

Совершенствование локомотивов в соответствии с требованиями к безопасности при столкновениях

К моменту принятия решения о безопасном при столкновениях исполнении новых локомотивов серии 185, заказанных компанией DB Railion (и, соответственно, безопасном исполнении всех локомотивов семейства TRAXX производства Bombardier Transportation), пассивная составляющая безопасности подвижного состава как элемент системной безопасности достигла высокого уровня. Этому в немалой степени способствовали научно-исследовательские проекты SAFETRAIN и TRAINSAFE, а также разработка европейских стандартов.

В европейский регулирующий механизм входят новые требования к безопасности при столкновениях, которые соответственно приходится учитывать при разработке и конструировании подвижного состава. Когда грузовая компания DB Railion, входящая в состав холдинга железных дорог Германии (DBAG), принимала решение о конструктивном исполнении повторно заказываемых локомотивов серии 185 (рис. 1), обязательные требова-

ния по их безопасности при столкновениях отсутствовали. Тем не менее исходя из длительного срока службы железнодорожного подвижного состава было принято решение об исполнении, безопасном при столкновениях.

Возможное решение в пользу приобретения локомотивов в традиционном исполнении (серия 185) привело бы к потере их конкурентоспособности при введении в европейский регулирующий

механизм требований к локомотивам по безопасности при столкновениях; потребовалось бы также вносить соответствующие изменения в сопряженные технические устройства. Приняв решение о создании безопасных при столкновении локомотивов, обе стороны хотели использовать вытекающие из этого возможности: изготовитель — реализовать эффективные технологии, владелец — добиться значительной экономии затрат при ремонтных работах по устранению повреждений наряду с дальнейшим усилением защиты пассажиров и персонала.

Единственным на тот момент действующим документом, определяющим безопасность при столкновениях, была «Техническая спецификация совместимости от-



Рис. 1. Безопасный при столкновениях локомотив серии 185.2 (TRAXX F140AC2)

дельных частей подвижного состава трансъевропейского высокоскоростного железнодорожного сообщения» (TSI-HGV). Она относилась исключительно к жестко конфигурируемым высокоскоростным моторвагонным поездам для движения со скоростью до 250 км/ч по новым линиям. К тому же было известно, что в процессе пересмотра в этот документ должны быть включены поезда, ведомые локомотивами с максимальной скоростью 190 км/ч, и тем самым изменены некоторые условия, трудно реализуемые на локомотивах (в отличие от моторвагонных поездов).

Ситуация осложнялась и тем, что разработка европейского стандарта по безопасности при столкновениях вагонов, используемых в таких поездах, значительно задерживалась. В связи с этим изготовитель и владелец должны были позаботиться о том, чтобы с учетом постоянно происходящих изменений в области стандартизации концепция локомотивов TRAXX в отношении требований по безопасности при столкновениях не противоречила будущему регулирующему механизму. В конце концов можно было использовать результаты прежних исследований в этом направлении компании DB Systemtechnik, входящей в состав холдинга DBAG. Они в основном относились к рамочным условиям эксплуатации, а также к принципу эталонного поезда.

Рамочные условия эксплуатации по безопасности при столкновениях пассажирских поездов на локомотивной тяге

С введением обязательного европейского регулирующего механизма по безопасности в отношении столкновений железные дороги Германии, как и других европейских стран, не планировали в кратчайшие сроки заменять на-

дежный и современный по текущему состоянию техники традиционный подвижной состав на безопасный при столкновениях. Замена будет проводиться в рамках экономически целесообразного обновления парка. Такой образ действий соответствует невысокому риску столкновений на европейских железных дорогах. В дальнейшем железные дороги получат выгоду в виде снижения расходов, обусловленного, как доказано в проекте SAFETRAIN, защитным эффектом безопасных при столкновении локомотивов, которые будут использоваться в эксплуатации и с обычным подвижным составом. При поэтапном внедрении таких локомотивов соответственно будет повышаться пассивная безопасность пассажиров и персонала. Таким образом, практически неизбежная временная совместная эксплуатация традиционного и безопасного при столкновениях подвижного состава приведет к постоянному повышению уровня безопасности пассажиров.

Требования к безопасному при столкновениях исполнению железнодорожного подвижного состава являются функцией активной составляющей системной безопасности. В европейском регулирующем механизме эти требования должны учитывать риски, связанные с изменением областей применения подвижного состава. Это соответствует концепции безопасности DBAG, которые отдают предпочтение активной системной безопасности.

На базе европейского регулирующего механизма заказчики специфицируют условия, обеспечивающие безопасность при столкновениях, в технических требованиях к заказываемому подвижному составу. Это достаточно просто, если речь идет о моторных вагонах, моторвагонных поездах, используемых в постоянных составах локомотивах, вагонах с кабиной управления и пассажирских. Сложнее ситуация в отношении универсальных локомотивов, вагонов с

кабиной управления и пассажирских, включаемых в состав разных поездов.

Важная основа безопасности при столкновениях подвижного состава — превращение выделяющейся при этом кинетической энергии в контролируемую работу деформации определенных элементов или компонентов подвижного состава. Чтобы удерживать цены на подвижной состав в разумных границах, необходимо обеспечить оптимальное распределение выделяющейся энергии по составу. В принципе подобная оптимизация ведет к тому, что находящиеся в голове или хвосте поезда единицы подвижного состава должны воспринимать значительно более высокую долю энергии, чем расположенные между ними. По техническим и экономическим соображениям желательно, чтобы затраты на обеспечение безопасности при столкновениях для входящих в состав пассажирского поезда промежуточных вагонов были значительно ниже, чем для локомотива и вагона с кабиной управления (со стороны кабины).

Различие в величине энергии, поглощаемой концевыми единицами поезда и промежуточными вагонами, определяет некоторые характеристики закупок подвижного состава:

- желаемая безопасность пассажирского поезда при столкновении достигается только тогда, когда и локомотив, и вагоны отвечают соответствующим требованиям;
- необходимое высокое энергопоглощение концевыми единицами пассажирского поезда — дополнительный аргумент для включения в состав вагона с кабиной управления, так как в противном случае необходимо применять концевые вагоны других серий, второй безопасный при столкновении локомотив или устанавливать иные защитные устройства;
- для исполнения безопасных при столкновении локомотивов и вагонов с кабиной управления не-

обходимо определить конфигурацию эталонного поезда в соответствии с областью применения. Во избежание ограничения свободного применения такого локомотива в пассажирских и грузовых поездах конфигурацию эталонного поезда следует выбирать такой, чтобы для всех основных случаев применения обеспечивалась пропорциональная мера безопасности при столкновении.

В качестве основы для такой конфигурации DBAG приняли типовой, ведомый локомотивом региональный экспресс следующей составности: один вагон с кабиной управления (масса 53 т), четыре промежуточных (массой по 53 т), один электровоз (массой 82 т). При этом торцовые части промежуточных вагонов и вагона с кабиной управления поглощают по 0,7 МДж энергии столкновения.

Эталонный поезд для движения с допустимой скоростью до 160 км/ч был составлен из двухэтажных вагонов, в том числе вагона с кабиной управления Dosto-SW массой 52 т с 91 местом для сидения, двух промежуточных вагонов Dosto-MW массой 47 т (139 мест) и массой 49 т (107 мест), двух электровозов серии 146.1 массой 82 т.

Согласно EN 12663 в пригородных и челночных поездах расчетная масса одного пассажира принимается равной 70 кг, населенность — 50% имеющихся мест для сидения.

Чтобы сделать возможным применение электровозов для вождения поездов из обычных грузовых вагонов, было принято, что в поглощении энергии столкновения будет участвовать и сторона локомотива, смежная с вагонами. Это тем более полезно, так как даже в будущем грузовые вагоны только некоторых типов (например, вагоны-цистерны для опасных грузов) оснастят устройствами защиты.

Особенно выгодно такое решение для владельцев универсальных локомотивов, безопасных при стол-

кновениях, и компаний, выпускающих подвижной состав. В значительной степени унифицированные структуры кузова и компоненты локомотивов, например семейства TRAXX, являются предпосылкой приемлемых издержек производства и конкурентоспособности по эксплуатационным расходам.

Европейское регулирование обеспечения безопасности при столкновениях пассажирских поездов на локомотивной тяге

Для пассажирских поездов и локомотивов, включая серию 185.2, в будущем станет актуальным разработанный национальным ведомством по стандартизации проект европейского стандарта prEN15227 «Требования к устойчивости при столкновениях кузовов железнодорожного подвижного состава». К локомотивам семейства TRAXX, концепция столкновений которых используется и для пассажирских локомотивов серии 146, этот документ имеет прямое отношение. При максимальной скорости 190 км/ч и выше следует учитывать также требования спецификации TSI-HGV. Поскольку регулирующий механизм должен распространяться на локомотивы всех серий, выполнение будущих требований по безопасности при столкновении с локомотивами серии 185.2 можно показать на примере проекта европейского стандарта prEN15227.

Решающей в концепции столкновений всегда является максимальная скорость локомотива. При скорости минимум 160 км/ч определяющим для поглощения энергии структурами кузова локомотива является сценарий TSI-3, который описывает столкновение грузового автомобиля с локомотивом на железнодорожном переезде и относится ко всем видам подвижного состава, имеющим максимальную

скорость 160 км/ч. Поезда ICE или региональные экспрессы на большинстве европейских железных дорог должны следовать через обычные переезды со скоростью не более 160 км/ч.

Рассматриваемая концепция столкновений локомотивов семейства TRAXX и, следовательно, серии 185.2 должна быть отражена в регулирующем механизме. Для этого приложены основные требования проекта prEN15227:

- описание сценария столкновения;
- структурная характеристика (защита от напользания вагонов, контролируемое энергопоглощение, пространство для выживания/эвакуация, импульс столкновения и рельсоочиститель);
- доказательство безопасности при столкновении.

Концепция столкновений локомотивов семейства TRAXX

Поставленные цели

Технические требования, направленные на совершенствование локомотивов семейства TRAXX, определяют следующие цели:

- выполнение нормативных требований TSI-HGV (2002 г.), проекта SAFETRAIN и перспективных европейских норм по безопасности при столкновении;
- улучшенная защита машиниста;
- снижение расходов на ремонт после аварий.

Конструкторские рамочные условия

Чтобы сохранить преимущества локомотивов семейства TRAXX прежних поколений, при разработке концепции столкновений были приняты следующие конструкторские рамочные условия:

- длина локомотива не меняется;
- безопасность при столкновениях в значительной степени закла-

Таблица 1

Сопоставление требований TSI-HGV и prEN15227 по безопасности при столкновениях

Факторы и характеристики	TSI-HGV (2002 г.)	prEN15227 (апрель 2005 г.)
Область действия	Высокоскоростные моторвагонные поезда ($v_{max} \geq 250$ км/ч) на линиях трансъевропейской железнодорожной сети	Все категории железнодорожного подвижного состава Европы
Скорость столкновения	Установленные значения: TSI-1 — 36 км/ч TSI-2 — 36 км/ч TSI-3 — 110 км/ч	Номинальные значения в зависимости от категории подвижного состава и эксплуатационных рисков. Снижение скорости столкновения возможно при незначительной максимальной скорости подвижного состава или максимальной участковой скорости, тормозной способности более 1 м/с ² при экстренном торможении
Препятствие (по сценарию TSI-3)	Грузовой автомобиль массой 15 т в виде неподвижной массы с вертикальной плоскостью столкновения	Грузовой автомобиль массой 15 т в виде деформирующегося определенным образом препятствия
Допустимые деформации в кабине машиниста	Сценарий TSI-1 — отсутствие пластических деформаций, способных повлиять на безопасность машиниста локомотива Сценарии TSI-2 и TSI-3 — сохранение пространства для выживания минимальной длиной 750 мм позади пульта управления	Все сценарии (обычный случай) — сохранение пространства для выживания длиной и шириной минимум по 750 мм и высотой, равной 80 % первоначальной при положении машиниста сидя (среднее рабочее положение). Сохранение определенной конфигурации свободного пространства между сиденьем и пультом управления
Среднее ускорение в пространстве для выживания в кабине	Предельное значение 5g (для всех сценариев). Метод определения не оговаривается	
Минимальное энергопоглощение	6 МДж, из них 75 % на передней стороне головной единицы подвижного состава	Не регламентируется
Защита от напоззания	Требуются специальные устройства внутри поезда (без подробной спецификации)	Динамическое определение безопасности против напоззания — отсутствие поднятия всех колесных пар какой-либо тележки. При сценарии TSI-1 вертикальные перемещения менее 40 мм
Рельсоочиститель	Не регламентируется	Случаи статического нагружения (центрально/эксцентрично) и минимальное энергопоглощение сопряженных компонентов в зависимости от максимальной скорости подвижного состава
Проверка достоверности (доказательство)	Не регламентируется	Детальное описание способа проверки, определенные требования к эксперименту со столкновением и доказательное моделирование

дывается в существующие структуры (детали), минимизирована потребность в дополнительных объемах и массе;

- обеспечивается заменяемость крупных узлов (тележек, трансформатора, крыши и т. п.).

Требования европейских законов и стандартов к безопасности при столкновениях

Разработка концепции столкновений локомотивов TRAXX выполняется на основе введенной в действие в 2002 г. спецификации TSI-HGV, поскольку к моменту нача-

ла работ специальные требования еще не были приняты. Во время разработки проекта prEN15227 Bombardier и DBAG приложили все усилия для того, чтобы концепция столкновения обеспечивала наилучшее выполнение будущих требований (табл. 1).

Выполнение требований TSI-HGV по безопасности при столкновении локомотивов семейства TRAXX уже подробно рассмотрено. Далее представлены новые требования по проекту prEN15227 и их отражение в признаках концепции столкновений для локомотивов TRAXX.

Конструктивное исполнение концепции столкновения применительно к локомотивам TRAXX и препятствиям в широком диапазоне

Наиболее часто исполнение локомотива определяется действующим сценарием TSI-HGV (сценарий 3), т. е. столкновением с грузовым автомобилем на переезде. При максимальной скорости локомотива 150 км/ч скорость столкновения 110 км/ч обуславливает необходимость поглощения высокой доли энергии фронтальными структурами локомотива.

С момента ввода в действие TSI-HGV модель препятствия по этому сценарию часто оспаривалась. Критики считали, что сильно упрощенная модель не отражает реально ни возможность разворота препятствия, ни относительно высокое положение центра тяжести грузового автомобиля, ни его энергопоглощающую способность. Сторонники же указывали среди прочего на преимущество однозначных условий доказательств, хорошую сопоставимость результатов и невозможность отразить множество безрельсовых транспортных средств единственной реалистичной моделью.

При небольшой консольной части рамы перед кабиной машиниста в локомотивах и моторвагонных поездах важно гарантировать защиту машиниста при столкновении со свободно поворачивающимся препятствием, имеющим высокий центр тяжести. Исследования ряда реальных столкновений подтвердили целесообразность исполнения подвижного состава с учетом именно таких препятствий. Компания *Bombardier* выбрала в качестве дополнительного внутреннего препятствия разработанную ранее в Швеции двухцилиндровую модель, которая предъявляет высокие требования к прочности и энергопоглощению структур кабины машиниста по всей ее высоте. В соответствии с этими требованиями во фронтальной области кабины предусматривается массивное соединение из пересекающихся мощных горизонтальных и вертикальных балок, обладающих определенной жесткостью и возможностью адаптации к различным препятствиям, — так называемое защитное фронтальное соединение.

Одновременно в зависимости от тяжести столкновения стремились добиться такого распространения от фронтальной части локомотива деформирования, которое гарантирует оптимальную защиту маши-

ниста, а также наилучшее сохранение путей выхода и эвакуации. В качестве дополнительного, экономически важного достоинства для владельца можно было рассматривать возможность ступенчатого ремонта.

При таком решении энергопоглощение осуществляется тремя ступенями прогрессирующего контролируемого деформирования:

- боковые буфера с эластомерными пружинящими элементами — энергопоглощение более 0,06 МДж на один конец локомотива для нормальных эксплуатационных нагрузок и маневровых соударений;

- крепящиеся на болтах снаружи перед буферным брусом структурные сминаемые элементы EST DUPLEX G1.AI — около 1,7 МДж на один конец локомотива при столкновении с другой единицей подвижного состава;

- определенные деформирующиеся зоны в передней части кабины — более 3 МДж в зависимости от сценария столкновения с тяжелым препятствием, например грузовым автомобилем.

Значительная часть энергии поглощается наружными сминаемыми элементами EST DUPLEX G1.AI, обладающими высокой энергопоглощающей способностью и прочностью при минимальной собственной массе. Такое исполнение обеспечивает поглощение выделяющейся по сценариям TSI-1 и TSI-2 энергии без заметных деформаций каркаса кузова.

Для локомотивов семейства TRAXX разработаны различные конструкторские решения, обусловленные концепцией столкновений:

- противоподъемные устройства (защита от напользания) для традиционного подвижного состава, имеющего боковые буфера, устанавливаются на торцах локомотива и препятствуют большим вертикальным перемещениям, которые могут привести к напользанию при столкновениях; согласно реко-

мендациям SAFETRAIN они должны выдерживать вертикальные нагрузки до 150 кН;

- массивное фронтальное защитное соединение, интегрированное в структуру кабины управления и состоящее из противотаранной поперечной балки под лобовым стеклом (минимальная статическая продольная нагрузка 700 кН), поперечной балки над лобовым стеклом (минимальная статическая продольная нагрузка 300 кН) и двух угловых оконных стоек с определенной жесткостью и оптимизированным энергопоглощением при изгибе;

- антипроникающая стенка, закрывающая фронтальную поверхность между буферным брусом и противотаранной балкой перед пультом управления, выполнена из специальной высокопрочной вязкой стали и защищает персонал в кабине, например, от проникновения острых обломков;

- задняя часть кабины (минимальная длина 750 мм) между входными дверями и машинным отделением предназначена для размещения персонала. Это так называемое пространство для выживания защищено от заметных пластических деформаций в условиях столкновений по сценариям. Дополнительные элементы жесткости кабины перед входными дверями препятствуют распространению деформаций в пространство для выживания перед окончательным истощением ресурсов структуры сминаемых зон. Возможность выхода из кабины и входа в нее сохраняется в случае самых тяжелых столкновений;

- установка пульта управления и обоих сидений на интегральной несущей раме улучшает защиту машиниста моторвагонного поезда в тех случаях, когда он не смог покинуть кресло непосредственно перед столкновением. Запатентованная *Bombardier* и DBAG конструкция интегральной несущей рамы исключает опасность блокирования машиниста на сиденье

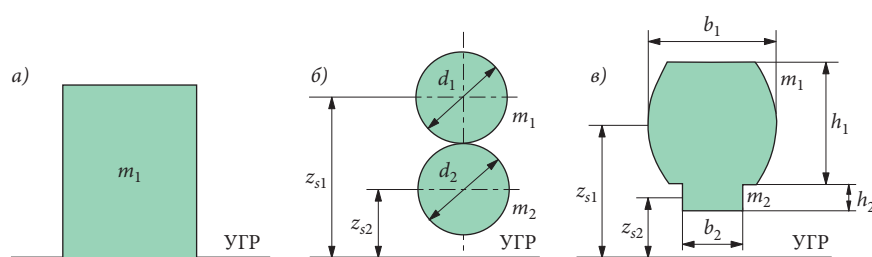


Рис. 2. Модели различных препятствий:

а — жесткая стенка по TSI-HGV (2002 г.); б — двухцилиндровое препятствие; в — деформирующийся грузовой автомобиль по prEN 15227

при деформировании окружающих структур;

- комбинированные снего- и рельсоочистители, расположенные на обоих торцах локомотива, снижают риск схода с рельсов, так как благодаря повышенной прочности позволяют сбрасывать препятствие с рельсов (эффект отражения), а при более высоких нагрузках контролируемо деформируются и дополнительно поглощают энергию удара.

Доказательство исполнения сценария столкновения по TSI-HGV (2002 г.) и PrEN15227

Исследуя процесс столкновения на тонко структурированной модели по методу конечных элементов с несколькими ступенями оптимизации, можно получить деформационную характеристику.

Деформации по сценариям TSI-1 и TSI-2 в значительной степени могут быть ограничены наружными деформируемыми элементами структуры и отдельными навесными деталями. В результате исключаются угрожающие безопасности укорочение кабины или критические деформации ее внутреннего пространства. В этом отношении лимитирующие значения по TSI-

HGV даже выше параметров деформаций при особенно важном для обычных пассажирских и грузовых перевозок сценарии TSI-2.

Вследствие высокой энергии столкновений при сценарии TSI-3 возникают контролируемые деформации предусмотренных зон продольных балок в передней части кабины машиниста. Однако благодаря тому, что полностью сохраняется пространство для выживания в задней части кабины, а также наличию интегральной несущей рамы риск травматизма для машиниста моторвагонного поезда весьма незначителен.

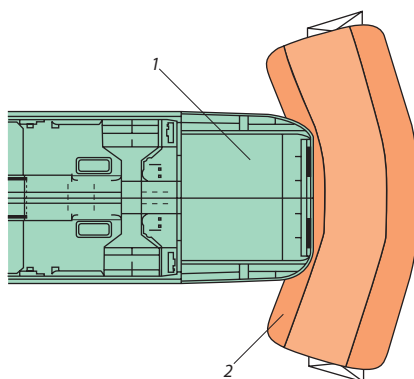


Рис. 3. Контакт деформирующегося препятствия (грузового автомобиля) по prEN15227 с высокопрочной фронтальной поверхностью локомотива TRAXX (вид сверху):

1 — структура локомотива; 2 — деформированное препятствие

При сценарии 3 по prEN15227 величины поглощаемой структурой локомотива энергии значительно меньше предусмотренной TSI-HGV (2002 г.). Высоко расположенный центр тяжести и свобода поворота деформирующегося препятствия в виде грузовика (рис. 2, а) предъявляют высокие требования к адапционному фронтальному защитному соединению. Деформационные характеристики, полученные при двухцилиндровом препятствии (рис. 2, б), свидетельствуют о том, что даже в случае препятствия с высоко расположенным центром тяжести силы, воздействующие на локомотив выше нижней рамы кабины машиниста (противотаранная защита), отклоняются и не влияют на пространство для выживания. Это защитное действие надежно достигается и для относительно более тяжелых, но имеющих меньшую внутреннюю жесткость препятствий типа грузового автомобиля по prEN15227 (рис. 2, в). Примечательна при этом высокая степень деформирования препятствия (рис. 3), что объясняется большой площадью его соприкосновения с несущими структурами локомотива TRAXX. Следовательно, адапционное фронтальное защитное соединение имеет большой запас прочности.

Продольные балки и боковые стенки машинного отделения имеют особую жесткость и во всех сценариях столкновений не испытывают критических деформаций, т. е. гарантируют надежное пространство для выживания. Размеры и масса различных препятствий приведены в табл. 2., данные о продолжительности столкновения и распределении энергии при нем в слу-

Таблица 2

Размеры и масса различных препятствий

№ рис.	$b_1, d_1, \text{мм}$	$h_1, \text{мм}$	$b_2, d_2, \text{мм}$	$h_2, \text{мм}$	$m_1, \text{Т}$	$m_2, \text{Т}$	$z_{s1}, \text{мм}$	$z_{s2}, \text{мм}$	$m_{\Sigma}, \text{Т}$	$z_{\text{цт}}, \text{мм}$
3, а	—	—	—	—	8	—	—	—	8	—
3, б	1000	—	1000	—	6	5	2000	1000	11	1545
3, в	2100	2000	1000	400	9,4	5,6	2200	1000	15	1750

Примечание. Величина m_{Σ} — суммарная масса; $z_{\text{цт}}$ — расстояние до центра тяжести модели.

Таблица 3

Данные о столкновениях локомотивов TRAXX с различными препятствиями (скорость столкновения 110 км/ч)

Модель препятствия, эквивалентная грузовому автомобилю массой 15 т	Масса, т	Продолжительность столкновения, мс	Энергия столкновения, МДж	Распределение энергопоглощения, доля локомотива/доля препятствия	Среднее ускорение g
Жесткая стенка по TSI-HGV (2002 г.)	8	85	3,4	100/0	—4,6
Двухцилиндровое препятствие (Bombardier, внутреннее исполнение препятствия)	11	98	4,6	100/0	—4,4
Деформирующийся грузовой автомобиль (по prEN15227)	15	147	6	30/70	—4,4

чае различных препятствий показаны в табл. 3.

При моделировании деформаций кузова локомотива TRAXX для различных сценариев столкновений получены следующие экспериментально подтвержденные результаты:

для сценариев TSI-1, TSI-2 по TSI-HGV —

- отсутствует заметное укорочение кабины машиниста;
- не изменяется внутреннее пространство, двери не повреждены;
- деформации в машинном отделении отсутствуют;
- среднее значение ускорения меньше 5g;

для сценария TSI-3 по TSI-HGV —

- контролируемая ограниченная деформация передней части кабины;
- сохраняется пространство для выживания (больше 750 мм) в задней части кабины, дверные проемы не повреждены;
- деформаций задней кабины и двери нет;
- машинное отделение имеет незначительные, локально ограниченные деформации;

для сценариев EN-1, EN-2 по проекту стандарта prEN15227 —

- отсутствует заметное укорочение кабины машиниста;
- внутреннее пространство не изменяется, двери деформаций не имеют;
- среднее ускорение меньше 5g;

для сценария EN-3 по проекту стандарта prEN15227 —

- наблюдается контролируемая ограниченная деформация передней части кабины машиниста;

- сохраняется пространство для выживания (больше 750 мм) при сохранении минимум 80% исходной высоты в задней части кабины; дверные проемы не повреждены;

- конфигурация свободного пространства между пультом управления и контуром сиденья сохраняется, т. е. гарантируется невозможность защемления машиниста;

- задние кабина и двери не повреждены;

- машинное отделение не повреждено;

- среднее ускорение менее 5g.

Приведенные ранее критерии концепцией столкновений локомотивов TRAXX полностью выполняются.

Проверка достоверности

Проект стандарта prEN15227 содержит точные данные для проверки правильности использованных моделей и методов расчета (см. табл. 1). В рамках проверки деформационного поведения структур кабины машиниста в локомотиве семейства TRAXX в мае 2003 г. на полигоне Научно-исследовательского центра Польши (CNTK) был проведен натурный эксперимент, обеспечивший точное сравнение результатов моделирования и практики. Параметры эксперимента ориентированы на сценарий TSI-3.

В ходе эксперимента реализовано поглощение энергии 4,5 МДж, т. е. выполнены и даже превзойдены требования prEN к степени деформирования. Испытания показали достаточно высокую степень совпадения результатов, полученных при столкновении и реализованных при моделировании.

Выводы

Локомотивы семейства TRAXX создавались с 2001 по 2004 г. параллельно с разработкой первого европейского механизма регулирования безопасности при столкновениях железнодорожного подвижного состава. Предложенная концепция предусматривает защитный эффект при столкновениях с различными препятствиями, перекрывающий требования появившегося позже проекта стандарта prEN15227. Это достигнуто в основном благодаря способности конструкции отклонять без недопустимых деформаций подвижного состава усилия от препятствия типа грузового автомобиля большой массы с относительно высоко расположенным центром тяжести. В проект этого стандарта заложены высокие требования в отношении доказательства и экспериментального подтверждения эффективности примененного метода защиты.

W. Wolter et al. Eisenbahningenieur, 2005, № 9, S. 61–68.