

АСПЕКТИ НА ПАСИВНАТА БЕЗОПАСНОСТ НА ЖЕЛЕЗОПЪТНИ ВОЗИЛА В СЪОТВЕТСТВИЕ С ИЗИСКВАНИЯТА НА ЕВРОПЕЙСКИ СТАНДАРТ

Венелин Павлов

vsuk_vp@abv.bg

*Висше транспортно училище „Тодор Каблешков“
ул. „Гео Милев“ 158, 1574, София
РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ*

***Ключови думи:** Железопътни возила, жп произшествия, сблъсък, пасивна безопасност.*

***Резюме:** Основните технически решения за пасивната безопасност при железопътни возила вследствие на сблъсък се разработват още при проектирането, изграждането, пускането в експлоатация и самата експлоатацията, чрез единни регламенти и изисквания по безопасност. За да бъдат определени и оценени изискванията за устойчивостта на сблъсък, е необходимо да се установят сценарии за сблъсък от гледна точка на скоростта на сблъсък, вида и масата на потенциалните препятствия.*

Системите за безопасност на железопътни возила, се разглеждат в различни аспекти и отговарят на различни нормативни документи, като целта им е безопасно повишаване скоростите, превозените пътници, товари и плавността на хода.

Съответните аспекти и изисквания за пасивна безопасност на железопътни возила, са разработени в съответствие с европейския стандарт EN 15227 и американския стандарт AAR S-580, предназначени за опазването на намиращите се в железопътни возила хора в случай на удар.

В публикацията са анализирани причините и процесите за възникнали, жп произшествия, както и регламенти и изисквания по безопасността в международния и вътрешния жп транспорт. Разгледани са различни решения и технически аспекти за осигуряване на пасивната безопасност при железопътните возила и предпоставките за възникване на железопътни произшествия.

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Най-важните насоки за развитие на железопътна техника от ново поколение за периода 2020 – 2030 г. са заложили в научната концепция – *Бялата книга* на ЕК „Европейска транспортна политика до 2030 г.“ [1]. Сред перспективните фундаментални и проучвателни области на изследване се посочва работата по формирането на технически изисквания за локомотиви от ново поколение, изборът на материали, които увеличават здравината и намаляват масата на тяговия подвижен състав, въвеждането на модулно проектиране на локомотиви и моторвагонен подвижен състав, осигуряване на ресурс и поддръжка, подобряване на системата за обслужване и

ремонт на подвижен състав. Целевата задача, отразяваща набора от изисквания към подвижния състав от ново поколение, е насочена преди всичко към минимизиране на експлоатационните разходи, включително намаляване на разходите за ремонтно-възстановителни работи чрез намаляване на повредите на носещите конструкции на подвижния състав в аварийна ситуация.

Във връзка с тенденциите в железопътния транспорт и гарантиране сигурността на движението, през 1991 г. UIC прави съответни корекции във фиш 526 касаещи изискванията към буфери за железопътни превозни средства. Най-важната промяна е насочена към повишаване на енергопоглъщането на отбивачните съоръжения. Препоръчва се минималната стойност на необратимото енергопоглъщане да бъде 30 kJ и от 2020 г – 70 kJ. Изискванията към конструкциите на буферите са отразени във фишове на UIC 526-1 [2]; 526-2 [3] и 526-3 [4].

В момента у нас, като енергопоглъщащ елемент в отбивачните съоръжения на локомотивите се използват метални пръстени тип „Юрдинген”, и метало-гумени пакети, а във вагонните конструкции метало-гумени пакети, еластомерни капсули и др. Проучванията показват, че дори и при значително увеличаване на размерите на еластичните елементи, необходимото повишено енергопоглъщане по съвременните изисквания на железопътните конструкции не може да бъде постигнато.

Този факт води до необходимостта от използване на нов тип енергопоглъщащ елемент, гарантиращ достатъчно енергопоглъщане - 25% по-голямо от съществуващото реализирано в конструкциите на теглично-отбивачните съоръжения (ТОС), като същевременно има дълготрайност съизмерима с експлоатационният срок на железопътните возила и не изисква поддръжка по време на работа. От 2010 г. възниква и EN 15227 [5] касаещ изисквания за вграждане на елементи от система за пасивна безопасност при ново конструираните и реновирани локомотиви и вагони.

Буферите на жп возила могат да бъдат класифицирани по различни признаци. По-важните от тях са: в зависимост от конструкцията, хода, типа на возилото, вида на еластичния енергопоглъщащ елемент, количеството натрупана енергия и др. Така например, в зависимост от конструкцията, съществуват два основни вида - прътови и гилзови. Предимствата определено са на страната на гилзовите буфери, които имат значително по-голяма якост и надеждност на металната част. Ето защо, в момента всички жп администрации произвеждат и използват само тази разновидност.

Според хода UIC е стандартизирал пет типа отбивачни съоръжения със стойност 75, 105, 110, 130 и 150 mm. Буферите с ход 75 mm са стара конструкция, произведени до 1981 г. Тяхната експлоатация е разрешена до 1985 г., след което задължително би трябвало да се подменят с по-мощните по отношение на погълната енергия с ход 105 mm за товарни и 110 mm - за пътнически вагони.

През 1992 г. е разпространен фиш на UIC 526-3, според който се стандартизира използването на буфери с ход 130 и 150 mm. Те са предназначени за 2-осни и 4-осни вагони за превоз на товари, чувствителни към удар.

Според типа на еластичния и енергопоглъщащия елемент буферите биват: с цилиндрични винови пружини и триещи призми, с конични спираловидни листови пружини, с фрикционни пружинни пръстени, с металогумен пакет, газохидровлични, хидравлични и полимерни. Тук следва да се отбележи, че еластичността и енергопоглъщането са двата основни показателя, определящи ефективността на отбивачните съоръжения.

2. ИЗИСКВАНИЯ КЪМ КОНСТРУКЦИИТЕ ТОС И ПОГЛЪЩАЩИТЕ АПАРАТИ ЗА ОСИГУРЯВАНЕ НА ПАСИВНА БЕЗОПАСНОСТ

2.1. Преглед на нормативната база по защита на конструкциите

А. Съединени Американски Щати

Минималните стандарти за безопасност на пътническия подвижен състав, задължителни за всички щати и административни територии на Съединените щати, са установени в част 238 от раздел 49 на Кодекса на федералните разпоредби на САЩ (Code of federal regulations) [6, 7]. Тези правила са насочени към предотвратяване на сблъсъци, дерайлиране и други извънредни ситуации на пътнически железопътен подвижен състав, които могат да доведат до смърт или нараняване на служители на железницата или пътници, както и на други граждани, а също така и намаляване на последствията от такива ситуации дотолкова, доколкото те не могат да бъдат напълно предотвратени.

Изискванията са диференцирани за пътнически вагони стандарти Tier I (конструктивна скорост до 200 km/h) и Tier II (над 200 до 240 km/h). Една от особеностите на стандарта е поставяне на високи изисквания към якостта на седалките и оборудването на вагоните:

- „седалките в пътнически вагон трябва да бъдат здраво закрепени към коша на вагона, така че да издържат на претоварване от 4 g в странични и вертикални посоки (отдолу нагоре), действащи върху собственото тегло на седалката, и 8 g в надлъжната посока, действаща върху собственото тегло на седалката, и силата, действаща едновременно върху облегалката на седалката от страната на незакрепения пътник, седнал отзад, когато триъгълният импулс на надлъжно ускорение 8g с продължителност от 250 ms”;

- „багажници с разместен върху тях багаж (допустимата маса на багажа се определя от железницата) трябва да издържат действащите на тяхната маса и масата на багажа ускорение от 8 g в надлъжна и 4 g в странична и вертикална посока“;

- "другите съставни части на купето от пътнически вагон трябва да издържат на ускорението, действащо върху тяхната маса от 8g в надлъжна и 4g в напречна (странична и вертикална) посока."

За сравнение, нормите на ЕС EN 15227-2011 [8] определят стойността на надлъжното претоварване от 7,5 g, а за Руската федерация е в сила GOST 32410-2013 [9] и стойността на надлъжното ускорение е от 50 m/s в абсолютна стойност, т.е ~ 5g.

Б. Европейски съюз

Техническите изисквания към системата за конструктивна защита, като неразделна част от общата система за безопасност в железопътния транспорт, насочени към намаляване на щетите, подобряване защитата на локомотивните екипажи и пътниците при сблъсъци на железопътния подвижен състав, в страните от ЕС се регулират от общоевропейския стандарт EN 15227 [8].

При разработването на стандарт EN 15227 са взети предвид данните за произшествията по основните европейски железници: Британски (BR), Люксембургски (CFL), Немски (DB), Датски (DSB), Норвежки (NSB), Шведски (SJ), Белгийски (SNCB) и Френски (SNCF) - доклад В 205.1 / DT 357, ERRI. Значителен принос за подготовката на стандарта са направили европейските изследователски проекти SAFETRAIN [10] и TRAINSAFE [11], в които участието на компаниите Bombardier Transportation и DB Systemtechnik изиграват важна роля. Знанията и опитът, които са натрупали, както и разработените на тяхна основа изисквания за конструктивна защита (пасивна безопасност) са включени в общоевропейския стандарт.

2.2. Преглед на основните принципи и сценарии на стандарт EN 15227

Основни принципи приети в стандарт EN 15227

Стандартът EN 15227 приема следните принципи на стандартизация:

1 Подвижния железопътен състав за пътнически превози е разделен на 4 категории: локомотиви, несамоходни пътнически вагони, моторвагонен подвижен състав; подвижен състав на метрото; градски трамваи, които могат да се експлоатират и по магистрален релсов път; градски трамваи без възможност за движение по релсите;

2 Въведено е понятието сценарий на сблъсък, като един от най-тежките случаи на аварийен сблъсък, при който системата за пасивна безопасност трябва да осигури определена степен на защита на пътниците, обслужващия персонал и конструкцията на подвижния състав. Идентифицирани са сценарии, съответстващи на най-вероятните аварийни сблъсъци. За всяка категория подвижен състав се задават параметри на сблъсък: скорост на сблъсък; вид препятствие, неговата маса и характеристики на коравина. За сценария на сблъсък с мобилно превозно средство при пресичането на релсов път се въвежда стандартно деформируемо препятствие с маса 15 t с дадена форма и установена диаграма на деформация.

Въведена е концепцията за стандартен влаков състав, участващ в сблъсъци съгласно приети сценарии;

3 Формулирани са мерките, предвидени за защита на пътниците и обслужващия персонал: намаляване на динамичните вибрации и ударни натоварвания; ограничаване на нивото на ускорение; осигуряване на пространство за оцеляване на пътниците и обслужващия персонал чрез контролирано поглъщане на енергията на удара; намаляване на риска от катерене на вагони и дерайлиране;

4 Установени са критерии за контрол на приетото ниво на ускорение, както и ефективността на мерките срещу катерене на вагони при сблъсък и мерки за запазване на пространството за оцеляване, включително в кабината на машиниста. Формулирани са изисквания към релсопочистващите конструкции;

5 Регламентирани са методи за потвърждаване на съответствието на системата за пасивна безопасност с нормативните изисквания. Ключовата роля в това се отдава на методите за числена симулация на процеса на сблъсък с препятствие. За да се потвърдят удароустойчивите характеристики на устройствата за поглъщане на енергия, са предвидени техните автономни разрушителни тестове. Експериментално получената информация за свойствата и параметрите на устройствата за поглъщане на енергия се използва за усъвършенстване на изчислителните модели. За целта е представена процедура за сравняване на изчисленияте и експерименталните резултати. Потвърждаването на съответствието на конструкцията на подвижния състав с нормативните изисквания за безопасност се извършва въз основа на изчисления на процеса на сблъсък на еталонен влак, оборудван с устройства за поглъщане на енергия, с регламентирани препятствия при зададена скорост на сблъсък;

6 Допускат се други видове аварийни сценарии, които не са представени в документа, ако съществува опасност от такива ситуации с висок риск.

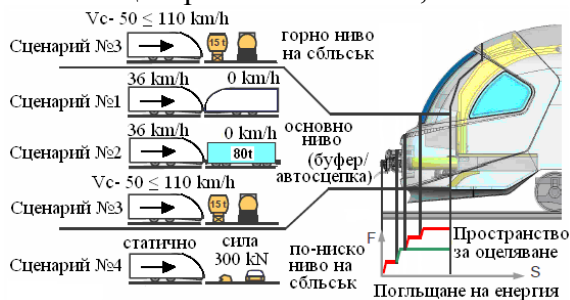
Сценарии на сблъсък, съгласно БДС EN 15227

Сценариите на сблъсъци са разработени, като се вземат предвид статистическите анализи на произшествия, станали по железниците в Европа и страните от ОНД [12].

Както западноевропейските, така и американските регулаторни агенции полагат значителни усилия за бързо актуализиране на изискванията за безопасност на подвижния състав. Съвременният подвижен състав, работещ по европейските железници, трябва да отговаря на следните стандарти EN 12663:2000 [13], EN 15227:2008 [14] и EN 15227:2020 [15], а в Съединените щати - кодексът на федералния регламент - CFR 49, CFR223 AAA (MSRP) и CFR238 AAA (MSRP).

Сценариите за сблъсък се характеризират с набор от условия за аварийен сблъсък на пътнически вагони/влакове с препятствие (стойности на масите, началните скорости и други параметри на обектите на сблъсъка).

Сценариите на сблъсък, съгласно БДС EN 15227, са показани на фиг.1.



Фиг.1. Сценарии на сблъсък, съгласно БДС EN 15227.

- сценарий №1 симулира аварийен сблъсък на еднотипни пътнически вагони/влакове;
- сценарий №2 симулира аварийен сблъсък влак с товарен вагон с тегло 80 t;
- сценарий №3 симулира аварийен сблъсък на влак с превозно средство с тегло 15 t на железопътен прелез;
- сценарий №4 симулира ниско ниво на аварийен сблъсък на влак със ударна сила 300kN на релсовия път.

В стандарта EN 15227 липсват изисквания към:

- енергийния интензитет и крайните натоварвания на разрушаване на устройства за поглъщане на енергия, които са оборудвани със системи за пасивна безопасност (с изключение на буфери и свързващи устройства);
- характеристиките на енергопоглъщащите устройства, поставени между вагоните на подвижния състав;
- разположението на енергопоглъщащите устройства върху коша на подвижна единица (локомотив, МВПС);
- възлите на закрепване на енергопоглъщащите устройствата към коша на подвижния състав.

По този начин представените по-горе резултати от разглеждането на стандарта EN 15227, който регулира показателите за безопасност на подвижния железопътен състав в страните от ЕС, потвърждават, че нормативните документи следва допълнително да вземат предвид различията в конструкцията, производствените технологии, изпитването и експлоатацията на подвижния състав, както и разлики в статистиката на инцидентите в съответната страна.

Изследването на посочените въпроси дава възможност за хармонизиране във възможно най-голяма степен на европейските изисквания за гарантиране на пасивна безопасност и устойчивост на удар на ново поколение подвижен състав в различни страни.

Съществуващите сценарии на сблъсък в посочените нормативни документи не отчитат напълно всички възможни случаи на аварийни сблъсъци.

За да се обхванат изцяло всички възможни сценарии на сблъсък, основните видове препятствия трябва да бъдат взети, както следва:

- препятствие № 1 - голямо животно с маса 1 t;
- препятствие № 2 - лек автомобил с маса 2 t;
- препятствие № 3 - камион с маса 15 t;
- препятствие № 4 - тежкотоварен автомобил с маса 30 t;
- препятствие № 5 - товарен вагон с или без буфери с маса 80 t (с буфери за междурелсие 1435 mm и без буфери, но с автосцепка за междурелсие 1520 mm);
- препятствие № 6 - подобен неподвижен влак с различна маса.

Оразмеряването и проверката след сблъсък, съгласно БДС EN 15227 са както следва:

- 1-ва стъпка: Оразмеряване с динамичен FEA (чрез метод на крайните елементи)
- 2-ра стъпка: Валидиране с динамичен „crash” тест.

Изследването на аварийни сблъсъци с посочените видове препятствия ще позволи да се определи зоната на ефективна работа на устройствата за поглъщане на енергия (УПЕ) и да се проектират енергопоглъщащи конструкции, които отговарят на изискванията на основните нормативни документи.

3. СЪСТОЯНИЕ НА ПРОБЛЕМА - СБЛЪСЪЦИ НА ПЖПС ПО ЕВРОПЕЙСКИТЕ ЖЕЛЕЗНИЦИ

Най-натоварените конструктивни елементи на локомотив в експлоатация са неговата главна рама (носещ кош), шарнирни устройства (възли за механично свързване на талигите с коша) и сцепни устройства. Изброените елементи възприемат хоризонтални сили с различна големина и характер на изменение във времето, включително: квазистатични, променливи и динамични (ударни). Последните възникват в резултат на инерцията на коша и талигите при съудряне на возилата при маневрена работа, от удари и тласъци при движение на влака, както и при сблъсък с препятствие по пътя на движение. В случай на аварийен сблъсък, значителни натоварвания се поемат от предната част на коша и кабината на машиниста, което често води до смачкване и разрушаване на кабината (Фиг.2).



11 декември 2014 вследствие свличане на скална маса ТИР е паднал върху жп релсите и е бил ударен от влак, движещ се по направление Кулата-София, след което се е запалил.



Железопътно произшествие - удар на БВ 7623 в товарен автомобил на жп прелез м/у гарите Димово и Орещец на 07.06.2022 г.

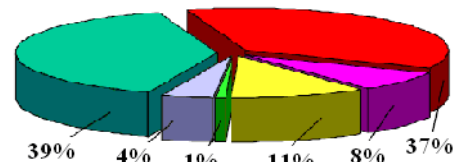


3 юни 2023 сблъсък между микробус и пътнически влак край плевенското село Гривица.

Фиг. 2. Изглед на челната част на локомотивен кош след инциденти [16]

Въпреки строгите правила за техническа експлоатация и движение, определени в Правилата за техническа експлоатация на железниците [1] и други документи, в реални условия има многократни случаи на сблъсъци на влакове с мобилни превозни средства на ниво прелези, както и с индивидуални товарни вагони на гари, достъпни пътища и участъци. Премахването на техните причини се счита за един от резервите за развитие на икономиката на железопътния транспорт и подобряване на организацията на транспорта.

39% - ПЖПС с автомобил (скорост на сблъсък 30 ... 70 km/h); 37% - с препятствие по ж.п. прелези (скорост на сблъсък до 100 km/h); 11% - с крайни отбивачки на коловоза; 8% - удряне на препятствие извън жп прелез; 4% - дерайлиране без сблъсък; 1% - дерайлиране след сблъсък.



Фиг. 3. Статистика на сблъсъци на ПЖПС по европейските железници.

Според европейски данни (доклад В 205.1 / DT 357, ERRI,) по [10, 11], показани на Фиг. 3, от 304 катастрофи, станали с подвижен състав за 5 години (от 2001 до 2005 г., около 60 произшествия годишно), най -честите сблъсъци се случват с ПЖПС (39%) и препятствие на прелези (37%), много по-рядко – с крайни отбивачки на коловоза (11%) и с препятствия извън прелезите (8%).

Липсата на надеждна информация за натоварването и поведението на елементите на екипажа при аварийни сблъсъци служи като основа за избора на насоки

за решение на този проблем. Най-подходящи се оказват следните области:

- разработване на теоретични и експериментални методи за изследване на въздействието на локомотиви и вагони в работни и аварийни режими;
- влияние на ударните въздействия върху хората и транспортираните товари;
- разработване на мерки за защита на пътниците, обслужващия персонал и конструкциите на подвижния състав.

В [17] е изследвано натоварването на буферните греди (челни греди) от рамата на локомотива по време на удари. За да се изясни зависимостта на динамичния ефект от продължителността на силата на удара, са определени характерни честоти на свободните трептения на буферните греди и съответните периоди на трептене. Въз основа на резултатите от експериментите се препоръчва да се изчислят буферните греди на ударно натоварване под действието на еквивалентна статична сила, увеличена с 1,2 ... 1,5 пъти.

4. ОСНОВНИ КОНЦЕПЦИИ НА СРЕДСТВА ЗА ПАСИВНА БЕЗОПАСНОСТ

След много години на изследвания и разработване на различни стандарти за безопасност стана ясно, че чрез увеличаване на якостта на коша на ПЖПС проблемът за безопасността на товари и пътници не може да бъде решен напълно. Това налага разработването и внедряването при проектирането на съвременен подвижен състав на елементи от системата за пасивна безопасност [18, 19], съгласно [20] тази система включва следните конструктивни решения:

- енергопоглъщащи устройства, монтирани в челните части на локомотиви, както и на моторни и прикачни вагони;
- усиление конструкцията на кабината на машиниста;
- конструкции, които предотвратяват „повдигането“ на подвижния състав и изкачването на возилата един върху друг в случай на аварийен сблъсък;
- енергопоглъщащи (жертвени) зони или така-наречените ”краш-зони” на железопътните возила;
- комбинирани почистващи средства за сняг и релси, позволяващи изхвърляне на препятствия от релсите, а при големи натоварвания те се деформират контролирано, поглъщайки значителна част от енергията [19].

До настоящия момент железопътните заводи практически не са използвали иновативни разработки в областта на осигуряването на пасивна защита на подвижния състав. В по-голямата си част подвижния състав е оборудван със следните системи за пасивна защита срещу аварийни ударни натоварвания:

- поглъщащи апарати от различни класове енергопоглъщане, които възприемат по-голямата част от енергията на удара;
- буферни устройства, които абсорбират малка част от енергията на удара.

Принципът на работа на тези устройства е да преобразува кинетичната енергия в деформационна енергия на пружини, гумени елементи и други амортизатори на удари. С увеличаване на скоростта на движение на влака само поглъщащите апарати не е в състояние да поглъщат в достатъчна степен енергията на удара в случай на авария [10, 11]. Повечето устройства за поглъщане на енергия са само на етап разработване. При съвременния подвижен състав или устройствата за поглъщане на енергия напълно липсват, или се използват чужди УПЕ, вече инсталирани на закупения чуждестранен иновативен подвижен състав.

Частните компании са постигнали особено голям успех в модернизиранието на локомотиви [21].

Първата такава компания е Mitsui Rail Capital Europe (MRCE Dispolok), следвана от операторите Bern-Lötschberg-Simplon (BLS, Швейцария), Mittelweserbahn (MWB), Altona – Kaltenkirchen - Neumünster Bahn (AKN; и двете от Германия) и други.

В същото време се наблюдава повишен фокус върху аспектите на безопасността на пътническите влакове. Сред първите такива компании са Koleje Mazowieckie (Полша) и DSB (Датските железници), които инсталират енергопоглъщащи буфери на вагоните си, които са взаимозаменяеми със стандартизирани буфери. Клонът на компанията Carlson Wagonlit the Travel (CWT) в Словакия оборудва енергопоглъщащи буфери нейния парк, тъй като посоката на влаковете, експлоатирани в международен трафик в цяла Европа, е планова поддръжка.

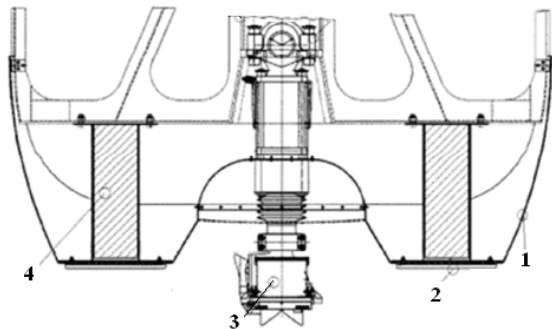
Въпреки това не само енергопоглъщащите буфери се използват като устройства за поглъщане на енергия, но и други устройства.

Ярък пример в тази област се явява конструкцията на плаваща гръбначна греда (ПГрГ). Това техническо решение се използва активно в САЩ и Канада. Принципът на действие на ПГрГ е възможността за нейното еластично движение по рамата на вагона от размера на хода на поглъщащите устройства, разположени в краищата на гръбначната греда. Това позволява абсорбиране на голямо количество енергия и минимизиране на отрицателните динамични ефекти, които се появяват по време на движението на влака.

В същото време това техническо решение има редица несъвършенства, състоящи се в високата цена и сложността на производството, също така е трудно да се извършват ремонти в случай на повреда на конструкцията.

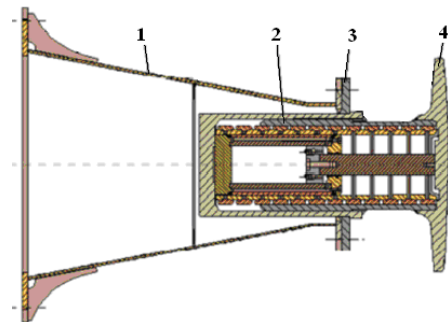
Друга посока е използването на жертвени елементи, вградени в конструкцията на подвижния състав, които се разрушават в процеса на възприемане на ударни натоварвания. По-долу са дадени някои от оригиналните технически решения, използвани в европейските железници. Във Франция в конструкцията на високоскоростния влак DUPLEX се използват енергопоглъщащи устройства, а в Германия се внедряват по-голям обем на изпълнение на такива конструкции. Най-изявените примери за подобни иновации са електрическите влакове 480 и 481/482, електрическият локомотив Euro Sprinter 152 и влакът ETR 460.

Влакът ET 2000 използва двустепенно устройство за поглъщане на енергия [29, 30]. Това устройство съчетава две различни системи за поглъщане на енергия. Първата система е срязващ елемент, интегриран в автосцепка. Втората система е жертвен елемент под формата на краш структура като пчелна пита в челната греда, която е инсталирана вместо буфери. Това двустепенно устройство поема до 500 kJ енергия и гарантира безопасността на пътниците при скорост на сблъсък до 30 km/h. Разположението на двустепенното енергопоглъщащо устройство е показано на фиг.4.



1 – полимерна обшивка; 3 – противоповдигащо устройство; 3 – автосцепка; 4 – жертвен елемент.

Фиг.4. Устройство за поглъщане на енергия на влака ET 2000 [22]



1 - краш елемент; 2 – поглъщащ апарат; 3 - междинен фланец; 4 – талер.

Фиг.5. Комбиниран буфер с поглъщащ апарат и краш елемент.

Европейските стандарти (AEIF F973/98/D/F, ERRI B205/RPI, B165/RPI2, B106/RP20 и RP26) регулират основните параметри на устройствата за поглъщане на енергия (УПЕ), според които се препоръчва да се инсталират УПЕ, способни да абсорбират ударна енергия до 1 MJ, докато деформацията на натиск трябва да бъде най-малко 270 mm. Например, за железниците в Австрия, комбинирани буфери се използват при проектирането на електрически локомотиви Taurus от серия 1016, 1116 (Фиг.5). Този буферен модел представлява специален блок от пружинно-хидравлични устройства от типа COMBIGARP C 105, поставен в буферния корпус, който от своя страна е свързан към деформируемия елемент чрез мембрана [23]. При аварийни сблъсъци (до 40 km/h) деформируемият елемент се свива до 600 mm, при което настъпва енергопоглъщане от 500 kJ при максималната дължина на деформация. В този случай рамата и коша на електрическия локомотив не са повредени.

Световният лидер в областта на технологиите за поглъщане на енергия е компанията OLEO INTERNATIONAL, една от нейните разработки е устройство срещу повдигане на вагоните и изкачване един върху друг.

Още един от перспективните варианти е принципът на модулната конструкция на средствата за пасивна безопасност [24]. Тази концепция е реализирана във влака SCRRRA Metrolink (Калифорния) [25], който включва елементи за пасивна безопасност, разработени от Voith Turbo Scharfenberg [26]. Цялостната система за защита включва:

- плъзгащи се автосцепки (push-back coupler);
- енергопоглъщащи елементи във вид на деформируеми тръби, интегрирани в конструкцията на автосцепката;
- противоположнодействащи устройства, които се изработват последователно с газохидравлични или хидростатични демпфери;
- жертвени зони с двустепенна система от странични енергопоглъщащи елементи в челните части на моторните вагони.

Ефективността на устройствата за поглъщане на енергия се влияе не само от тяхната конструкция и зони на местоположението им, но и от материалите, използвани за производството им. Използването на иновативни енергопоглъщащи материали е важен фактор за повишаване нивото на пасивна безопасност на подвижния състав. Пример в тази област е разработването на метална пяна, чиито основни предимства са затворените пори, ниска плътност, отлична способност за поглъщане на енергия, висока специфична твърдост, негоримост, намалена електрическа и топлопроводимост, добро механично и акустично затихване и рециклиране [27].

5. ВЪЗМОЖНИ РЕШЕНИЯ ЗА ОСИГУРЯВАНЕ НА ПАСИВНА БЕЗОПАСНОСТ ПРИ ЖЕЛЕЗОПЪТНИ ВОЗИЛА ЕКСПЛОАТИРАНИ В РЪБЪЛГАРИЯ

В експлоатираните железопътни возила у нас, като енергопоглъщащ елемент в отбивачните съоръжения, се използват различни елементи, но с най-голяма приложимост са металогумените пакети. Проучванията показват, че дори и при значително увеличаване на размерите им, необходимото повишено енергопоглъщане по съвременните изисквания на железопътните возила не може да бъде постигнато.

Този факт води до необходимостта от използване на нов тип енергопоглъщащ елемент, гарантиращ достатъчно енергопоглъщане - 25% по-голямо от съществуващото реализирано в конструкциите ТОС, като същевременно има дълготрайност съизмерима с експлоатационният срок на железопътните возила и не изисква поддръжка по време на работа. Тенденции във вагоностроенето са прилагането на буфери категория

„С”, конструкции с еластomersи тип Tecs Pak или DUREL, производство на фирми MINER и DURECS.

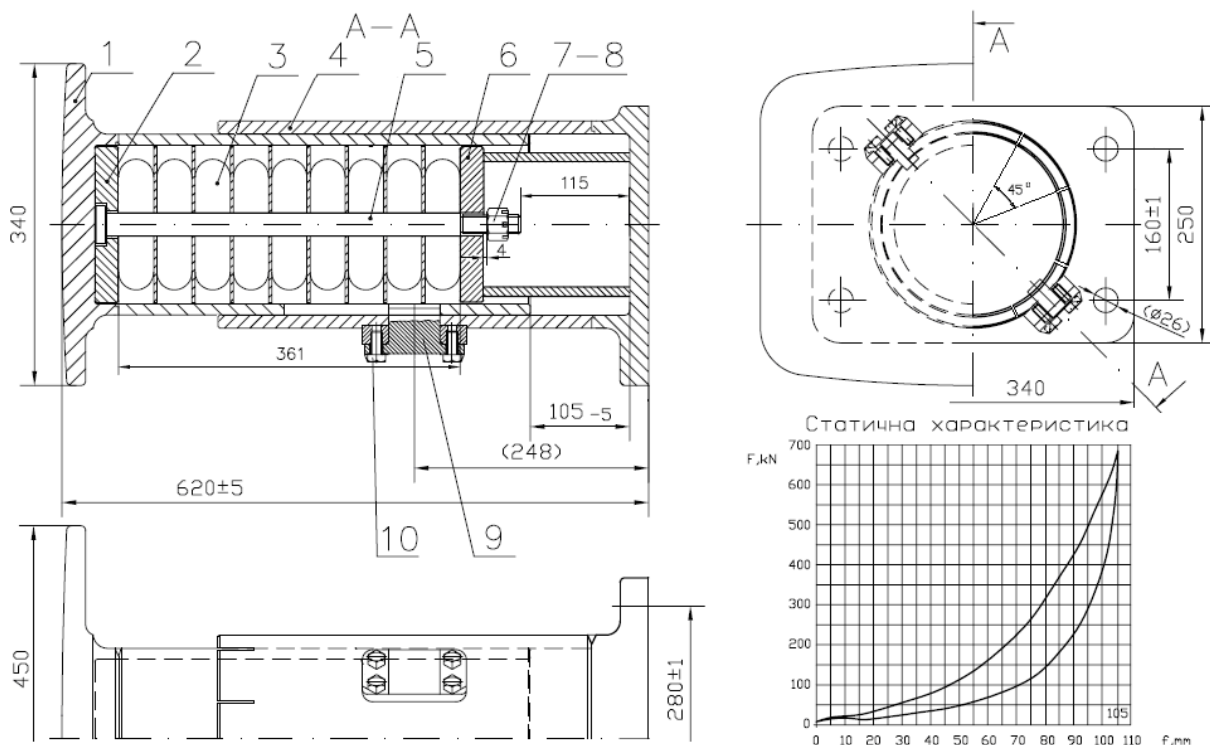
Съобразно сигурността на движението в съвременното железопътно производство е необходимо приложението на нова конструкция буфери с “crash” елементи, които предпазват от разрушение на вагонната или локомотивната конструкция от удари при скорост на движение над 12 km/h.

Възможно решение за осигуряване на пасивна безопасност при железопътни возила експлоатирани в РБългария е конструиране на буфер с енергопоглъщащ елемент с приложение на еластomersи тип Tecs Pak или DUREL, производство на фирми MINER или DURECS и “crash” елемент – външен цилиндър показан на фиг. 6.

Новата конструкция буфер е с основа конструкцията на буфер с еластomersи тип DURECS, конструират във вагостроителния завод ТРАНСВАГОН – БУРГАС през 2010 г. и ново конструиран външен цилиндър (позиция 4) като “crash” елемент.

Технически параметри:

- Изпълнява изискванията на UIC 526-3, EN 15551 и EN 15227-2020;
- Еластomersи тип DURECS – 9 бр.;
- Статична мека характеристика;
- Динамичен капацитет $W_{edyn} > 100$ kJ с ниски крайни сили;
- Максимална сила – 700kN;
- Максимален ход – 105 mm без включване на “crash” елемента.



Фиг.6. Буфер с еластomersи тип DURECS и “crash” елемент.

1-талер комплект; 2-вътрешна плоча; 3- еластомерен пакет тип DURECS; 4-външен цилиндър (“crash” елемент); 5-прът; 6-опорна чаша; 7 и 8- коронна гайка със шпленг; 9-осигурител; 10-болтова връзка.

Деформацията на буфера се състои от две фази:

- Еластична деформация, наблюдавана при удар със скорости под 12 km/h и сили не надвишаващи 1,5 MN;
- Еластична + пластична деформация с включване на “crash” елемента, при скорости над 12 km/h и сили над 1,5 MN.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЯ

В статията се разглеждат различни аспекти на системите за безопасност на железопътни возила, които отговарят на различни нормативни документи, като основната им цел е безопасно повишаване скоростите, превозените пътници, товари и плавност на хода.

Съответните аспекти и изисквания за пасивна безопасност на железопътни возила, са разработени в съответствие с европейския стандарт EN 15227-2020 и американския стандарт AAR S-580, предназначени за опазването на намиращите се в железопътни возила хора в случай на удар.

В публикацията са анализирани причините и процесите за възникнали, жп произшествия, както и регламенти и изисквания по безопасността в международния и вътрешния жп транспорт. Разгледани са различни решения и технически аспекти за осигуряване на пасивната безопасност при железопътните возила и предпоставките за възникване на железопътни произшествия.

Предложено е решение за осигуряване на пасивна безопасност при железопътни возила експлоатирани в РБългария чрез конструиране на буфер с енергопоглъщащ елемент с приложение на еластомери тип DUREL, производство на фирмата DURECS и “crash” елемент.

Новата конструкция буфер е с основа конструкция на буфер с еластомери тип DURECS, конструират във вагостроителния завод ТРАНСВАГОН – БУРГАС през 2010 г. и ново конструиран външен цилиндър като “crash” елемент.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Бяла книга „Пътна карта за постигането на Единно европейско транспортно пространство – към конкурентоспособна транспортна система с ефективно използване на ресурсите“ (COM(2011)0144) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/BG/TXT/?uri=CELEX%3A52011DC0144>
- [2] UIC 526-1 Товарни вагони. Буфери с ход 105 mm 3-то издание, Юли 2008
- [3] UIC 526-2 Товарни вагони. Буфери с ход 75 mm 1.во издание от 01.01.1981 и изменение №1
- [4] UIC 526-3 Товарни вагони. Буфери с ход 130 mm и 150 mm 3-то издание, Октомври 2008
- [5] EN 15227-2010
- [6] Кобищанов, В.В. Разработка устройств пассивной безопасности пассажирских вагонов / В.В. Кобищанов, Д.Я. Антипин, С.Г. Шорохов // Мир транспорта. 2015. № 2. С. 220-223;
- [7] Кодекс федерального регулирования 49CFR «Требования к конструкции кузова подвижного состава» http://ru.appszoom.com/iphone_applications/reference/49-cfrtransportation-title49-code-of-federal-regulations_digtg.html. (дата обращения: 12.10.2017);
- [8] EN 15551-2011 Железопътна техника. Железопътен подвижен състав. Буфери.
- [9] ГОСТ 32410-2013 Крэш-системы аварийные железнодорожного подвижного состава для пассажирских перевозок. Технические требования и методы контроля.
- [10] SAFETRAN project <http://www.safetran.com/about.htm>
- [11] Railway interoperable manufacture and modular safety (TRAINS SAFE) <https://cordis.europa.eu/project/id/G3RT-CT-2001-05056>

- [12] Иванов, А.В. Применение антиаварийных амортизирующих устройств в электропоездах/ А.В. Иванов, С.П. Солодков // ВестникВНИИЖТ. – М., 1976. – №1. – С.31-35
- [13] EN 12663- 12663-1:2010+A1:2015, Железопътна техника. Изисквания към конструкцията на кошете на железопътното превозно средство. Част 1: Локомотиви и пътнически подвижен състав (алтернативен метод за товарни вагони)
- [14] EN 15227-2008 +A1:2010: Railway applications - Crashworthiness requirements for railway vehicle bodies, 2008
- [15] EN 15227-2020: Railway applications - Crashworthiness requirements for railway vehicle bodies, 2020
- [16] Окончателни доклади от разследване на железопътно произшествие – удар. <https://www.mtc.government.bg/bg/category/183>
- [17] Солодков С.П. Прочность боковин главной рамы кузова локомотива при продольном статическом сжатии и ударе // Вестник ВНИИЖТ. – 1969. –№ 1. – С. 9–12
- [18] Иноземцев В.Г. Концепция проектирования кузовов пассажирского подвижного состава повышенной безопасности /Иноземцев В.Г., Бирюков И.В., Бондаренко М.И. //Железнодорожный транспорт. 1996. № 3. С. 3233.
- [19] Испытания подвижного состава на разрушение // Железные дороги мира. 1997. № 3. С. 40–42.
- [20] Испытания экипажной части электровоза под ударной нагрузкой /Карминский Д.Э., Евсюков В.П. // Труды Ростовского института инженеров железнодорожного транспорта. Вып. 51. – М.: Транспорт, 1965.– С. 5365
- [21] Энергопоглощающие буфера как средство защиты при столкновениях// Железные дороги мира. — 2010. — № 2 — С. 70-72;
- [22] Барышников, А.В. Целесообразность применения устройств поглощения энергии при различных скоростях соударения подвижного состава с препятствием / А.В. Барышников, Д.Г. Евсеев // Наука и техника транспорта. — 2019. — № 1 — С. 78-84;
- [23] Комбинированный буфер с деформируемым элементом // Железные дороги мира, 2002. — № 9. — С. 50-54;
- [24] Барышников, А.В. Повышение уровня пассивной безопасности подвижного состава / А.В. Барышников, Д.Г. Евсеев // Железнодорожный транспорт. — 2019. — № 8 — С. 56-58;
- [25] Metrolink (California) [https://en.wikipedia.org/wiki/Metrolink_\(California\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Metrolink_(California))
- [26] Обеспечение безопасности для изделий других производителей [Электронный ресурс].— Режим доступа: (дата обращения: 10.02.2018); http://resource.voith.com/vt/publications/downloads/1994_r_g1712_rus_2013-03.pdf.
- [27] Пассивная безопасность пассажирского подвижного состава //Железные дороги мира, 2007. — № 6. — С. 61-65

ASPECTS OF PASSIVE SAFETY OF RAILWAY VEHICLE IN COMPLIANCE WITH THE EUROPEAN STANDARD

Venelin Pavlov
vsuk_vp@abv.bg

*Todor Kableskov University of Transport,
158 Geo Milev Str., 1574, Sofia
THE REPUBLIC OF BULGARIA*

Key words: *Railway vehicles, railway accidents, collision, passive safety.*

Abstract: *The main technical solutions for the passive safety of railway vehicles in case of collision are developed at the time of design, construction, introducing in operation and operation itself through uniform safety regulations and requirements. In order to define and evaluate the crashworthiness requirements, it is necessary to establish collision scenarios in terms of collision speed, type and mass of potential obstacles.*

The safety systems of railway vehicles are considered in different aspects and in compliance with different regulation documents as their purpose is to safely increase the speeds, to increase the safety of transported passengers and cargo and the smoothness of running. The relevant aspects and requirements of passive safety of railway vehicles have been developed according to the European standard EN 15227 and the American standard AAR S-580 intended to protect people in railway vehicles in case of impact.

The paper analyses the causes and processes of rail accident occurrence as well as the safety regulations and requirements in international and domestic rail transport. Various solutions and technical aspects of ensuring passive safety of railway vehicles and the prerequisites of the occurrence of railway accidents have been examined.