



Совершенствование технических требований к системам пассивной защиты электропоездов



Сергей БЕСПАЛЬКО
Sergey V. BESPALKO

Михаил ГОРДЕЕВ
Mikhail A. GORDEEV



*Беспалько Сергей Валерьевич — доктор технических наук, профессор кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство» Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.
Гордеев Михаил Алексеевич — аспирант МИИТ, Москва, Россия.*

Improving Technical Requirements for Passive Protection Systems of Electric Trains

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p.235)

Проведен анализ межгосударственного стандарта «Аварийные крэш-системы железнодорожного подвижного состава для пассажирских перевозок», действовавших ранее норм, а также международного опыта подобных установочных документов, разработаны предложения по совершенствованию технических требований к системам пассивной защиты пассажирских поездов, включая и их стандартизированные варианты. Это сделано с учетом смоделированных авторами статьи сценариев аварийных столкновений подвижного состава.

Ключевые слова: железная дорога, пассажирский поезд, вагон, пассивная безопасность, нормы, стандарты, сценарии столкновения, крэш-система, аварийная ситуация, статистика, моделирование.

Одной из систем безопасности пассажиров и локомотивной бригады при аварийных столкновениях электропоездов являются устройства пассивной защиты головного вагона. При повышении скоростей движения поездов и увеличении пассажиропотока необходимы нормативные требования, осуществление которых обеспечивает должную эффективность подобным системам и стимулирует к ним внимание специалистов.

На протяжении многих лет этими вопросами занимались преимущественно зарубежные специалисты. К основным стандартам, содержащим нормы проектирования, следует отнести европейские EN12663:2000 [1], EN15227:200807 [2] и Кодекс федерального регулирования США 49CFR [3]¹.

В России с развитием высокоскоростного движения был разработан и введен в действие в качестве межгосударственного стандарта ГОСТ 32410–2013 «Аварийные крэш-системы железнодорожного подвижного состава для пассажирских перевозок» [4]. Однако он нуждается в совершенствовании. На основе проведенно-



Рис. 1. Предложения по совершенствованию действующего стандарта ГОСТ 32410–2013.

го анализа были уточнены его наиболее слабые позиции с точки зрения потребностей практики.

Основные пункты, которые нуждаются в существенной доработке, сведены в схему, изображенную на рис. 1.

В разделе 5 «Общие положения» п. 5.3 включает недостаточно полный перечень задач, решаемых крэш-системой. Следует дополнить этот пункт и изложить его в редакции документа [5].

Существенным упущением можно также считать отсутствие критериев оценки уровней защиты крэш-систем. Это опять же стоит восполнить материалами документа [5], введя дополнительный пункт 5.4.

Раздел 6 «Сценарии столкновения» содержит, с одной стороны, недостаточный набор сценариев, а с другой – чрезмерно обобщенную классификацию подвижного состава, включающую лишь две категории поездов – с конструкционной скоростью не более 160 км/ч и более 160 км/ч.

Из сценариев столкновений в межгосударственном стандарте [4] исключено лобовое столкновение с поездным составом, что затем мало обосновано в ответах на замечания при вводе документа в действие.

Между тем, статистика показывает значительное количество лобовых столкновений. Причем помимо пассажирского поезда в них участвовали и грузовые, тяжеловесные поезда (что лишь усиливает

важность введения данного сценария). Отметим следующие аварии:

– 20.05.2014 г., 12:32, перегон Бекасово I–Нара Киевского направления МЖД, Наро-Фоминский р-н Московской обл. – столкновение грузового поезда с пассажирским; 6 человек погибли, более 40 пострадали;

– 21.10.2014 г., 03:32, депо ТЧПРИГ-14, Лобня – столкновение электросекции со стоящим составом; пострадавших нет;

– 12.01.2013 г., 05:10, Слюдянский р-н Иркутской обл. на 5337 км Транссибирской магистрали – столкновение грузового поезда со встречным одиночным локомотивом; погибли 2 человека;

– 1.04.2002 г., Москва, у Ярославского вокзала – столкновение пассажирского поезда и маневрового тепловоза; ранены 22 человека;

– 27.12.2001 г., около 5 ч, станция Рузаевка Куйбышевской ж.д. – столкновение грузового состава с пассажирским поездом;

– 1.07.1998 г., 06:16, место стыка главного хода Киевского направления МЖД и соединительной ветви с Большим кольцом МЖД – столкновение самоходной щебнеочистительной машины сначала с одним электропоездом, затем уже лобовое – с другим; погибли 4 человека;

– 31.05.1996 г., перегон Тальменка–Литвиново Кемеровской ж.д. – столкно-



Условия сценариев столкновений

Тип поезда	Эксплуатационная скорость, км/ч	Сценарий 1	Сценарий 2	Сценарий 3	Сценарий 4	
		Скорость при столкновении, км/ч по центральной линии на расстоянии 750 мм от центральной линии			Статическая нагрузка, кН	
Пассажирский	до 120	36	72	36	60	50
Скорый	от 120 до 140	36	90	36	150	130
Скоростной	от 140 до 200	36	110	36	240	200
Высоко-скоростной	свыше 200	36	110	36	300	250

вление 4-х вагонов с цементом и электропоезда; погибли 18 пассажиров, 44 ранены;

– 20.07.1995 г., Горьковская ж.д., около Сергача (Нижегородская область) – столкновение двух встречных поездов: почтово-товарного и грузового; погибли 6 человек, 20 ранены.

Поэтому «лобовой» сценарий, как наиболее опасный, целесообразно ввести в стандарт, причем под первым номером.

Рассмотрим скорости движения, которые учитываются в сценариях аварийных соударений. При этом будем исходить из того, что машинист пассажирского поезда, двигавшегося с некоторой скоростью, замечает движение встречного состава (в лоб) по тому же пути или препятствие в виде вагона/автомобиля, стоящее на линии. Машинист применяет экстренное торможение, и поезд начинает замедлять движение. Причем скорость, которую он будет иметь в момент столкновения, зависит от начальной скорости, расстояния до препятствия при начале торможения и от величины замедления в режиме экстренного торможения.

Полагая движение поезда равнозамедленным и не учитывая продольных колебаний, время до столкновения и соответствующую скорость можно найти из решения следующей системы уравнений:

$$\begin{cases} V = V_0 - at; \\ S = V_0 t - \frac{at^2}{2}, \end{cases} \quad (1)$$

где V – скорость поезда в момент столкновения;

V_0 – скорость перед началом торможения;

a – замедление поезда;

t – время торможения до столкновения.

Отсюда скорость столкновения:

$$V = \sqrt{V_0^2 - aS}. \quad (2)$$

Для определения скорости (2) необходимо также знать параметры видимости для машинистов.

Ограничение видимости возможно из-за плохих погодных условий или движения по кривым участкам пути. Согласно инструкции по сигнализации, при видимости дневных сигналов остановки (из-за тумана, метели, дождя, снега) на расстоянии менее 1000 м, сигналов уменьшения скорости – менее 400 м, устанавливаются ночные сигналы.

Определим расстояние видимости при движении поезда по кривому участку. Минимально допустимый радиус кривой полагается равным 350 м. Кроме того, будем учитывать, что в кривом участке окружающие строения, деревья и другие предметы закрывают машинисту видимость. Их минимальное расстояние до оси пути ограничено габаритом приближения строений. Препятствие же на пути, которое должен увидеть машинист, отстоит от оси не менее чем на половину габарита подвижного состава.

Схема определения расстояния видимости показана на рис. 2. На нем обозначены: А – кабина машиниста движущегося электропоезда; В – препятствие на пути; С – выступающая часть внешних объектов (строений, леса и т.п.), загораживающих видимость в кривом участке пути; О – центр кривой.

С учетом минимальных размеров габаритов по данным ГОСТ 9238–2013 «Габа-

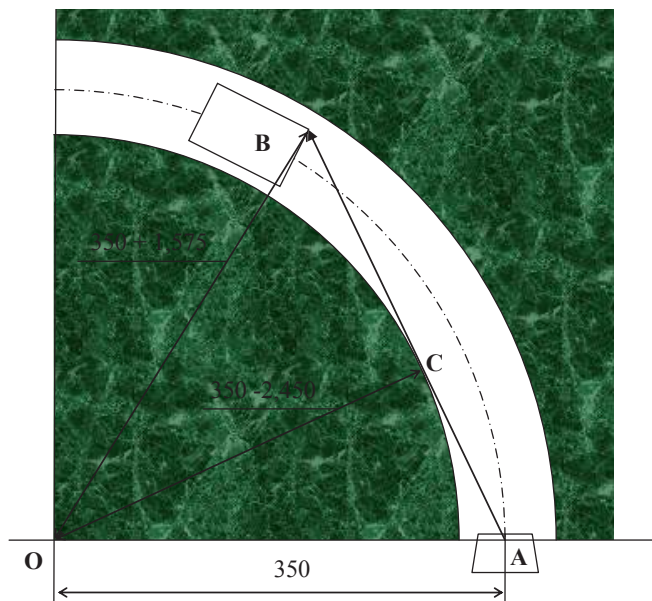


Рис. 2. Схема определения видимости.

риты железнодорожного подвижного состава и приближения строений» [7] получим следующее расстояние видимости:

$$S = \sqrt{350^2 - (350 - 2,450)^2} + \sqrt{(350 + 1,575)^2 - (350 - 2,450)^2} = 94,4 \text{ м.} \quad (3)$$

Из приведенных значений расстояния видимости при плохих погодных условиях и движении по кривому участку необходимо выбрать наименьшее значение, в данном случае — найденное по формуле (3).

Надо отметить, что при определении скорости при лобовом столкновении в формулу (2) следует подставлять половину расстояния видимости.

Для уточнения сценария аварийного столкновения на железнодорожном переезде с автомобилем (или другой машиной) рассмотрены возможные массы грузовых автомобилей в соответствии с [8], которые могут достигать 35 т. Следует также учитывать, что из общего парка автомобилей в России на 1 января 2013 года (50,5 млн шт) грузовые составляют около четверти — 11,8 млн (23,3%). Масса автомобиля 10 т в действующем стандарте, очевидно, не соответствует максимально допустимой, которую целесообразно увеличить до 35 т.

Наконец, требуется дополнительный сценарий соударения с неподвижным

низким препятствием, что предполагает возможную аварийную ситуацию при нахождении небольшого препятствия на переезде (легкового автомобиля, животного и т.п.).

Данное требование определяет параметры путеочистителя (метельника) и присутствовало в ранее действовавшем документе [5].

Что касается типов пассажирских вагонов, которые могут участвовать в сценариях столкновения, то пассажирские поезда по скорости движения классифицируются согласно ГОСТ Р 55434–2013 [9]. Поэтому и сценарии аварийных столкновений следует иметь для всех предусмотренных этой классификацией типов поездов.

Соответственно предлагается следующий перечень сценариев аварийных столкновений, указываемый в п. 6.2 стандарта [4]:

сценарий 1 — моделирует лобовое аварийное столкновение двух идентичных поездных составов;

сценарий 2 — моделирует аварийное столкновение на железнодорожном переезде с крупногабаритным грузовым автомобилем (или другой машиной) массой 35 т;

сценарий 3 — моделирует аварийное столкновение с грузовым вагоном (без буферов) массой 80 т;



сценарий 4 — моделирует аварийное столкновение на железнодорожном переезде с невысоким препятствием (например, легковым автомобилем, животным и др.).

Условия сценариев столкновений приведены в таблице 1.

Раздел 8 «Требования к устройствам поглощения энергии» тоже нуждается в коррекциях. В частности, полагаем, сюда из утратившего силу [5] следует добавить:

- допущения в дополнение к пункту 8.9;
- рекомендуемую последовательность срабатывания в дополнение к п. 8.13;
- критерии пассивной безопасности (в качестве п. 8.14);
- требование к размещению устройств поглощения энергии (в качестве п. 8.15);
- требование к конструкции кабины машиниста (в качестве п. 8.16);
- требование предусмотреть убирающееся сцепное устройство на головной единице ПС (в качестве п. 8.17).

По совокупным результатам исследования правомерен вывод, что существующих технических требований стандарта «Аварийные крэш-системы железнодорожного подвижного состава для пассажирских перевозок» недостаточно для обеспечения безопасности пассажиров и локомотивной бригады.

ЛИТЕРАТУРА

1. EN12663:2000 «Railway applications Structural requirements of railway vehicle bodies». [Электронный ресурс]. <http://www.normacs.ru/Doclist/doc/V8DJ.html>. Доступ 11.07.2015.

2. EN15227 Railway applications Crash worthiness requirements for rail way vehicle bodies. [Электронный ресурс]. <http://www.gostinfo.ru/catalog/Details/?id=4189399>. Доступ 07.07.2015.

3. Кодекс федерального регулирования 49CFR «Требования к конструкции кузова подвижного состава». [Электронный ресурс]. http://ru.appszoom.com/iphone_applications/reference/49-cfr-transportation-title-49-code-of-federal-regulations-digitg.html. Доступ 10.07.2015.

4. Межгосударственный стандарт ГОСТ 32410—2013 «Аварийные крэш-системы железнодорожного подвижного состава для пассажирских перевозок» от 01.07.2014 г. — М.: Стандартинформ, 2014. — 12 с. [Электронный ресурс]. <http://standartgost.ru/32410—2013>. Доступ 07.07.2015.

5. Распоряжение N820р «Об утверждении технических требований к системе пассивной безопасности подвижного состава для пассажирских перевозок железных дорог колеи 1520 мм» от 14.04.2010 г. М.: 2010. — 37 с. [Электронный ресурс]. <http://jd-doc.ru/2010/apr1-2010/6642-rasporyazhenie-oao-rzhd-ot-14-04-2010-n-820r>. Доступ 09.07.2015.

6. Национальный стандарт Российской Федерации «Требования к прочности кузова железнодорожного подвижного состава» ГОСТ Р 53076—2008. — 12 с. 7. «Габариты железнодорожного подвижного состава и приближения строений» ГОСТ 9238—2013. — 172 с. [Электронный ресурс]. <http://meganorm.ru/Index2/1/4293774/4293774998.htm>. Доступ 10.07.2015.

8. Постановление Правительства РФ от 9 января 2014 г. № 12 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросам перевозки тяжеловесных грузов по автомобильным дорогам Российской Федерации» (Приложение № 2). [Электронный ресурс]. <http://base.garant.ru/70558588/>. Доступ 09.07.2015.

9. Национальный стандарт Российской Федерации «Электропоезда» ГОСТ Р 55434—2013 от 01.01.2014. — 58 с. [Электронный ресурс]. <http://standartgost.ru/55434—2013>. Доступ 10.07.2015.

10. Технические требования к системе пассивной безопасности подвижного состава для пассажирских перевозок железных дорог колеи 1520 мм» от 20.12.2011 № 2740. [Электронный ресурс]. <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=EXP;n=525639>. Доступ 11.07.2015.

¹ В соответствии с данными Европейского комитета по стандартизации актуальными являются следующие версии упомянутых авторами стандартов: EN12663—1:2010+A1:2014. Railway applications — Structural requirements of railway vehicle bodies — Part 1: Locomotives and passenger rolling stock (and alternative method for freight wagons); EN12663—2:2010. Railway applications — Structural requirements of railway vehicle bodies — Part 2: Freight wagons; EN15227:2008+A1:2010 Railway applications — Crashworthiness requirements for railway vehicle bodies (http://standards.cen.eu/dyn/www/?p=204:32:0::: FSP_ORG_ID, FSP_LANG_ID:6237,25&cs=1B006FA5DC161D6A4FAD3D5A0DED08BB). В действующей редакции кодекса федеральных нормативных актов США указанные авторами нормы содержатся в разделе Title 49.Subtitle B. Chapter II. Part 231. Railroad safety appliance standards, например, в параграфе 49 CFR231.35 — Procedure for modification of an approved industry safety appliance standard for new railcar construction (<http://www.ecfr.gov/>; <https://www.law.cornell.edu/cfr/text/49/part-231>). — прим. ред.

Координаты авторов: **Беспалько С. В.** — bespalco@hotmail.ru, **Гордеев М. А.** — Mikhail_gordeev@bk.ru

Статья поступила в редакцию 22.12.2014, актуализирована 15.07.2015, принята к публикации 19.07.2015.

Статья подготовлена на основе материалов, представленных авторами на Международной научно-практической конференции «Конструкция, динамика и прочность подвижного состава», посвященной 75-летию со дня рождения В. Д. Хусидова (МИИТ, 20–21 марта 2014 года).

IMPROVING TECHNICAL REQUIREMENTS FOR PASSIVE PROTECTION SYSTEMS OF ELECTRIC TRAINS

Bespalko, Sergey V., Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.
Gordeev, Mikhail A., Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.

ABSTRACT

The analysis of interstate standard «Accident crash systems of railway rolling stock for passenger transportation», earlier applied standards, as well as international experience of similar regulations was con-

ducted, proposals to improve technical requirements for systems of passive protection of passenger trains were developed, including their standardized versions. This is done by taking into account scenarios of rolling stock emergency collisions simulated by the authors.

Keywords: railway, passenger train, car, passive safety, norms, standards, collision scenarios, crash system, emergency situation, statistics, modeling.

Background. One of the elements of safety systems of passengers and locomotive crews in emergency collisions of electric trains is provided passive protection devices of the head car. With increasing train speeds and an increase in passenger traffic regulatory requirements are necessary, the implementation of which provides adequate effectiveness of such systems, and encourages the attention of specialists to them.

Over the years, mainly foreign experts have been dealing with these issues. The basic standards containing design standards include European EN12663: 2000 [1], EN15227: 200807 [2] and the US Code of Federal Regulation 49CFR [3].

In Russia, with development of high-speed traffic has been developed and put into effect as the interstate standard GOST [state standard] 32410–2013 «Accident crash systems of railway rolling stock for passenger transportation» [4]. However, it needs to be improved. On the basis of the analysis its weakest positions were refined in terms of the needs of the practice.

Objective. The objective of the authors is to offer measures to improve technical requirements for passive protection systems of electric trains.

Methods. The authors use general scientific and engineering methods, simulation, comparative and legal analysis, evaluation approach.

Results. The main points that need substantial revision are summarized in the diagram shown in Pic. 1.

Section 5 «General Provisions»: p. 5.3 includes incomplete list of tasks solved by crash system. It is necessary to extend this paragraph and to present it in the wording of the document [5].

As a significant omission can also be considered a lack of criteria for evaluating the levels of protection of crash systems. This again is to be filled with materials of the document [5] by introducing an additional paragraph 5.4.

Section 6 «Collision scenarios» includes, on the one hand, insufficient set of scenarios, and on the other – too generalized classification of rolling stock, including only two categories of trains – with design speed not exceeding 160 km/h and over 160 km/h.

In the interstate standard [4] head-on collision with a train is excluded from collision scenarios that is hardly justified as many comments were made on that issue during the discussion before entering the document into action.

Meanwhile, the statistics shows a significant number of head-on collisions. Moreover, apart from passenger trains they involved freight, heavy trains (which only reinforces the importance of the introduction of this scenario). Let's note the following accidents:

– 20.05.2014, 12:32, haul Bekasovo I–Nara of

Kiev direction of Moscow Railways, Naro-Fominsk district, Moscow region. – Collision of a freight train with a passenger one; 6 people were killed and 40 were injured;

– 21.10.2014, 03:32, depot TCHPRIG-14, Lobnya – collision of electric multiple unit with a standing train; no injured;

– 12.01.2013, 05:10, Slyudyanka district of Irkutsk region, 5337 km of Trans–Siberian main line – collision of a freight train with an oncoming single locomotive; 2 people were killed;

– 01.04.2002, Moscow, near Yaroslavsky railway terminal – collision of a passenger train and a shunting locomotive; 22 people were injured;

– 27.12.2001, about 5 a.m., station Ruzaevka of Kuibyshev Railway – collision of a freight train with a passenger train;

– 01.07.1998, 06:16, the place of connection of the main run of Kiev direction of Moscow Railway and connecting branch with Big Ring of Moscow Railway – collision of a propelled ballast cleaner first with one electric train and then head-on collision with another; 4 people were killed;

– 31.05.1996, haul Talmenka–Litvinovo of Kemeroovo railway – collision of 4 cars with cement and an electric train; 18 passengers were killed, 44 were injured;

– 20.07.1995, Gorky Railway, near Sergach (Nizhny Novgorod region) – collision of two oncoming trains: postal-freight train and freight train; 6 people were killed, 20 were injured;

Therefore, «head-on» scenario as the most dangerous, should be introduced into the standard, under the first number.

Let's consider speeds, which are considered in scenarios of accidental collisions. We shall judge from the fact that the driver of the passenger train moving at a certain speed, notices movement of oncoming train (head-on) on the same track or an obstacle in the form of car / vehicle standing on the line. The driver applies emergency braking and the train begins to slow down movement. The speed that it will have at the time of collision depends on initial speed, distance to the obstacle at the start of braking and deceleration in emergency braking mode.

Assuming that the motion of the train is uniformly decreasing and not taking into account longitudinal vibrations, time to collision and the appropriate speed can be found by solving the following equations:

$$\begin{cases} V = V_0 - at; \\ S = V_0 t - \frac{at^2}{2}, \end{cases} \quad (1)$$

where V is train speed at the moment of collision;

V_0 is speed before braking;

a is train deceleration;

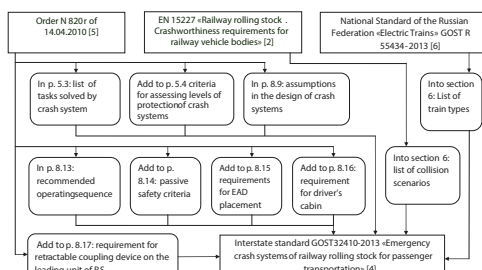
t is time of braking before collision.





Terms of collision scenarios

Train type	Operating speed, km/h	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4	
		Speed at collision, km/h on central line at a distance of 750 mm from a central line			Statical load, kN	
Passenger	up to 120	36	72	36	60	50
Express	from 120 to 140	36	90	36	150	130
Speeding	from 140 to 200	36	110	36	240	200
High-speed	above 200	36	110	36	300	250



Pic. 1. Proposals for the improvement of the existing standard GOST 32410-2013.

Hence, the speed of collision is:

$$v = \sqrt{v_0^2 - aS}. \quad (2)$$

To determine speed (2) it is also necessary to know visibility parameters for drivers.

Visibility limitation is possible because of bad weather or traffic on curved track sections. According to the instructions on signaling, with visibility of day stop signals (due to fog, snowstorms, rain, snow) at a distance of less than 1000 m, or of signals of speed reduction of less than 400 m, night signals are installed.

Let's determine visibility distance when a train moves on a curved section. The minimum allowable curve radius is assumed to be 350 m. In addition, we consider that in a curved section surrounding buildings, trees and other objects hinder driver's visibility. Their minimum distance to the track axis is limited to structural clearance. The obstacle on the track, that the driver should see, is spaced from the axis of at least half limit clearance.

Scheme of determining visibility distance is shown in Pic. 2. Notations on it: A – driver's cabin of a moving electric train; B – an obstacle; C – a protruding part of external objects (buildings, forests, etc.), blocking visibility in a curved section of the track; O – center of the curve.

Given the minimum size of limit clearances according to GOST 9238-2013 «Limit clearances of railway rolling stock and structural clearance» [7] we obtain the following visibility distance:

$$S = \sqrt{350^2 - (350 - 2,450)^2} + \sqrt{(350 + 1,575)^2 - (350 - 2,450)^2} = 94,4 \text{ m}. \quad (3)$$

From the values of the distance visibility in poor weather conditions, and driving on curved sections it is necessary to select the lowest value, in this case – found by the formula (3).

It should be noted that in determining speed in a head-on collision in the formula (2) it is necessary to insert a half of the visibility distance.

To clarify the emergency collision scenario at a railway crossing with a car (or other vehicle), the possible mass of trucks are considered in accordance with [8], which can reach 35 tons. It should also be borne in mind that of the total fleet of cars in Russia by 1 January 2013 (50,5 million pieces) trucks accounted for about a quarter – 11,8 million (23,3%). Vehicle weight of 10 tons in the existing standard, obviously, does not correspond to the maximum permissible, which it is advisable to increase to 35 tons.

Finally, an additional scenario of collision with a stationary low obstacle is required, which suggests possible emergency situation when a small obstacle is on at crossing (a passenger car, animal, etc.).

This requirement defines the parameters of track cleaner (cowcatcher) and was present in the previously existing document [5].

As for the types of passenger cars, which may be involved in collision scenarios, passenger train on speed are classified according to GOST R55434-2013 [9]. Therefore, the scenario of emergency collisions should be provided for all of train types according to this classification.

Accordingly, the following list of emergency collision scenarios, indicated in p. 6.2 of the standard, is offered [4]:

Scenario 1 – simulates head-on collision of two identical trains;

Scenario 2 – simulates emergency collision at a crossing with a large-sized truck (or other machine) weighing 35 tons;

Scenario 3 – simulates emergency collision with a freight car (without buffers) weighing 80 tons;

Scenario 4 – simulates emergency collision at a railway crossing with a low obstacle (e.g., passenger car, animals, etc.).

Terms of collision scenarios are summarized in Table 1.

Section 8 «Requirements for energy absorption devices» also need to be adjusted. In particular, we believe there from lapsed document [5] should be completed with:

- Assumptions in addition to p. 8.9;
- Recommended operating sequence in addition to p. 8.13;
- Passive safety criteria (as p. 8.14);
- Requirement for placement of energy absorption devices (as p. 8.15);
- Requirement for driver's cabin design (as p. 8.16);
- Requirement to provide for a retractable coupling device on the leading unit of RS (as p. 8.17).

Conclusion. In total the study justified the conclusion that existing technical requirements of the standard «Accident crash systems of railway rolling stock

for passenger transportation» is not enough to ensure safety of passengers and locomotive crews.

REFERENCES

1. EN12663: 2000. Railway applications. Structural requirement of railway vehicle bodies. [Electronic source]. <http://www.normacs.ru/Doclnt/doc/V8DJ.html>. Last accessed 11.07.2015.
2. EN15227. Railway applications. Crash worthiness requirements for rail way vehicle bodies. [Electronic source]. <http://www.gostinfo.ru/catalog/Details/?id=4189399>. Last accessed 07.07.2015.
3. The Code of Federal Regulation 49CFR. [Electronic source]. http://ru.appszoom.com/iphone_applications/reference/49-cfr-transportation-title-49-code-of-federal-regulations_digtg.html. Last accessed 10.07.2015.
4. Interstate standard GOST 32410–2013 «Accident crash systems of railway rolling stock for passenger transportation» of 01.07.2014 [Mezhgosudarstvennyy standart GOST 32410–2013 «Avarijnye krjesh-sistemy zheleznodorozhnogo podvizhnogo sostava dlja passazhirskih perezovozok» ot 01.07.2014]. Moscow, Standartinform publ., 2014, 12 p. [Electronic source]. <http://standartgost.ru/32410–2013>. Last accessed 07.07.2015.
5. Order N820r of JSC Russian Railways «On Approval of technical requirements for passive safety system of rolling stock for passenger transportation on railways of 1520 mm gauge» of 14.04.2010 [Rasporjazhenie N820r «Ob uverzhdenii tehnikeskikh trebovanij k sisteme passivnoj bezopasnosti podvizhnogo sostavdlja passazhirskih perezovozok zheleznyh dorog kolei 1520 mm» ot 14.04.2010 g.]. Moscow, 2010, 37 p. [Electronic source]. <http://jd-doc.ru/2010/aprel-2010/6642-rasporjazhenie-oao-rzhd-ot-14-04-2010-n-820r>. Last accessed 09.07.2015.
6. National Standard of the Russian Federation «Requirements for strength of railway rolling stock body» GOST R53076–2008 [Nacional'nyj standart Rossijskoj Federacii «Trebovanija k prochnosti kuzova zheleznodorozhnogo podvizhnogo sostava» GOST R53076–2008], 12 p.
7. Limit clearances of railway rolling stock and structural clearances. GOST 9238–2013 [«Gabarity zheleznodorozhnogo podvizhnogo sostava i priblizhenija stroenij» GOST 9238–2013], 172 p. [Electronic source]. <http://meganorm.ru/Index2/1/4293774/4293774998.htm>. Last accessed 10.07.2015.
8. Order of the Government of the Russian Federation of January 9, 2014 № 12 «On amendments to some acts of the Government of the Russian Federation on transportation of heavy goods by road of the Russian Federation» (Appendix № 2) [Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 9 janvarja 2014 g. № 12 «O vnesenii izmenenij v nekotorye akty Pravitel'stva Rossijskoj Federacii po voprosam perezovozki tjazhelovesnyh gruzov po avtomobil'nyh dorogam Rossijskoj Federacii» (Prilozhenie № 2)]. [Electronic source]. <http://base.garant.ru/70558588/>. Last accessed 09.07.2015.
9. National Standard of the Russian Federation «Electric Trains» GOST R55434–2013 of 01.01.2014 [Nacional'nyj standart Rossijskoj federacii «Elektropoezda» GOST R55434–2013 ot 01.01.2014], 58 p. [Electronic source]. <http://standartgost.ru/55434–2013>. Last accessed 10.07.2015.
10. Technical requirements for passive safety system of rolling stock for passenger transportation on railways of 1520 mm gauge of 20.12.2011 № 2740 [«Tehnikeskie trebovanija k sisteme passivnoj bezopasnosti podvizhnogo sostava dlja passazhirskih perezovozok zheleznyh dorog kolei 1520 mm» ot 20.12.2011 № 2740]. [Electronic source]. <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc; base=EXP; n=525639>. Last accessed 11.07.2015.

¹ According to the data of European committee for standardization, following versions of standards, mentioned by the authors, are valid: EN12663–1:2010+A1:2014. Railway applications – Structural requirements of railway vehicle bodies – Part 1: Locomotives and passenger rolling stock (and alternative method for freight wagons); EN12663–2:2010. Railway applications – Structural requirements of railway vehicle bodies – Part 2: Freight wagons; EN15227:2008+A1:2010. Railway applications – Crashworthiness requirements for railway vehicle bodies (http://standards.cen.eu/dyn/www/f?p=204:32:0::: FSP_ORG_ID, FSP_LANG_ID:6237,25&cs=1B006FA5DCF161D6A4FAD3D5A0DED08BB). Effective version of CFR comprises the regulations, mentioned by the author, under Title 49, Subtitle B. Chapter II. Part 231. Railroad safety appliance standards, e.g. in 49 CFR231.35 – Procedure for modification of an approved industry safety appliance standard for new railcar construction (<http://www.ecfr.gov/>; <https://www.law.cornell.edu/cfr/text/49/part-231>). – ed. note.

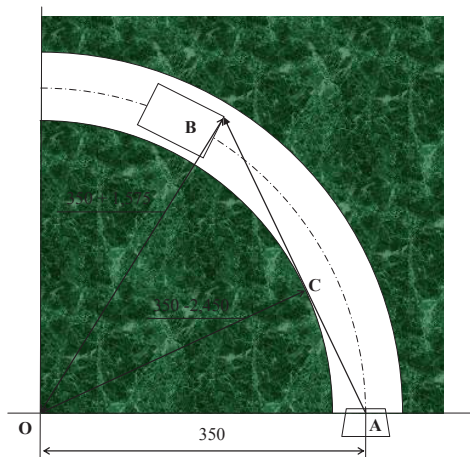
Information about the authors:

Bespalko, Sergey V. – D.Sc. (Eng.), professor of the department of Cars and cars facilities of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia, bespalco@hotmail.ru.

Gordeev, Mikhail A. – Ph.D. student of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia, Mikhail_gordeev@bk.ru.

Article received 22.12.2014, revised 15.07.2015, accepted 19.07.2015.

The article is based on the papers, presented by the authors at the International scientific and practical conference «Rolling stock's Design, Dynamics and Strength», dedicated to the 75th anniversary of V. D. Husidov, held in MIIT University (March, 20–21, 2014).



Pic. 2. Scheme of determining visibility.

