



О СХОДАХ С РЕЛЬСОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВАГОНОВ

Евдомах Г. В., Глухов В. В., Грановский Р. Б. – канд. техн. наук, ведущие науч. сотр.,
Железнов К. И., Карпенко В. В., Перцовой А. К., Муха В. П., Гаркави Н. Я. – старшие науч. сотр.,
Федоров Е. Ф. – зав. лаб.
Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта
им. академика В. Лазаряна.

Разборы аварий в открытую печать попадают редко. Эксперименты, провоцирующие сход вагонов с рельсов, редко проводятся, и в открытой печати описаны совершенно недостаточно. Авторами данной публикации приведены сведения (далеко не всеобъемлющие), собранные более, чем за 50 лет. Цель работы следующая: перечислить имевшие место ситуации, приведшие и не приведшие к сходу с рельсов железнодорожных вагонов в поездной работе и в экспериментах, а также проанализировать эти ситуации. Для определения последовательности событий в экспериментах использовалась киносъемка, при разборе аварий — восстановление событий по следам на рельсах и шпалах, а также визуальный осмотр вагонов. С точки зрения практической значимости данной работы, предполагается, что описанные сведения помогут экспертам при разборе аварий.

Отметим, что сход железнодорожного вагона с рельсов обычно обусловлен рядом причин в комплексе, наличие одной причины очень редко приводит к аварии.

1. Многолетний опыт разбора аварий показывает следующее: после схода с рельсов одной или двумя тележками саморасцепы вагона с предыдущим и последующим вагонами происходили не всегда. В таком случае сошедший вагон иногда «прыгал по шпалам» до тех пор, пока не встречал стрелку. Вот на этой стрелке иногда и происходила авария с более или менее серьезными последствиями.

2. Пусть по какой-то причине набегающее колесо вагона разорвало контакт с рельсом по кругу катания, но опирается о рельс своим гребнем. Грубо говоря, на набега-

ющее колесо действуют вертикальная и горизонтальная поперечная силы, обусловленные динамикой вагона, продольными и инерциальными силами, действующими на вагон, ветровой нагрузкой, силой, обусловленной возвышением одного из рельсов... В том случае, когда соотношение вертикальной и поперечной сил таково, что колесо не может не поползти вниз, считается, что у колеса есть запас устойчивости от схода с рельсов. В Нормативах [7, 8] искусственно причины схода разделены на всползание, обусловленное динамикой вагона [5], выжимание, обусловленное в основном продольными силами, и опрокидывание, обусловленное (в том числе) ветровой нагрузкой. При этом в Нормативах [7, 8] приводятся настолько серьезные требования к проектированию вагонов, что всползание колеса

на головку рельса, выжимание и опрокидывание вагонов в эксплуатации кажутся невозможными. Отметим, что при приемочных и сертификационных испытаниях соответствие вагона нормативным требованиям более или менее тщательно проверяется [1, 12, 13]. Между тем, именно

перечисленные выше причины (возможно, в совокупности с другими) иногда приводили к авариям.

2.1. Как известно [7 – 9], при определенной скорости, называемой критической, тележки начинают интенсивно вилять в колею. Критическая скорость зависит от многих причин (например, при мокром рельсе критическая скорость выше, при сухом — ниже, когда ветер несет пыль (песок) — еще ниже [11]; при ГОСТовском профиле колеса критическая скорость выше, при профиле изношенного колеса — ниже).

При закритической (но ниже конструкционной) скорости в прямой, порожний вагон может сойти с рельсов, а грузный вагон в неупорядоченном пути на деревянных старогонных шпалах может раскантировать рельс. Чтобы повысить критическую скорость, Нормы [7, 8] рекомендуют увеличить момент сил сопротивления повороту тележки относительно кузова. Для грузовых вагонов этот момент повышают за счет

скользунгов постоянного замыкания. Интересно, что при повышении момента сопротивления повышается вероятность схода вагона с рельсов в крутых кривых, хотя допустимый угол поворота тележки относительно кузова, рассчитанный согласно Норм [7, 8], не меняется. Так, порожний грузовой вагон с постоянно замкнутыми скользунгами (но без радиальной самоустановки колесных пар [9, 14]) за счет всплывания набегающего колеса на головку рельса сошел на заводской кривой $R=60$ м, нормируемой [8], табл. 8.1 (с. 162), а также [7], табл. 8.2 (с. 220).

2.2 Выжимание в кривой [4, 6, 10] легкого порожнего грузового вагона следующим за ним тяжелым (грузным) при рекуперативном, реостатном или прямодействующем торможении, особенно при боковом ветре случается не так уж редко. Особо отметим сходы от выжимания порожних грузовых вагонов с малой тарой (18 т и ниже).

Представляет также интерес сход цистерн наливного поезда. Цистерны имели половинный недолив по объему (но не по весу!). На затяжном спуске машинист несколько раз сбивал скорость торможением. Жидкость «разболталась». В конце спуска имели место переломы пути в плане (достаточно крутая кривая) и в профиле (после затяжного спуска поезд выходил на контруклон, при этом «голова» поезда теряла скорость). У двух подряд идущих цистерн иногда складывалась ситуация, когда наружное относительно кривой колесо могло оказаться выхваченным (т.е. несколько обезгруженным за счет перетекания жидкости в емкости и под действием достаточно большой поперечной силы из-за продольных сил в поезде). Отметим, что реально схода с рельсов в описанном случае не произошло, но, возможно, сход бы имел место, например, при ветре внутрь кривой.

Здесь же отметим, что в наливном поезде из цистерн с большим недоливом по объему (не по весу!) после экстренного торможения в течение нескольких минут имели место интенсивные продольные колебания, трогаться при которых машинист побаивался.

Интересно, что спущенный с горки грузный грузовой вагон, сцепившись с цистерной с неполным по объему наливом, несколько минут «гулял» по подгорочному парку [2, 3].

2.3. Порывистый ветер «умеренный до сильного» заметно наклонял кузов стоящего на прямой пассажирского вагона, но отрыва колес этого вагона по кругу катания от головки рельса не наблюдалось.

Сильный, практически ураганный ветер опрокинул одиноко стоящую на прямой забашмаченную порожнюю цистерну.

3. В исправлениях № 1 к [7], действующих с 1 февраля 2000 года, конкретно — в изменении к п. 3.4.3 (с. 324) приведены описания возможных сходов, связанных с «пропеллерностью» кузова вагона и ветром внутрь кривой. Такие сходы происходят у порожних вагонов на малой скорости. Определяющим при таком сходе является то, что набегающее колесо теряет контакт гребня с рельсом (гребень оказывается поднят над рельсом, а поперечной силы, приложенной к колесной паре, практически нет). Сходит

внутреннее относительно кривой колесо вовнутрь колеи по касательной к кривой. Как оказалось, подобные сходы происходят не так уж и редко.

Согласно Норм [7], дополнительные причины таких сходов могут быть «неудачные» стыки и просадки пути. Интересно, что на стыке с зазором ≈ 60 мм между концами рельсов, зажатыми накладками, сходы зафиксировано

не было. По-видимому, эта причина для схода не является доминирующей. Представляет интерес еще и тот факт, что на прямом участке пути с рельсами Р65 и деревянными шпалами, следуя через «псевдопросадку» из двух подряд вынутых шпал со скоростью ≈ 60 км/ч, пассажирский поезд с рельсов никогда не сходил.

4. Просадки бывают разными. И влияние на сходы с рельсов просадки оказывают разное. Предсказать возникновение просадки иногда достаточно тяжело (см., например, рис. 1).



Рис. 1. Просадка за счет обрушения «кровли» подземной полости.

5. Если стрелка исправна, между острием и рельсом ничего не попало и ошибки стрелочника нет, то острие плотно прижимается к рельсу, и гребень колеса не может раздвинуть острие и рельс. В противном случае на стрелке возможны сходы, если гребень колеса одного из вагонов поезда въедет между рельсом и «недопереведенным» острием. Также, изредка возможна ситуация, когда по наклепанному острию колесо взбирается на головку рельса (на остриях стрелочных переводов иногда образуется продольный наклеп).

6. В 2006 году проводился следующий эксперимент.

ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА

Для эксперимента использовался отработавший свой ресурс вагон-ресторан.

Опытный сцеп состоял из мотовоза, сцепленного с ним платформы-прикрытия и «подопытного» вагона-ресторана в состоянии с платформой «на буфер» (рис. 2). Сцеп разгонялся до скорости ≈ 12 км/ч, затем мотовоз тормозил, а вагон-ресторан продолжал свое движение по опытному участку пути.

Сначала путь уширяли на столько, что, когда одно колесо колесной пары находилось на рельсе, другое колесо этой же колесной пары уже сходило со второго рельса в колею. Как выяснилось, когда нет влияния колесной пары, из пяти заездов в четырех схода не было.

В следующей серии опытов стали ставить на рельс «диверсанта» — клин, уводящий колесо с рельса (рис. 3). «Диверсант» на рельсе не закреплен. Поэтому возможна ситуация, когда вагон с рельсов не сходит, а идет юзом, опершись на «диверсанта».

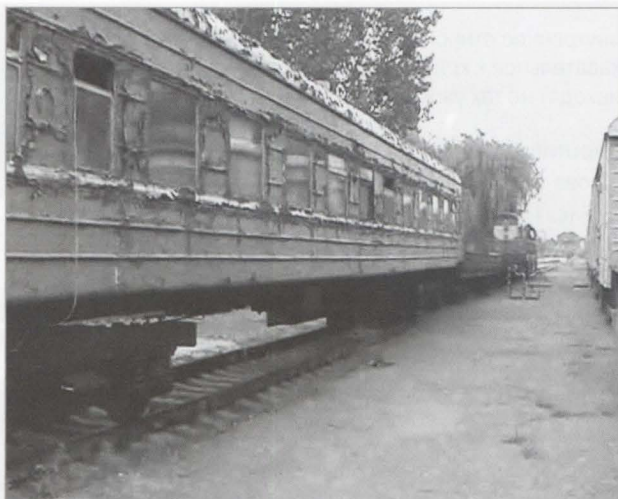


Рис. 2. Опытный сцеп



Рис. 3. «Диверсант» на рельсе

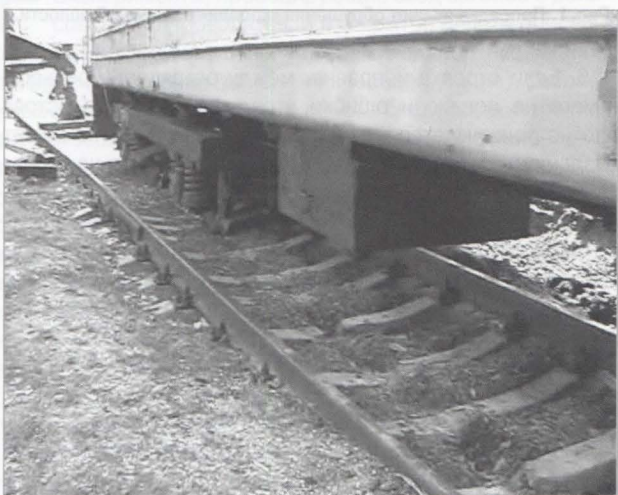


Рис. 4. После схода вагона с рельсов бетонные шпалы между рельсами оказались перерубленными

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

После схода вагона с рельсов бетонные шпалы (рис. 4) между рельсами оказались перерубленными (средняя часть шпалы тоньше, чем та часть шпалы, которая под рельсом, и шпала «подштопана» только под рельсами). Обода колес зарылись в балласт. Интересно, что поставленные на рельсы тележки оказались пригодными к эксплуатации, видимых неисправностей они не имели. Внутри вагона после схода дверь служебного купе слетела с петель, а находящийся примерно по центру вагона в положении стоя испытатель при сходе особого дискомфорта не почувствовал.

ВЫВОДЫ

Приведенной в статье информации недостаточно для разработки алгоритма разбора аварий, но помочь экспертам при разборе аварий эта информация может. **БП**

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГСТУ 3-06-101-95. Вагоны магистральных железных дорог 1520 мм. Требования безопасности для грузовых вагонов. [Текст]. – Дата введения 01.07.1996. – 10 с.
2. Динамика наливного поезда. [Текст] / Ю. М. Черкашин. // Труды ЦНИИ МПС. Вып. 543. – М.: Транспорт, 1975. – 136 с.
3. Исследование нагруженности восьмиосных цистерн при соударениях. [Текст] / А. В. Рыжов, Ю. М. Черкашин, Н. Я. Гаркави. // Вестник ВНИИЖТ, № 6, 1982. – С. 37-40.
4. К вопросу определения коэффициента запаса устойчивости от выжимания легковесных вагонов / А. А. Швеи, К. И. Железнов, А. С. Акулов, А. Н. Заболотный, Е. В. Чабанюк. // Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна «Наука та прогрес транспорту». – 2015. – № 6 (60). – С. 134-148.
5. Лазарян В. А. Динамика вагонов. [Текст] / В. А. Лазарян. – М.: Транспорт, 1964. – 256 с.
6. Некоторые аспекты определения устойчивости порожних вагонов от выжимания их продольными силами в грузовых поездах / А. А. Швеи, К. И. Железнов, А. С. Акулов, А. Н. Заболотный, Е. В. Чабанюк. // Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна «Наука та прогрес транспорту». – 2015. – № 4 (58). – С. 175-189.
7. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных) (с изменениями и дополнениями № 1 (с 01.02.2000 г.) и № 2 (с 01.03.2002 г.)). [Текст] – М.: ГосНИИВ – ВНИИЖТ, 1996. – 352 с.
8. Нормы для расчета и проектирования новых и модернизируемых вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). [Текст] – М.: ВНИИВ-ВНИИЖТ, 1983. – 260 с.
9. Обобщение передового опыта тяжеловесного движения: вопросы взаимодействия колеса и рельса. Первое издание. [Текст, CD-том] / У. Дж. Харрис, С. М. Захаров, Дж. Ландгрен, Х. Турне, В. Эберсен. / – Международная ассоциация тяжеловесного движения: 2808, Форест-Хилл-корт, Виргиния-Бич, штат Виргиния, 23454, США. – Издание на русском языке: Москва, Интекст, 2002. – 408 с.
10. Определение допустимых сил при оценке устойчивости грузовых вагонов от выжимания в поездах / А. А. Швеи, К. И. Железнов, А. С. Акулов, А. Н. Заболотный, Е. В. Чабанюк. // Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна «Наука та прогрес транспорту». – 2016. – № 1 (61). – С. 180-192.
11. Примеры казусов, произошедших при постановке натурных испытаний и обработке их результатов. [Текст] / М. Л. Коротенко, Р. Б. Грановский, С. А. Кострица, А. В. Султан, В. В. Глухов, И. В. Клименко, Н. Я. Гаркави, Е. Ф. Федоров, В. В. Карпенко. // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка Лазаряна. Випуск 34. – Дніпропетровськ, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, 2010. – С. 22-28.
12. РД 24.050.37-90. Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и ходовые качества. [Текст]
13. РД 24.050.37-95. Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и ходовые качества. [Текст] — Введен в действие 01.07.1996. — М.: ГосНИИВ, 1995. 101 с.
14. Тележки ЗК1 полувагонов, построенных в КНР. [Текст] / Е. П. Блохин, К. Т. Алпасбаев, В. Я. Панасенко, Н. Я. Гаркави, И. В. Клименко, Р. Б. Грановский, Е. Ф. Федоров // Вагонный парк. – 2012, № 9. – С. 12-14.