

КОНСТРУКТИВНИ РЕШЕНИЯ НА СИСТЕМА ЗА ПАСИВНА БЕЗОПАСНОСТ НА ПЪТНИЧЕСКИ ВАГОНИ

Венелин Павлов
vpavlov1718@gmail.com

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

Ключови думи – регламенти, изисквания, конструктивни решения, жп произшествия, безопасност.

Резюме: Докладът представя резултатите от анализ на железопътните произшествия в България през последните 10 години. Акцентира се на инцидентите, свързани със сблъсък на железопътни возила. Описани са също така прилаганите концепции на пасивна безопасност на пътнически вагони, разработени в съответствие с изискванията на европейския стандарт EN 15227 и американския стандарт AAR S-580, който е за удароустойчивост и е предназначен за опазването на намиращите се в кабината на локомотива хора в случай на удар. Целта е при конструирането и експлоатирането на съвременния подвижен състав максимално да се намалят рисковете от неблагоприятни последици.

Въз основа на направените проучвания са обосновани конструктивни решения на система за пасивна безопасност, подходящи за внедряване в пътническите вагони, собственост на "ХОЛДИНГ БДЖ" ЕАД – „БДЖ - Пътнически превози“ ЕООД. Специално внимание е отделено на буферите, които първи възприемат ударните натоварвания между возилата при удар. Предлага се използването на "CRASH" елементи като съществена част от мерките за повишаване на пасивна безопасност. Интегрирането на железопътни система и изграждането на безопасен железопътен транспорт без национални граници като един от основните приоритети на ЕС налага необходимостта от единно европейско законодателство и в областта на техническите изисквания, включително за постигане на по-висока безопасност. Важно направление в този аспект е внедряването на "CRASH" системи както за новите, така и за намиращите се в експлоатация пътнически вагони.

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Развитието на съвременните технически постижения и разработването на различни конструктивните решения, както и нарастващата възможност гражданите на ЕС и икономическите оператори максимално да се възползват от правото си на свободно придвижване на националните жп мрежи, налага прилагането на единни правила и стандарти. Европейската общност до началото на 2000 г. разработваха собствени правила относно безопасността на железопътния транспорт и свързаните с него стандарти.

Тази статия представя резултатите от анализ на съществуващите концепции за пасивна безопасност на пътнически влакове, разработени в съответствие с изискванията на европейския стандарт EN 15227 [1] и американския стандарт AAR S-580 [4], който стандарта е за удароустойчивост, като е предначен да подпомага опазването на намиращите се хора в кабината на локомотива в случай на сблъсък. Примерите за сценарии на сблъсък с локомотив, които се взема предвид при този нормативна уредба, включва сблъсъци с друг локомотив, задната част на друг влак, оборудване неправилно поставено на релсовия път, товарен или лек автомобил пресичащ жп трасе неправилно. Удароустойчивостта на локомотива трябва да бъде гарантиран чрез спазване на стандарта и одобрението на Федералната жп администрация (FRA).

Проблемите за пасивна безопасност на пътнически вагони се третират при съблюдаване на нормативните документи на ЕС, на първо място Техническата спецификация за оперативна съвместимост (TCOC) по отношение на подсистемата „Подвижен състав“ — „Локомотиви и пътнически подвижен състав“ на трансевропейската конвенционална железопътна система (нотифицирано под номер C(2011) 2737) [1]. Тази TCOC е приложима за всички единици с изключение на единиците, които не са предназначени за превоз на пътници или персонал по време на експлоатация, и с изключение на „Движещите се по релси железопътни машини“ — ДРЖМ (On track machines — OTMs) са возила, специално проектирани за изграждане и поддържане на линиите и инфраструктурата.

Интегрирането на железопътна система и изграждането на безопасен жп транспорт без национални граници, е превърнат в един от основните приоритети на ЕС, което доведе до необходимостта от силно европейско законодателство в областите на:

- Техническите изисквания;
- Изискванията за безопасност;
- Задължителна връзка помежду им;

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, железопътно превозно средство трябва да съответстват на подробните нормативните документи на ЕС, на първо място посочени в стандарт EN15227:2008+A1:2010 [1] за проектна категория за удароустойчивост C-I (съгласно таблица 1 от EN15227:2008, раздел 4).

2. Подходи за конструктивни решения чрез "crash" модули

Буферите са елементите от конструкцията на железопътните возила които първи възприемат ударните натоварвания между возилата при съударяне. Много учени се занимават с проектиране, конструиране и изпитване на буферни конструкции и тяхните характеристики [2].

В настоящата статия предлага преглед на "CRASH" елементи на буферни конструкции които са част от конструктивни решение при изграждането на мерките за пасивна безопасност.

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

- 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

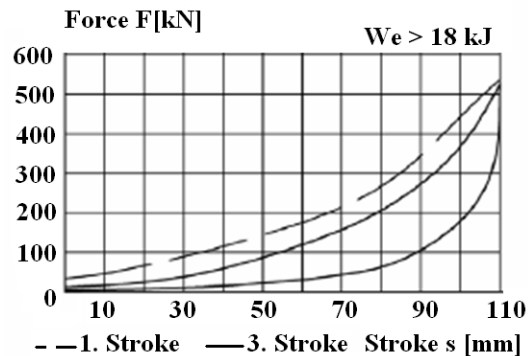
"Crash" елементите, основаващи се на деформация на допълнителни елементи като кутия са буфери са EST с деформационна система Duplex G1.A1.

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

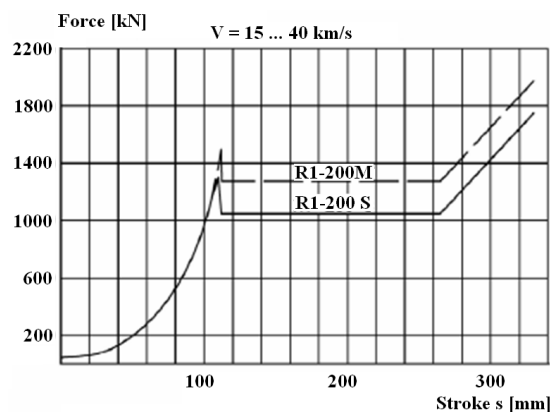
От април месец 2013 г. В експлоатация се намират буфери с "Crash" елементи монтирани на спални вагони, производство на TUVASAS, Турция., ТИП R1-200 M/S/ST (фиг.1). На фиг.2 е показана статичната характеристика на посочения по-горе буфер, а на фиг.3 е показано динамичното натоварване по време на стълкновения на EST ударния буфер.



Фиг.1.Снимки на буфер ТИП R1-200 M/S/ST.

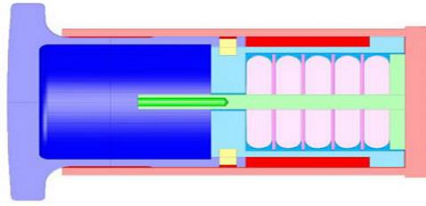


Фиг.2. Статична характеристика EST ударен буфер R1 в нормален режим (буферна функция) [12]

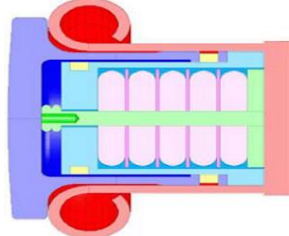


Фигура 3: Свойствата на силата и пътя използвани от високото динамично натоварване по време на стълкновения на EST ударния буфер.

На фиг. 4 и 5 са показани състоянието на максимално пружиниране (буферна функция) или състояние на разделяне (преход към стълкновение) и съответно след максимална деформация.



Фигура 4. Състояние на максимално пружиниране (буферна функция) или състояние на разделяне (преход към стълкновение)



Фигура 5. Състояние след максимална деформация

EST Ударен буфер R1 се характеризират с:

- Прогресираща характеристика, ниска мощност, съвместимост с различни превозни средства.
- Буферната глава е изработена от висок износоустойчив сферо гранитен чугун с ниско износване и нисък коефициент на триене.
- Полимерната пружина не се нуждае от поддръжка/обслужване.
- Плъзгащите повърхности от вътрешната страна са нечувствителни към замърсяването.
- Динамичната стабилизация на буферната пружина е с висок капацитет на поглъщане на енергия при минимално изисквания 25 kJ по UIC.

Използва се пружинна система DUREL ®DR 20 на фирмата DUREL GmbH , Ingelbach (Германия)

Пружината е еластичен материал на основата на полиетилен или полиестера (ТЕЕЕ) от семейството на термично пластичния еластомер. Долу указаните преимущества правят удобна пружината да се използва като EST Ударен буфер R1:

- Висока енергийна плътност, компактни монтажни размери;
- Висок енергиен резерв по абсорбиране, минимум 18 kJ срещу изискването на UIC (10kJ) или 25 kJ (din.), което е експериментално доказано;
- Висока товароносимост;
- Дълъг срок на използване (обикновения срок на типичното използване: 20 години);
- Не се нуждае от поддръжка;
- 100 % рециклиране;
- Пълно съответствие с изискванията на UIC 528.

Общо всеки ударен буфер може да консумира около 300 kJ енергия (версия R1-200 S), т.е. 30 пъти по-вече, отколкото се изисква по абсорбирането на обратната енергия по условията на UIC 528 и 10 пъти по-вече от изискваната от пътническия вагон по условията на UIC 526-1.

Ако EST ударният буфер не е достигнал блоковото състояние, освен измененията в ударния буфер няма възможност за щети, както в собственото превозно средство така и в противоположното превозно средство.

В повечето част на ударната скорост (15 ... 40 km/h) типичните характеристики на силата и пътя на EST ударния буфер остават неизменени без значителна скоростна зависимост. EST ударният буфер е проектиран за сценарии с по-високи скоростни стълкновения на многостепенчатите деформираните системи, подходящ е и като

предварителен и като резервен (например в кормилните средства EST деформационната система е DUPLEX).

3. Заключение

Въз основа на изложения анализ на различни конструкции буфери, резултати от изпитания и изчисления на конструкция „crash” буфер, може да се направят следните изводи:

- в БДЖ най-голямо приложение в настоящия момент имат буферите с гуменометални пакети ГМП. Тези елементи са оптимизирани и повишаването на тяхната енергопоглъщаемост и необратимо енергопоглъщане е практически невъзможно. При по-интензивно движение и съударяне с по-високи скорости, динамичните им характеристики не отговарят на изискванията.

Конструиранията на жп превозни средства, анализирайки различните сценарии при сблъсък, рисковете при нови влакови композиции не трябва да са по-високи от тези при съществуващите влакови композиции. Също така е необходимо предприемане, всякакви разумни действия, за да се намали риска от сблъсък. Трябва да бъдат предприети всякакви разумни действия, за да се намали риска от сблъсък.

При отсъствието на правила, влаковият оператор трябва да поеме отговорност, че е осигурен подходящ анализ на риска за определяне на сценарии за сблъсък и да осигури информация по отношение на характеристиките на жп трасето и препятствията. Жп превозвачи, могат да ангажира доставчика или алтернативна специализирана организация да осъществи анализа.

Различните жп превозвачи трябва да имат информация за анализа на риска по отношение на нови влакови композиции, което довежда до надеждност и високи степени на безопасност при конструиранията им.

Изискванията и дадените примери в стандарта [5], могат да се използват като основа за изготвяне на сценарии за сблъсък за нови влакови композиции, но заключенията анализите на риска трябва да докажат, че сценариите и рисковете при последиците отговарят на актуалните операционни условия и характеристиките на новите конструирани влакови композиции.

Въз основа на действащите нормативи 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 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] A CRASH BUFFER FOR RAILWAY VEHICLES, WAGONS OR PASSENGER COACHES - Venelin Pavlov, Dobrinka Atmadzhova - VIII International Conference “Heavy Machinery-НМ 2014”, Zlatibor, 25-28 June 2014;

[3] Моделиране ресорно окачване на подвижен железопътен състав с автоматизирана система за управление - Добринка Атнаджова - XIX МЕЖДУНАРОДНА НАУЧНА КОНФЕРЕНЦИЯ "ТРАНСПОРТ 2009".

[4] <https://www.federalregister.gov/documents/2006/06/28/06-5667/locomotive-crashworthiness>.

[5] EN 15227:2008+A1:2010: Railway applications – Crashworthiness requirements for railway vehicle bodies [Required by Directive 2008/57/EC];

CONSTRUCTION SOLUTIONS FOR THE PASSIVE SAFETY OF PASSENGER WAGONS

Venelin Pavlov
vpavlov1718@gmail.com

Todor Kableshkov University of Transport
1574 Sofia, 158 Geo Milev str.
BULGARIA

Key words - regulations, requirements, technical solutions train incidents, passive safety.

Abstract - The paper presents the results of analysis of the railway accidents in Bulgaria during the last 10 years. The emphasis is put on crash-related incidents. It describes also the existing passive safety concepts of passenger carriages developed in compliance with the requirements of European Standard EN 15227 and American Standard AAR S-580, which is for impact resistance and intended to protect people in the locomotive cab in case of collision. The aim to apply the standards is to minimize the risks of adverse effects in the design and operation of modern rolling stock.

Based on the examinations made, some constructive solutions of passive safety systems are justified as suitable to implement in passenger carriages belonging to HOLDING BDZ EAD - BDZ - Passenger Transport EOOD. Particular attention is paid to the buffers that first take impact loads of vehicles with collision. It is proposed to use "CRASH" elements as essential part of the measures to increase passive safety. The integration of railways and development of safe rail transport without national frontiers as one of the EU main priorities have imposed the need for uniform European legislation in the field of technical requirements, including those for achievement of greater safety. An important trend in that aspect is to implement "CRASH" systems both for newly-built passenger carriages and vehicles in service.