



Центр научно-технической информации и библиотек
– филиал ОАО «РЖД»

Дифференцированное Обеспечение Руководства

56/2023

Поглощение энергии при столкновении двух составов с локомотивами: испытание системы из двух ударно-поглощающих механизмов (США)

В улучшении статистики безопасности железнодорожного транспорта важную роль играет снижение рисков травм и вероятности смертельного исхода при столкновении поездов – как для пассажиров, так и локомотивных бригад. В связи с этим в США под руководством Федеральной железнодорожной администрации (FRA)¹ организована соответствующая исследовательская программа по повышению безопасности движения. В ее рамках было проведено испытание со столкновением двух составов, один из которых был оборудован специальными устройствами, препятствующими вдавливанию (рис. 1).



Рис. 1. Пример вдавливания одного состава в другой

Как правило, в ходе вдавливания (telescoping/overriding) рама головной единицы одного подвижного состава врезается в корпус (а не в раму, т.е. проходит выше нее, приподнимаясь) головной единицы другого состава, приводя к серьезному разрушению последнего – происшествия данного типа связаны как с увеличением материальных потерь, так и с повышенным риском летальных исходов.

¹ За исследование отвечает Департамент исследований, разработок и технологий при FRA.

Цель исследования – демонстрация эффективности новых компонентов (специальных ударно-поглощающих механизмов), препятствующих вдавливанию одного состава в другой, в части повышения ударопрочности локомотивов при столкновениях различных типов (столкновение с другим локомотивом, головным вагоном моторвагонного подвижного состава или с грузовым вагоном).



Рис. 2. Локомотивы EMD F40PH со специальными защитными устройствами (справа) и без

Испытание было проведено в августе 2022 г. в Национальном центре транспортных систем им. Джона Э. Волпи в Пуэбло, штат Колорадо. В ходе этого мероприятия столкнулись два состава, ведомые тепловозами EMD F40PH. У одного (рис. 2) из локомотивов были смонтированы 2 устройства, поглощающие энергию столкновения (crash energy management, СЕМ): автосцепка с поглощающим аппаратом (push-back coupler, PBC) и деформирующееся устройство, препятствующее приподнятию корпуса/рамы подвижного состава при столкновении (deformable anti-climber, DAC). Отмечается (рис. 3), что поезд с двумя пассажирскими вагонами М1 и локомотивом, оборудованным устройствами СЕМ, находился в движении, в то время как второй состав (локомотив без устройств СЕМ и с двумя вагонами-хопперами) был неподвижен.

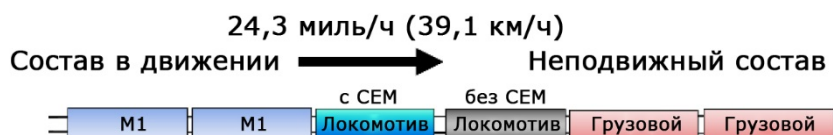


Рис. 3. Схема двух составов, задействованных в испытании

Необходимо было определить эффективность устройств СЕМ в части контроля вектора нагрузки (усилия), поглощения энергии столкновения и предотвращения приподнятию подвижного состава, а также продольному прогибу получившейся системы «состав в движении – неподвижный состав». Скорость на момент столкновения составила 21 миль/ч (33,79 км/ч), а фактическая скорость состава в испытании – 24,3 миль/ч (39,1 км/ч).

Скорость столкновения 21 миль/ч была выбрана исследователями в целях соблюдения определенных условий:

- необходимо привести в действие поглощающий аппарат РВС, а также обеспечить его полное сжатие;
- необходимо обеспечить передачу энергии (посредством столкновения) от РВС к подвижному крепежу (sliding lug);
- необходимо добиться отказа срывных болтов и последующего смещения подвижного крепежа;
- необходимо, чтобы устройство DAC поглотило как минимум 50% (т.е. 300 килофунт-сила-футов² или около 407 кДж) от установленного показателя 600 килофунт-сила-футов (около 813 кДж).

Устройства СЕМ разработаны таким образом, чтобы единицы подвижного состава максимально соприкасались друг с другом, попутно поглощая энергию столкновения. Это минимизирует продольный прогиб и приподнятие в результате неконтролируемого разрушения.

При скорости столкновения, превышающей рабочую скорость автосцепки, должна происходить определенная последовательность действий. Деформационная балка в составе РВС подвергается перманентной деформации при усилении 670 килофунт-сил³ (около 2980 кН). Затем у балки активируется возвратный механизм с тем же усилием, который поглощает значительное количество энергии. При выработке поглощающего ресурса обратная сторона головки РВС врезается в переднюю часть подвижного крепежа, что вызывает повышение нагрузки до 1100 килофунт-сил (около 4893 кН) и приводит к отказу 12 срывных болтов. В результате подвижный крепеж смещается назад на 10 дюймов (25,4 см) в «карман» поглощающего аппарата. До выработки РВС поглощающего ресурса устройство DAC врезается в элемент конструкции немодифицированного локомотива (без устройств СЕМ), препятствующий приподнятию. При отказе срывных болтов нагрузка полностью смещается с РВС на устройство DAC, которое, в свою очередь, продолжает контролироваться деформироваться, поглощая дополнительную энергию столкновения.

Исследователи оборудовали измерительными датчиками (в том числе – высокоскоростными камерами с высокой разрешающей способностью) сами локомотивы и предварительно испытанные в симуляции компоненты, чтобы измерить продольное, поперечное и вертикальное ускорения компонентов,

² Килофунт-сила-фут (ft-kip или kip-ft) – единица энергии и работы в США. Аналог кгс·м (килограмм-сила-метр). 1 килофунт-сила-фут = около 138 кгс·м = 1355,818 Дж.

³ Килофунт-сила (kip) – единица силы в США. Аналог кгс (килограмм-сила). 1 килофунт-сила = около 453 кгс = 4,44822 кН.

смещение автосцепок и других концевых структур, а также степень напряжения поверхности ключевых структурных компонентов в определенной зоне.

Устройства СЕМ успешно удержали оба состава при столкновении на едином векторе без схода с рельсов и приподнятия/вдавливания. Решения полностью справились с задачей, заложенной в них при проектировании (требовалось контролируемое смещение подвижного состава и деформация). Моделирование методом конечных элементов, проведенное после испытания (в дополнение к моделированию перед испытанием), показало результаты, близкие к реальным.

Ход поглощающего аппарата РВС составил 21 дюйм (53,34 см), объем поглощенной энергии – около 1080 тыс. килофунт-сила-футов (около 1464,283 кДж). При этом подвижный крепеж, после отказа срывных болтов, полностью откатился на 10 дюймов (25,4 см). Поглощение энергии ДАС составило 600 килофунт-сила-футов (около 813 кДж). Отмечается, что при столкновении подъема колес зафиксировано не было.

Два столкнувшихся состава проехали примерно 635 футов (193,5 м) перед столкновением с груженным «страховочным» вагоном, оттолкнув последний примерно на 50 футов (15,24 м) перед тем, как все составы остановились. Для разделения составов потребовался гидравлический цилиндр.

В итоге устройства СЕМ доказали свою работоспособность, поглотив необходимую энергию и сохранив позицию единиц подвижного состава относительно друг друга и пути – не было никаких признаков схода с рельсов и приподнятия/вдавливания. Возникшие повреждения были задокументированы, результаты испытания – проанализированы и сравнены с моделями, полученными в результате моделирования методом конечных элементов.

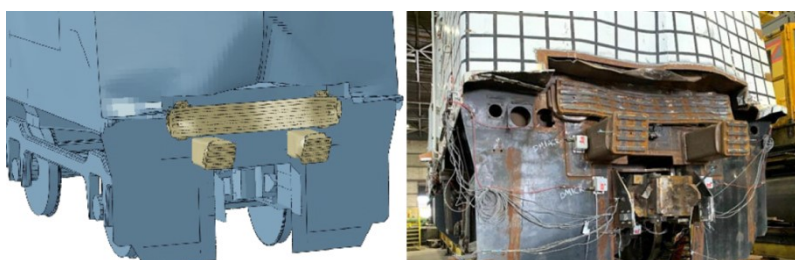


Рис. 4. Результаты испытания (моделирование и фактическое столкновение)

Испытание (рис. 4) показало, что устройства СЕМ повысили ударопрочность локомотива. Дальнейшие исследования по данному вопросу будут включать сравнение с результатами других испытаний, в ходе которых также было организовано столкновение двух составов. Кроме того, будет дополнительно изучен феномен вдавливания одного вагона в другой при столкновении.

*Источники: railwayage.com, 30.03.2023 (англ. яз.);
railroads.dot.gov, 24.03.2023 (англ. яз.).*