

5 **Третьяков, А. В.** Управление индивидуальным ресурсом вагонов в эксплуатации : [моногр.] / А. В. Третьяков. – СПб. : ООО «Изд-во ОМ-Пресс», 2004. – 348 с.

6 **Boiko, A.** Assessment of remaining resource of tank wagons with expired life time: Summary of Doctoral Dissertation: Engineering sciences / A. Boiko; Riga Technical University. – Riga, 2013. – 39 p.

УДК 656.2

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ КОЛЕСА ПОРОЖНИХ ВАГОНОВ (ЦИСТЕРН) В РЕЛЬСОВОЙ КОЛЕЕ

Е. Г. ЛЕОНЕНКО, Н. П. БУЙНОВА

Красноярский институт железнодорожного транспорта, Российская Федерация

Процесс схода подвижного состава зависит от множества факторов, которые в их вероятном сочетании изучены еще не полностью. Многочисленные исследования сходов вагонов с рельсов в большей части основаны на анализе математических моделей пространственного движения по пути с различными характеристиками верхнего строения. При этом недостаточно изучены статистические данные, что не позволяет составить картину количественного анализа самого процесса схода колес с рельсов.

При выполнении анализа сходов порожних вагонов использованы материалы служебных расследований за 1996–2017 гг. на Красноярской и Восточно-Сибирской железных дорогах.

За рассматриваемый период на Красноярской и Восточно-Сибирской железных дорогах произошло более 67 случаев схода порожних вагонов. По материалам служебных расследований выявлено сложное положение с обеспечением безопасности в путевом хозяйстве. Из-за нарушения технологии производства путевых работ и ненадлежащего содержания сходы произошли в 49 % случаев нарушения безопасности движения поездов, 37 % по причине неисправности вагонов (неравномерный прокат, ненормативное состояние пятниковых узлов, скользунов и превышающая нормы величина суммарного зазора в скользунах по тележкам). Только в 14 % случаев из всех рассмотренных ответственность за сход возложена на машиниста электровоза, причиной таких сходов является применения неблагоприятных режимов ведения поезда и, как следствие, могут быть превышены показатели, определяющие устойчивость вагонов от всползания на головку рельса.

Анализируя причины сходов, видно, что большая часть сходов произошла в длинноставных порожних поездах (т.е. длина поезда составляет от 70 до 100 условных единиц с весом 1800–2500 т), преимущественно цистернах. В большинстве рассмотренных случаев сход произошел в последней трети поезда, т.е. это 70–85-е вагоны.

Начиная с 1996 г., к моменту завершения перевода пути на колею 1520 мм, возросло не только количество сходов, но и существенно изменился их характер. В 67 % случаев сходы произошли не наружу кривой, а внутрь. Именно изменившиеся условия взаимодействия пути и подвижного состава являются одной из основных причин участвовавших сходов внутрь кривой.

Анализ случаев схода подвижного состава за двадцать лет позволил выявить следующие моменты:

- в отличие от существующих представлений сход подвижного состава происходит не только наружу, но и внутрь кривых, причем процент сходов внутрь практически в два раза выше, чем наружу;

- большая часть сходов внутрь колеи происходит в кривых большого радиуса (800–1300 м), переходных кривых и прямых участках пути;

- в основном наблюдаются сходы внутрь колеи порожнего подвижного состава при скоростях 60–80 км/ч, при отсутствии видимых нарушений режимов ведения поезда и нормативных параметров содержания пути и подвижного состава.

Для продолжения работы по выявлению причин сходов подвижного состава и разработке мер по их предотвращению были выполнены исследования по определению величины и характера действия сил, от которых зависит устойчивость от всползания гребней колес экипажа на рельс при движения в кривых. Эта зависимость в первую очередь определяется горизонтальными поперечными усилиями и вертикальной нагрузкой на колесо при вписывании. Величина и направление дей-

ствия поперечных горизонтальных усилий со стороны рельсов на гребни колес определяется способом установки экипажа в кривой и параметрами пути и подвижного состава.

Особенность конструкции экипажной части цистерн и грузовых вагонов состоит в том, что колесные пары так называемых тележек жестко связаны между собой. Из-за отсутствия упругих поперечных связей в тележке колесные пары не имеют ни одной степени свободы в горизонтальной плоскости. Следовательно, рассматривать процесс вписывания следует для цистерны с жесткой базой 9,65 м между центрами осей крайних, а не для двух жестко связанных между собой колесных пар.

Для каждого из случаев схода построены математические модели вписывания, с учетом характеристик пути и подвижного состава, согласно материалам служебного расследования. Выполнены расчеты, и для каждого варианта построен динамический паспорт, на основании которого с учетом скорости схода определено положение, в котором находились вагон или цистерна, а также найдены значения продольных и поперечных сил, действующих на подвижную единицу в плоскости контакта колес и рельсов. В результате было выявлено, что в интервале скоростей от 5 до 80 км/ч кроме направляющего усилия со стороны наружного рельса на гребень первой по ходу колесной пары имеет место усилие, действующее на внутренний гребень последней по ходу колесной пары. Наличие этих усилий в течение всего процесса вписывания в кривую обеспечивает действие дополнительного момента, разворачивающего цистерну внутрь кривой. Значение направляющего усилия, действующего на гребень второй колесной пары, уменьшается с увеличением скорости движения при всех радиусах кривой, причем наибольшая величина действует в кривых малого радиуса.

По результатам расчетов выявлено существенное влияние зазора в рельсовой колее и возвышение наружного рельса на силы, действующие на вагон (цистерну) при движении в кривой. В отдельных случаях было установлено, что возвышение наружного рельса превышает комфортное (расчетное возвышение для пассажирских поездов), что в свою очередь может привести к раскачке и крену порожних вагонов.

В ряде случаев непогашенное ускорение приобрело отрицательное значение, что может привести к увеличению поперечного бокового усилия и вагон под его действием отклоняется не наружу, как это должно быть, а внутрь кривой.

Как показали расчеты, численные значения поперечных горизонтальных усилий, действующих в плоскости контакта колес и рельсов, малы и сами по себе никакой опасности не представляют при вписывании и схода вызвать не могут даже при положении наибольшего перекаса. Значит, причину следует искать в соотношении сил давления, действующих на колесо в точке контакта колеса и рельса и горизонтальных поперечных усилий.

Рама вагона опирается на тележку через четыре опоры (комплекта рессорного подвешивания) и представляет собой в отношении распределения нагрузок между опорами статически неопределимую систему. Поэтому при значительно различающейся жесткости отдельных упругих элементов, при неровностях пути и других причинах может иметь место существенное перераспределение нагрузок между колесами.

Большая часть сходов внутрь кривых большого радиуса приходится на прямые участки пути при входе, выходе цистерн из переходной кривой. В такие моменты экипаж находится в состоянии перекаса, при котором в соответствии с законами механики в зависимости от величины уклона разгружается наружное колесо первой по ходу колесной пары и догружается внутреннее колесо последней по ходу колесной пары. В итоге достаточно незначительного воздействия от вертикальной или горизонтальной неровности пути для схода колеса, т.е. его всползания на рельс.

Для предупреждения отрицательного воздействия на порожние вагоны перекаса необходимо свести к минимуму следующие отступления в содержании подвижного состава и пути:

- допустимый зазор по скользящим в эксплуатации (4–14 мм для тележки) необходимо выдерживать также и по диагоналям рамы вагона. Это особенно важно для порожних цистерн и грузовых вагонов из-за малой подрессоренной массы, длинной жесткой базы;
- не допускать превышения возвышения наружного рельса над расчетными значениями, обеспечивающими безопасность движения пассажирских поездов, чтобы исключить вписывание порожних вагонов с большой жесткой базой в положение наибольшего перекаса.
- не допускать даже частичного излома витков пружин упругого подвешивания цистерн и вагонов.

Совпадение перечисленных моментов при движении порожнего подвижного состава в условиях вписывания приводит к сходу порожних вагонов и цистерн внутрь колеи, а также к значительному уменьшению коэффициента безопасности.