



Рис. 5. Станция Кросневице железной дороги KtKD

Первый грузовой поезд по KtKD прошел в декабре 2003 г., самым крупным клиентом здесь является сахарный завод в Бжеце-Куявском, который получает уголь и кокс и отправляет очищенный сахар. По линии также перевезено около 200 т зерна.

Летом 2005 г. SKPL восстановила 400 м пути на участке Топола — Ленчица, планировала продолжить ремонт до Озоркува, чтобы начать перевозки туристов в 2006 г.

### Финансовые результаты компании

Финансовые результаты деятельности компании далеки от желаемых. Основным источником доходов являются грузовые перевозки, арендная плата за недвижимость и организация чартерных поездов, поскольку местные пассажирские перевозки убыточны. Несмотря на то что закон обязывает власти воеводств субсидировать региональные пассажирские перевозки и запросы малых компаний невелики, финансирование пока получает только крупная компания — Przewozy Regionalne PKP.

Маловероятно, что в перспективе отношение к узкоколейным железным дорогам изменится радикально. Отсутствие интереса со стороны местных властей не способствует развитию потенциала таких сообщений. В политических кругах не находит понимания факт, что подобные железные дороги привлекают туристов, решают задачи транспортного обслуживания местного населения и, кроме того, представляют интерес как памятники ретротехники.

A. Gibek, P. Peszek. *Railway Gazette International*, 2005, № 12, p. 789 — 790.

## Конструкция кузова локомотивов семейства TRAXX

*Для локомотивов TRAXX последнего семейства, созданных в развитие серии 185, компания Bombardier Transportation разработала новую структуру кузова в модульном исполнении. Разработка системно ориентирована на перспективные требования, особенно в отношении безопасности при столкновениях. Кузов создан на базе облегченных конструкций и оптимизирован для серийного производства.*

В 1998 г. в рамках дополнительного договора с железными дорогами Германии (DBAG) о разработке и поставке электровозов серии 185 и на базе действовавшего в тот период основного договора на поставки электровозов серии 145 компания Bombardier Transportation взяла на себя обязательство в течение восьми лет оснащать изготовленные ею и поставленные на сеть DBAG электровозы крупными конструктивными узлами, созданными на базе последних достижений техники.

В 2003 г. с DBAG был заключен отдельный договор на поставку ряда оптимизированных модулей:

системы управления торможением, тяговых преобразователей на биполярных транзисторах с изолированным затвором (IGBT), новых преобразователей для питания вспомогательных устройств. Ими должны были оборудовать электровозы, имеющие номера с 201 по 400. Это явилось значительным инновационным скачком в области электрического оборудования локомотивов.

В связи с возможным принятием Европейской комиссией, Европейским комитетом по стандартизации и Европейским научно-исследовательским центром SAFETRAIN новых требований по обеспечению безопасности при столкновениях подвижного состава в январе 2003 г. с DBAG было дополнительно согласовано решение о реализации ориентированной на перспективу концепции нового каркаса кузова со встроенными сминаемыми элементами. Эта концепция была разработана компанией Bombardier Transportation в начале 2001 г. Новый каркас предполагалось применять на локомотивах серии 185 одновременно с внедрением новых электрических и тормозных устройств.



Рис. 1. Многосистемный локомотив TRAXX F140 MS (фото: Bombardier)

Благодаря компактности тягового преобразователя на транзисторах IGBT оказалось возможным построить современный многосистемный электровоз, не удлиняя его кузов. В процессе полной переработки структуры кузова, кроме того, впервые была предпринята попытка создать единую платформу (механическую часть) для локомотивов различного исполнения на базе технических решений, реализованных на локомотивах серий 101, 145, 185 и 146. Эта платформа должна была стать в будущем базой для всех локомотивов семейства TRAXX компании Bombardier Transportation как с электрическим, так и с дизель-электрическим приводом.

Первым локомотивом с новым кузовом стал многосистемный электровоз Re 184 Федеральных железных дорог Швейцарии (SBB), презентация которого состоялась в мае 2004 г. (рис. 1).

### Цели разработки

Технические требования на новый кузов были тщательно проанализированы, что позволило согласовать их с требованиями по обеспечению безопасности при столкновениях со специфическими для локомотивов геометрическими граничными услови-

ям, требованиями к тяговым возможностям, массе и уровню затрат.

Необходимо было учесть все возможные в перспективе требования европейских железных дорог. Bombardier Transportation согласовала с компанией DB Systemtechnik, входящей в состав холдинга DBAG, все вопросы, касающиеся безопасности при столкновениях, особенно находящиеся в процессе международного уточнения, например, по концепции безопасных выходов.

При разработке технических требований на новый кузов решающими были следующие аспекты:

- надежность при столкновениях — выполнение действующих и будущих положений Технической спецификации по совместимости систем (TSI) и европейских стандартов; обеспечение отдельной защиты для машиниста; ремонтпригодность;
- соответствие требованиям международного допуска;
- совместимость всех крупных компонентов (трансформаторов, секций крыши, аккумуляторных батарей, тележек и т. п.) с кузовом электровоза серии 185.1;
- общая механическая часть для локомотивов различного исполнения — грузовых и пассажирских для пригородных перевозок, оснащенных, например указателями станции назначения и устройствами управления дверями вагонов поезда; для постоянно-

**Реализация проекта «Структура кузова локомотивов TRAXX, обеспечивающая безопасность при столкновении»**

Рабочий этап	Содержание рабочего этапа
Подготовка проекта	Структурирование задач; создание комплексной бригады специалистов, компетентных в следующих областях: ноу-хау механических конструкций кузова и тележек локомотивов, интеграции, эргономики, техники безопасности, статистики, безопасности при столкновениях, электротехники, пневматики, а также закупок, менеджмента качества, международных согласований, подготовки производства и использования опыта эксплуатации локомотивов у клиентуры
Анализ ситуации	Уточнение и анализ исходной конструкции, выявление слабых мест, обобщение опытных данных по производству и монтажу, выявление источников затрат
Установление требуемого состояния	Разработка внутренних спецификаций, определение проектных нагрузок
Разработка решений	Поиск возможностей снижения массы конструкций, уменьшения издержек, экономии монтажных объемов; разработка нескольких альтернативных конструкторских решений, их оценка
Выбор решений	Оценка предлагаемых проектов по массе объектов, расходам, затратам на разработку, рискам; определение степени выполнения технических требований, выбор вариантов, составление соответствующей документации
Реализация решений	Рабочее проектирование с одновременной подготовкой производства, разработка жесткого графика работ

го, переменного тока или многосистемных; с электрическим и дизель-электрическим приводом;

- оптимизация конструкции в отношении качества, безопасности движения и затрат на изготовление;

- максимально возможная безопасность, обеспечиваемая при запуске в производство, и минимальное число последующих изменений, вносимых в конструкцию в процессе серийного производства;

- облегченная конструкция, не ухудшающая безопасность при столкновении, пригодная для универсального применения, в том числе и в многосистемном исполнении, и выполненная с учетом динамических воздействий, величины вертикальной и поперечной сил в контакте, степени износа локомотива и пути;

- большие резервы прочности, рассчитанные с учетом нагрузок при двойной тяге в сочетании с допустимыми по условиям эксплуатации максимальными тормозными силами, обеспечивающие безопасность

машиниста и устраняющие риски по прочности при столкновениях, применимые к условиям трансальпийских сообщений в Швейцарии и Австрии;

- высокая надежность и удобство эксплуатации — эргономически оптимизированные форма и расположение подножек и поручней; неизменившаяся длина кузова; выполненный в одном уровне переход из кабины в машинное отделение.

### **Принятая методика**

#### *Системное конструирование с использованием функционально-стоимостного анализа*

При проектировании требовалось, с одной стороны, использовать технические нововведения, относящиеся к обеспечению безопасности при столкновении, а с другой — учесть имеющийся опыт и исходить из возможностей серийного производства.

Тщательная конструкторская проработка базировалась на обширном опыте проектирования и производства; особое внимание уделялось беспрепятственному внедрению нового каркаса кузова в серийное производство. Для этого необходимо было выработать системный и чисто структурный порядок действий. В данном случае оказалась пригодной методика, известная с 1980-х годов, — функционально-стоимостный анализ, позволяющий добиться высокой степени точности и ведущий, как правило, к заметно меньшей цене ошибок.

Этапы реализации проекта «Структура кузова локомотивов TRAXX, обеспечивающая безопасность при столкновении» представлены в таблице.

#### *Интеграция концепции обеспечения безопасности при столкновении*

Для интеграции этой концепции в перерабатываемую конструкцию из-за отсутствия должного опыта и необходимости получения знаний о еще неизвестных взаимодействиях был выбран метод Hermeneutische Zirkel, разъясняющий сложные процессы или понятия с помощью более простых. Этот метод, применяющийся в философии, может быть целенаправленно использован в технике в тех случаях, когда в системы со сложными взаимодействиями нужно вводить новые элементы.

Образ действий при этом может быть описан как попеременное расширение и сужение угла зрения, что позволяет идентифицировать и понять новые взаимодействия. Существенные параметры могут отличаться от второстепенных, их следует выявить и использовать в качестве регулирующих элементов в комплексной системе.

В рассматриваемом проекте нормально функционирующим структурным частям локомотива следо-

вало придать способность в случае столкновения деформироваться в задаваемой степени. Однако в этом процессе будут интенсивно взаимодействовать деформируемые элементы с недеформируемыми, а также структурные составляющие кузова с оборудованием — сиденьями, окнами, дверями, кондиционерами, пультом машиниста и т. д. Характер таких взаимодействий к началу проектирования был практически неизвестен и непредсказуем; какой-либо опыт в этом отношении отсутствовал, и его нужно было приобрести.

Существовало также принципиальное противоречие целей, обусловленных статическим и динамическим воздействием основных нагрузок: для обеспечения безопасности при столкновении следовало стремиться, с одной стороны, к максимально высокой прочности и созданию ее резерва, а с другой — к заданной деформируемости, начинающейся с определенного порога нагружения.

Поведение при статическом нагружении самонесущей монококовой конструкции каркаса кузова, типичной для европейского локомотивостроения, изучено достаточно хорошо. Современные методы расчета позволяют точно согласовать параллельно действующие силы и получить равномерно нагруженную структуру. Однако в случае столкновения при начинающейся локальной пластической деформации направление нагружения внезапно изменяется. При этом неизвестно, остаются ли стабильными соседние, по-разному нагруженные структуры, или же они теряют устойчивость и деформируются.

Характер распространения деформации при этом становится решающим фактором при определении устойчивости конструкции. Начавшаяся деформация может привести к выпучиванию и излому компонентов каркаса, состоящих из плоских панелей и балок. Оптимальное общее поведение каркаса при деформации достигается лишь при правильном согласовании напряженного состояния и предела устойчивости деталей. Искусство проектировщика заключается в том, чтобы целенаправленно понизить порог начала выпучивания или излома, определяющих пределы стабильности отдельных структурных групп, желательная деформация которых должна произойти в заданной последовательности и одновременно исключить нестабильность структуры в целом.

При использовании метода *Hermeneutische Zirkel* это осуществляется взаимной оптимизацией выбранных структурных групп на малых математических моделях и контролем их общего поведения в большой модели, попеременными расчетами поведения структур под статическими нагрузками и при столкновении с сохранением заданного характера деформирования. Полученные результаты проверяют моделированием и экспериментами. При этом не

только рассматривают предусмотренные стандартами сценарии столкновений, но и постоянно проверяют стабильность деформационной характеристики и пригодность ее для разных случаев столкновений: с тяжелым автопоездом, легковым автомобилем или животным. Таким образом, достигался защитный эффект для широкого спектра возможных аварийных ситуаций, далеко выходящих за рамки минимальных стандартных требований.

Методом *Hermeneutische Zirkel* были проверены следующие моменты:

- экспериментальные защитные устройства (в ходе исследования поведения материала при ударном нагружении);
- экспериментальный наезд локомотива на препятствие с использованием реального каркаса кабины, в то время как для остальных элементов каркаса кузова предусматривался упрощенный вариант с согласованными массой, положением центра тяжести и жесткостью ходовой части;
- конструктивная развязка кресла машиниста с конструкцией каркаса кабины, исключающая возможность травмирования машиниста при деформации передней части пола;
- устройство, удерживающее пульт управления при деформации кабины и исключающее возможность зажатия машиниста между пультом и креслом;
- устройство в лобовой части кабины V-образного разветвления главной воздушной магистрали во избежание прекращения воздухообеспечения при сплюсывании трубы в результате столкновения.

### Концепция устройств защиты при столкновениях

#### *Сминаемые и защитные зоны*

Для приемлемой интеграции системы, обеспечивающей безопасность при столкновении, в существующую конструкцию каркаса необходимо правильно разместить сминаемые зоны, воспринимающие энергию столкновения, и защитные зоны, в пределах которых персонал при столкновениях не подвергается опасности. На ранних стадиях разработки было установлено, что наиболее целесообразно лобовую часть кабины выполнить как сминаемую зону, а заднюю — как защитную (рис. 2).

На первый взгляд такое решение противоречит соображениям безопасности машиниста, так как его кресло, расположенное по продольной оси локомотива, частично оказывается в зоне деформации. Однако в действительности же эта концепция наилучшим образом отвечает требованиям международной спецификации по совместимости при высокоскоростном движении (TSI-HGV) и обеспечивает все условия для аварийной эвакуации.



Рис. 2. Лобовая часть локомотива платформы TRAXX

В большинстве случаев машинист может своевременно оценить возможность столкновения, выполнить соответствующие операции (нажать кнопку аварийного отключения, включить торможение и пескоподачу, опустить токоприемник, дать сигнал тревоги с помощью тифона) и перейти в машинное отделение. Последнее представляет собой защитную зону, сохранение целостности которой в случае столкновения является важнейшим требованием при конструировании.

Для обеспечения возможности выхода машиниста и доступа спасателей четыре двери и их рамы в проемах тоже должны иметь высокую степень жесткости, чтобы после столкновения двери свободно открывались. Таким образом, встраиваемые элементы системы обеспечения безопасности при столкновениях, зоны машинного отделения и двери локомотива TRAXX должны обладать высокой прочностью и жесткостью, гарантирующими их незначительные повреждения, что одновременно снижает затраты на ремонт.

Для исключительных случаев, например при столкновении в условиях экстремально плохой видимости, когда машинист не успевает покинуть свое место, должна быть предусмотрена максимальная защита от зажатия его между пультом и креслом. Для этого предусмотрен массивный, перекрывающий

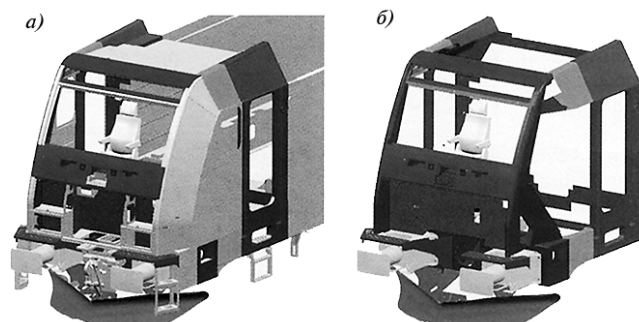


Рис. 3. Пространственное расположение элементов, обеспечивающих безопасность при столкновении, в общей структуре (а) и в каркасе кузова (б)

всю переднюю часть кабины, так называемый адаптивный защитный блок из жестких вертикальных и горизонтальных профилей, который способен выдержать силовое воздействие, возникающее при столкновении с препятствием.

Проемы между балками внизу закрыты стенками из высокопрочной стали; вверху проникновению деформированных элементов препятствует высокопрочное лобовое стекло со средней стойкой. Оно выдвинуто вперед на 80 мм (по сравнению с исходным положением на локомотиве серии 185.1). Это создает большой дополнительный объем, повышает энергопоглощающую способность, улучшая защитную функцию.

Пульт машиниста и оба кресла смонтированы на промежуточной несущей раме, что значительно снижает опасность зажатия машиниста при деформации окружающих его конструкций.

Адаптивный защитный блок передает действующие на него при столкновении силы на специальные сминаемые зоны нижних и верхних балок. Таким образом, нагрузки постоянно распределяются вокруг дверных проемов.

От опирания защитного блока на боковые стенки и передачу на них нагрузок преднамеренно отказались, что позволило в максимальной степени исключить деформации этих стенок и сохранить оконные и дверные проемы в качестве запасных выходов. Эта конструкция запатентована компанией Bombardier Transportation.

Расположением сминаемых и защитных зон обусловлен наружный дизайн локомотива семейства TRAXX. Так, его кондиционер установлен внизу перед защитной стенкой и вынесен за пределы кабины (рис. 3). Это дополнительно обеспечивает безопасность при столкновении, поскольку в случае разрушения кондиционера внутрь кабины не попадает его рабочая жидкость. Кроме того, при нормальных условиях эксплуатации в кабине снижается уровень шума.

Расположенный над буфером блок (см. рис. 3) предназначен для защиты от деформации при подъеме локомотива и одновременно используется для крепления ступенек подножки.

#### Заменяемые компоненты системы обеспечения безопасности при столкновениях

Обширные предварительные исследования по выбору комбинированных буферных и сминаемых элементов, выступающих за пределы каркаса кузова, были начаты в 1999 г. При этом пользовались следующими критериями отбора:

- фланцы элементов располагаются в плоскости крепления фланцев сцепных приборов, т. е. на расстоянии 1100 мм за плоскостью сцепки;

- минимальное энергопоглощение на обоих концах локомотива — по 1 МДж;
- незначительная масса;
- хорошая интегрируемость в концепцию обслуживания, совместимость с расположением воздушных магистралей, электрических и пневматических соединений, доступность сцепных приборов.

В итоге был выбран комбинированный элемент типа DUPLEX G1.A1, разработанный компанией EST Eisenbahn-Systemtechnik и имеющий особо благоприятное соотношение энергопоглощения и собственной массы. Он состоит из двух частей:

- буфера G1, обладающего гасящими и защитными функциями и имеющего деформируемую (необратимую) и недеформируемую (обратимую) ступени;
- блока A1 — сминаемой буферной консоли.

При моделировании столкновения благодаря высокой прочности выбранных элементов в сочетании с высокопрочной структурой локомотива TRAXX были получены значения энергопоглощения до 2 МДж, что намного выше номинальных. Следующее достоинство этих элементов — возможность размещения на плоскостях промежуточных фланцев системы штекеров электрической магистрали поезда и электропневматического тормоза, а также кранов главной воздушной магистрали и линии воздушного резервуара. Они располагаются в плоскости монтажа обычного буфера, благодаря чему достаточно просто обеспечивается совместимость с существующими стандартами на их расположение.

#### Технические данные элементов G1 и A1 системы EST DUPLEX

Общая строительная длина, мм. . . . .	1100
Общая величина сминаемого участка, мм. . . . .	около 700
Глубина погружения в буферный брус, мм. . . . .	0 – 170
Энергопоглощающая способность на один локомотив, МДж. . . . .	2 × 1,7
Масса одного узла, кг. . . . .	280

Для выполнения требований по снегоочистке, предъявляемых скандинавскими странами, и будущих европейских требований по прочности разработан новый комбинированный снегоочиститель, который можно регулировать по высоте. Он опирается на высокопрочную несущую часть, закрепленную непосредственно на фронтальном защитном блоке. Благодаря контролируемой упругости снегоочистителя гарантируется оптимальная защита в отношении схода с рельсов.

#### Конструкция, ориентированная на производство

Конструкция нового кузова локомотива была ориентирована на высокое качество изготовления его каркаса с затратами, обеспечивающими конкурентоспособность. Для этого при ее разработке, с одной стороны, учитывалась возможность использования

существующего оборудования и технологической оснастки, с другой — применение современных методов производства.

Необходимое согласование условий производства и принятой конструкции обеспечивалось постоянным обменом информацией между компаниями-изготовителями и разработчиками. Использование комплексных компонентов, полученных гибкой листового материала, а также мероприятия по оптимизации позволили заметно уменьшить число узлов, общую длину сварных швов и число деталей, привариваемых к несущим элементам каркаса кузова.

Особо высокую оценку получила точно рассчитанная и безупречно выполненная сварная часть конструкции, которая после сварочно-технических испытаний, проведенных в Миндене компанией DB Systemtechnik, входящей в состав холдинга железных дорог Германии (DBAG), была допущена к производству.

Наряду с соблюдением всех формальных предписаний и действующих регулирующих механизмов большое значение придавалось обеспечению нечувствительности разрабатываемой конструкции к незначительным дефектам производства, снижению внутренних напряжений за счет уменьшения усадки при сварке, а также сокращению объема рихтовочных работ.

В качестве примера можно привести передающую тяговое усилие балку, одновременно используемую для крепления трансформатора (рис. 4). Этот динамически нагружаемый узел при сохранении всех сопряжений с тележкой и трансформатором имеет развязку между передаваемой силой тяги и массой трансформатора, благодаря чему снижаются пики напряжений в сварных швах, особенно по их концам. Для крепления трансформатора использовали сквозные болты, что повышало надежность соединения, позволяло вести сборку в заданном поле допусков и улучшало технологичность монтажа.

Тщательная оптимизация и системный подход при конструировании позволили выявить и устранить места излишней концентрации металла, а значит, снизить массу кузова и затраты на него. В качестве материала кузова использована классическая конструкционная сталь S355J2G3 (St52). Для некоторых узлов кузова использовали также стали с мелкозернистой структурой. Толщина всех стенок оптимизирована по прочности и жесткости.

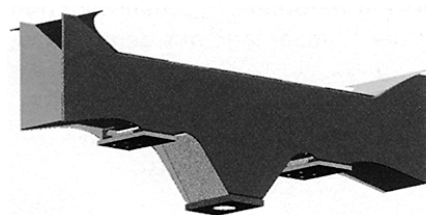


Рис. 4. Балка крепления тягового трансформатора

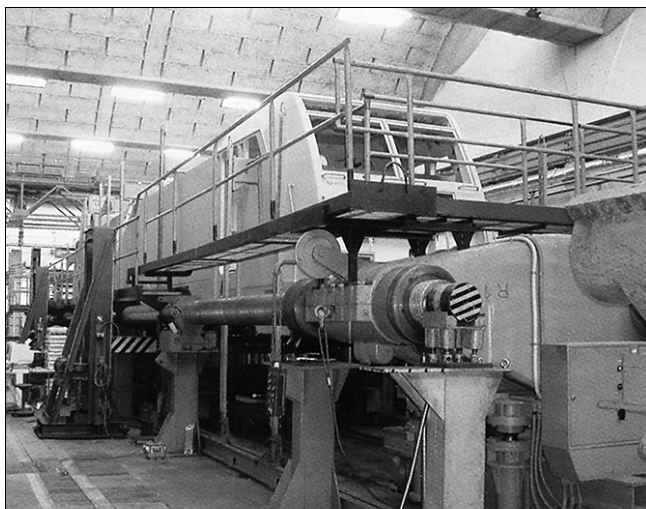


Рис. 5. Испытание на сжатие каркаса кузова усилием 2000 кН на стенде компании Rail System Testing (RST)

Типичным примером такого подхода является конструкция боковых стенок кузова. Они должны быть легкими, иметь поверхность хорошего качества, достигаемого по возможности без рихтовки, и высокий резерв устойчивости при столкновениях. Для наружной облицовки используется лист толщиной 2,5 мм вместо прежнего толщиной 3 мм. Положение, форма и способ присоединения ребер жесткости были согласованы на разных уровнях. Для проверки практической реализуемости изготовили несколько образцов стенок.

Значительное улучшение процесса производства достигнуто в результате применения новой последовательности сборки основных узлов каркаса кузова.

Прежняя последовательность:

- 1-й этап — изготовление цельной нижней рамы;
- 2-й — установка кабины;
- 3-й — монтаж боковых стенок.

При этом происходило смещение плоскостей стыков, что требовало неоднократных затрат на выправку и подгонку.

Новая последовательность:

- 1-й этап — сборка кабины машиниста и узла буферного бруса нижней рамы в так называемый фронтальный сегмент;
- 2-й — установка этого сегмента на нижнюю раму;
- 3-й — монтаж боковых стенок.

В этом случае кабина и относящиеся к буферному брусу детали нижней рамы могут быть изготовлены как подузлы, и плоскости их стыков при заключительной сборке каркаса не смещаются (не перекашиваются). Такая последовательность сборки, кроме того, соответствует технологии ремонта лобовой части локомотива после тяжелых столкновений. Контур листов облицовки фронтального сегмента получают, применяя лазерный раскрой, а устойчивость облицовки гарантируют высокопрочные защитные зоны, окружающие дверные проемы.

## Концепция ремонта после столкновений

Локомотивы в целом испытывают столкновения чаще, чем другой подвижной состав. При этом вследствие концентрации на локомотиве дорогостоящего оборудования, к сожалению, часто возникают большие повреждения, приводящие к длительным простоям в ремонте. В связи с ростом рисков аварий на стадии концептуальной проработки была поставлена цель значительно повысить эксплуатационную готовность локомотивов семейства TRAXX даже после этих случаев. На базе концепции многоступенчатого энергопоглощения при столкновениях, которая сначала определялась только целями обеспечения безопасности при столкновениях, в последующем была разработана новая концепция ремонтов.

Для оценки экономичности ремонта по согласованию с DBAG был создан типовой сценарий столкновения, согласно которому электровоз с новым, а затем со старым кузовом наезжал со скоростью 20 км/ч на неподвижный вагон. При этом от новой концепции кузова ожидают снижения ремонтных расходов на 90 %, не считая экономии, обусловленной более быстрым возвращением в эксплуатацию поврежденного локомотива.

## Активная безопасность, охрана труда и испытания

Безопасность управления локомотивом, т. е. активная безопасность, является важной составляющей интегральной концепции безопасности устойчивых к столкновениям локомотивов семейства TRAXX. Она может в значительной степени способствовать предотвращению несчастных случаев. В связи с этим большое внимание уделяли расположению устройств управления, их доступности и надежности функционирования. Особые меры безопасности предусмотрены в зоне сцепки и лобовой части локомотива.

Одновременно были созданы оптимальные предпосылки для осуществления мероприятий по охране труда. К первоочередным из них относятся следующие:

- эргономически оптимизированное и отвечающее действующим стандартам расположение соединительных элементов воздушных магистралей и электрических линий;
- увеличенные по площади подножки, встроенные в защищающие при столкновении структуры;
- удобные и эргономичные рукоятки, поручни для сцепщика, оформленные согласно Инструкции по предотвращению несчастных случаев;
- бесступенчатый, расположенный на одном уровне с полом переход из кабины машиниста в машинное отделение;

- в перспективе интегрированная в конструкцию кузова видеокамера заднего обзора;
- хорошая шумо- и теплоизоляция;
- низкий уровень шума в кабине благодаря выводу из нее кондиционера.

Для того чтобы определить риски, связанные с многочисленными конструкторскими и производственными новшествами, и разработать меры по их снижению, были проведены испытания широкого спектра. Так, дополнительно к испытанию на статическое сжатие (рис. 5) проведено экспериментальное столкновение с препятствием фронтального сегмента, по конструкции близкого к серийному (рис. 6).

Для монтажных и эргономических исследований построен полностью оборудованный макет кабины машиниста. В Скандинавии во время снегопада проведены испытания нового рельсоочистителя типа Nordland.

### Перспективы

Новый кузов локомотива разработан на основе принципиальных новшеств, внесенных в электрическую часть, и европейских требований к безопасности при столкновениях. Впервые кузов одинакового исполнения использован для грузовых и пассажирских электровозов, в том числе двух- и четырехсистемных. Эта платформа может быть применена также для всех будущих локомотивов семейства TRAXX компании Bombardier Transportation. Новый кузов имеет высокую степень конструкторской и производственно-технологической оптимизации.

Кроме того, предполагается, что могут быть созданы новые варианты локомотивов, например осна-



Рис. 6. Фронтальный сегмент кабины после экспериментального столкновения в испытательном центре Жмигруд компании CNTK в Польше

щенные дизель-генератором при сохранении неизменной значительной части компонентов.

Возможно дальнейшее повышение активной и пассивной безопасности для обслуживающего персонала, снижение затрат на эксплуатацию.

Локомотивы TRAXX с кузовами повышенной прочности эксплуатируются следующими железнодорожными компаниями:

- DBAG — 20 локомотивов TRAXX F140 AC2;
- SBB — 18 локомотивов TRAXX F140 MS;
- DB Regio, (земля Баден-Вюртемберг), — 27 локомотивов TRAXX P160 AC;
- региональные компании LUS и LNUB — 12 локомотивов TRAXX P160 AC.

*M. Löber et al. Elektrische Bahnen, 2004, № 8/9, S. 334 – 344.*

*Вам нужна*

*эффективная*

**реклама?**

**Звоните в редакцию журнала «Железные дороги мира»,**

**МЫ ПОМОЖЕМ ВАМ.**

**Телефон: (495) 317-55-65. E-mail: zdm@css-rzd.ru**