енергопоглъщане на буфера $We = 23,5$ kJ, което е значително по-голямо от определената граница 12,5 kJ, необратимото енергопоглъщане $We = 12,5$ kJ, което представлява 53 %.

Към буферите се предявяват и якостни изисквания, те се подлагат на натоварване по оста със сила $F > 2500 \text{ kN}$ и напречна сила $F_2 > 200 \text{ kN}$ (F_2 - се прилага върху тялото на буфера).

Установено е, че буферът продължава да функционира нормално, като остатъчни деформации липсват. Също така, след натоварване на опорната плоча със сила 2500 kN не са установени остатъчни деформации. Трябва да се посочи, че нормативните документи допускат да има остатъчни деформации след натоварването, съизмерими с установените отклонения в размерите при изработването им, които не би трябвало да бъдат по-големи от $0,2 \%$.

Динамичните изпитвания на буфера са проведени на стенд за ударни изпитвания при различни скорости. Максималното енергопоглъщане от 30 kJ е получени при максимална сила от 1000 kN . Резултатите са нанесени на динамичната характеристика (фиг.3).



При максимално използване на вътрешното пространство на гилзата и правилен избор на каучуковата смес е възможно да се реализира буфер, който да отговаря на изискванията на фиш 526-1 и 528 на UIC.

Основните им предимства са, че имат сравнително ниска цена и задоволителна надеждност. Наред с това, тези буфери притежават и редица недостатъци, по-важни от които са:

1. Акумулираната и особено абсорбиращата енергия има малки стойности. По тези показатели те са на границата на допустимото от UIC, което поставя под съмнение тяхната ефективност и възможността за извършване на вътрешни и най-вече на международни превози.

2. Качествата на металогумения пакет са изключително зависими от състава на каучуковата смес и технологията за изработване. В този смисъл, дори и малки отклонения от утвърдената рецептура или технология за производство, водят до съществени различия в силовата характеристика на буфера и съответно до неизпълнение на нормативните документи на UIC. Това е основната причина, поради

която не може да се твърди, че българските товарни вагони са съоръжени с отбивачни съоръжения, отговарящи на фишове 526-1 и 528.

3. Буферите с МГП имат относително ниска дълготрайност, която е несъизмерима с дълготрайността на вагонната каросерия. Основната причина за това е стареенето на гумата в резултат на окисляването и променливите температури по време на експлоатация. Наблюденията в ремонтните предприятия показват, че за целия период на служба на вагона се налага да се извърши 5-6 пъти пълна подмяна на металогумените пакети, което значително повишава ремонтните разходи.

4. Този тип еластични елементи имат нелинейна параболично нарастваща характеристика. Следователно, в края на хода върху буфера действа сила приблизително равна на максимално допустимата, както за отбивачното съоръжение, така и за металната каросерия на вагона.

Това води до изключително неблагоприятни последици, свързани с якостта на челната греда и останалите носещи елементи, съхраняемостта на товарите или комфорта на пътниците при пътническите вагони.

Проучванията показват, че дори и при значително увеличаване на размерите на МГП, необходимото повишено енергопоглъщане по съвременните изисквания на вагонните конструкции не може да се постигне.

В НИИТ са извършени изпитвания на енергопоглъщащи елементи за буфери с високо енергопоглъщане клас "С" по предварително разработена методика. Изпитани са били три типа такива елементи, два типа хидропневматични капсули 4 ЕС-80 и 5SC, производство на фирмата "OLEO" - Англия и капсули с еластомер тип "KZE-5" на Полската република. Материалът на еластомерната капсула е "поласосил АБМ" - той намира широко приложение в буферите за товарни и пътнически вагони, използва се и за изработване на буфери за локомотив.

Възниква необходимостта от използване на нов тип енергопоглъщащ елемент, гарантиращ достатъчно енергопоглъщане - 25% по-голямо от съществуващото реализирано в конструкциите теглично-отбивачни съоръжения (ТОС), като същевременно има дълготрайност съизмерима с експлоатационният срок на вагоните и не изисква поддръжка по време на работа.

2. БУФЕРНИ КОНСТРУКЦИИ С "CRASH" ЕЛЕМЕНТИ.

Разработени са много буфери, оборудвани с модули "crash". Тези модули използват ефекта на постоянно пластично деформиране[3]:

- чупещи елементи от корпуса на буфера;
- разширяване (пластично) или форсиране на тръби (тръба в тръба система);
- рязане на тръби (пилинг технология) и
- деформация на допълнителни елементи като кутия.

"Crash" елементи - чупещи елементи от корпуса на буфера.

Тази система е известна в две разновидности – чупещи една и две области на външната втулка от корпуса на буфера.

Crash EST буфер съчетава стандартен буфер на железопътните превозни средства и „crash” елемент за поглъщане на енергията - елемент за деформация в един-единствен компонент. Елемента с допълнителната функция за деформация, е интегриран в корпуса на буфера, така че не се изисква допълнително пространство, дори и след деформация. Външните размери и размерите на опорните фланци са идентични с тези на стандартен буфер по фиш UIC 526-1. С планираната деформация на корпуса на буфера, 10 до 20 пъти повече енергия се абсорбира отколкото в стандартния конвенционален буфер. Това съответства на максимални скорости на удар между

железопътните возила на около 30 km/h. При сходни условия, максималната скорост на удар с традиционни, конвенционални буфери е около 10 km/h.

"Crash" елементи - разширяване (пластично) или форсиране на тръби (тръба в тръба система)

Принципът на TSB технология използва явлението на пластично разширяване (или подвижен в някои конструкции) от метална тръба със специален инструмент за разширяване.

Основните елементи на този тип буфери са TSB поглъщаш апарат и деформационна област (област с пластична деформация). Ефективността на описания метод за абсорбиране на енергия дава възможност за вграждане в буфера допълнителен модул, като обща дължина на буфера не се различава значително от дължината на стандартен буфер. Освен това, по време на удар е възможно хода да достигне 275 mm.

В изискванията на OTIF се прави разлика между нивото на абсорбираната енергия за новопостроени вагони (400 kJ) и нивото за вагони, които в момента са в употреба (250 kJ).

"Crash" елементи – система с рязане на тръби (пилинг технология)

Разработеният „crash” модул от AXTONE използва уникална техника за поглъщане на енергия въз основа на рязане на метал. Тази технология позволява проектирането на буфер, при който степента на абсорбираната енергия може да се контролира в широк спектър. Енергията на удара се абсорбира чрез остатъчна деформация на лента от стомана, отрязана от буферното тяло, чрез промяна на механичната енергия в топлинна енергия. Нивото на абсорбираната енергия зависи от размера на крайната лента, широка гама от корекция в зависимост от нуждите на конкретното приложение. Ефективността на тази иновативна технология дава възможност за усвояване на над 1 MJ енергия, като същевременно се запази габарита на типични буфери категория С, в съответствие с UIC 526-1.

По принцип този тип явление е сравнително добре проучено; обаче, в това конкретно приложение, поради краткото време на събитието (под 0,15 секунди) и последвалото скоростно рязане, е необходимо да се проведат допълнителни анализи и експерименти. Тези действия са насочени към оптимизиране на процеса от гледна точка на технологията, използвана в железопътния буфер.

"Crash" елементи – деформация на допълнителни елементи като кутия.

"Crash" елементите, основаващи се на деформация на допълнителни елементи като кутия са буфери са EST с деформационна система Duplex G1.A1.

Конструкция буфер с "Crash" елементи – в експлоатация на Българските Държавни Железници

От април месец 2013 г. В експлоатация се намират буфери с "Crash" елементи монтирани на спални вагони, производство на TUVASAS, Турция., ТИП R1-200 M/S/ST.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ:

Сблъсъци, последвани от дерайлиране са сравнително необичайни събития и не е възможно да се предвиди точно поведението на дерайлирания влак или да се изготвят свързани с това лимитиращи казуси за сценарии за сблъсък . Защитата, предвидена в Европейски стандарт [2] ще смекчи ефектите от такива инциденти.

Примери в Европейски стандарт [2] могат да се използват като основа за изготвяне на сценарии за сблъсък за нови влакови композиции, но анализите на риска трябва да докажат, че сценариите и рисковете при последиците отговарят на актуалните операционни условия и характеристиките на новоконструирани влакови композиции.

Въз основа на нормативни действащите в рамките на ЕС и на световните достижения в строителството и експлоатацията на пътнически вагони, както и на всеобщата

тенденция за повишаване скоростта на движение, се утвърждава изводът, че понастоящем приоритет на направление за пътническите превози е повишаване на пасивната им безопасност чрез изграждане на краш системи най-малко в 2 степени при отчитане на утвърдени допустими надлъжни натоварвания за намиращите се в експлоатация съвременни конструкции пътнически вагони и за новостроящите се такива.

ЛИТЕРАТУРА:

[1] EN 12663-1:2010: Railway applications - Structural requirements of railway vehicle bodies - Part 1: Locomotives and passenger rolling stock (and alternative method for freight wagons) (Железопътна техника. Изисквания към конструкцията на кошовете на железопътното превозно средство. Част 1: Локомотиви и пътнически подвижен състав (алтернативен))

[2] EN 15227:2008+A1:2010: Railway applications – Crashworthiness requirements for railway vehicle bodies (БДС EN 15227:2008+A1:2010 Железопътна техника. Изисквания за устойчивост на удар на кошовете на вагоните на железопътното превозно средство)

[3] a crash buffer for railway vehicles, wagons or passenger coaches - Venelin Pavlov, Dobrinka Atmadzhova

DEVELOP TECHNICAL SOLUTIONS FOR PASSIVE SAFETY OF COACHES IN GETTING COLLISIONS

Venelin Pavlov

vpavlov1718@gmail.com

***Todor Kableshkov University of Transport, Sofia,
BULGARIA***

***Key words:** accident scenarios collision regulations, requirements, technical solutions, train accidents, passive safety.*

***Abstract:** The main technical solutions for passive safety in passenger wagons developed and betting in the design, construction, commissioning and operation of railways itself by a single regulation and safety requirements.*

To be determined and assessed the sustainability requirements of a collision, it is necessary to establish scenarios for the clash in terms of speed collision and the type and mass of potential obstacles. For normal European operating conditions comparable to those of the analysis of incidents collision applicable are the parameters of collision scenarios and related requirements for collisions listed in item 5 referred to in standard EN15227: 2008 + A1: 2010 standard to crashworthiness design category CI (according to Table 1 of EN15227: 2008 Section 4).

Case study-limiting for each scenario depends on the control systems and active safety of the train and the characteristics of the infrastructure, as well as by the masses and the operating speeds on the railway vehicles. In some cases, scenarios for impact and their parameters for some operations could be contained in the legislation. In such cases, legislation should be consistent with and may be taken as a limiting case.

The publication reviewed regulations and requirements for safety may in domestic and international railway transport, as well as processes of investigation and causes of train collisions getting. Analyze technical solutions for ensuring passive safety of passenger wagons and prerequisites for the emergence of railway collisions getting.