

УДК 629.4.017:625.1.032.84

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ СЖИМАЮЩИХ ПРОДОЛЬНЫХ СИЛ

А. А. ШВЕЦ

*Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта
им. акад. В. Лазаряна, Украина*

Безопасность движения – основное условие нормальной работы железных дорог. Проблемы обеспечения безопасности движения поездов и маневровой работы являются главными для железнодорожного транспорта, так как крушения и аварии, происходящие по причине сходов вагонов с рельсов, полностью предотвратить не удастся. Повышение уровня безопасности движения грузовых вагонов является одним из приоритетных направлений в деятельности железных дорог и представляет собой комплекс мероприятий, направленных на сохранность перевозимых грузов, объектов инфраструктуры и подвижного состава железнодорожного транспорта, экологической безопасности окружающей среды [1].

Большинство существующих методик, применяемых для оценки безопасности движения вагонов, устанавливают допустимые пределы значений для параметров (коэффициенты запаса устойчивости от вкатывания на головку рельса, от выжимания, от опрокидывания, уровень рамных сил, коэффициенты динамики и т. д.), при выходе за которые существует лишь вероятность возникновения аварийно-опасной ситуации. В связи с этим требуется разработка уточненных методик для оценки безопасности движения подвижного состава, позволяющих определить момент «явного схода», т. е. оценить выполнение не только необходимого, но и достаточного условия схода.

Проблемы разработки критериев оценки безопасности движения, взаимодействия и износа колеса и рельса в кривых участках пути, а также влияния технического состояния экипажной части подвижного состава на безопасность движения всегда актуальны. Статистические данные о сходах за последние два десятилетия свидетельствуют о постепенном их снижении. Однако в определенные периоды наблюдаются резкие всплески числа сходов, особенно порожних вагонов в грузовых поездах. Среди объективных причин таких явлений (колебания объемов перевозок, повышение массы и скоростей движения, изменения условий взаимодействия подвижного состава и пути, норм их устройства и содержания и т. д.) следует прежде всего обратить внимание на то обстоятельство, что грузовые вагоны, находящиеся в эксплуатации, спроектированы и построены по разным редакциям норм их расчета и проектирования [2–4].

При проектировании новых и модернизации существующих грузовых вагонов одним из обязательных условий, определяющих их пригодность к эксплуатации, является выполнение условия

обеспечения запаса устойчивости от выжимания вагона продольными силами в поезде. Согласно методике оценки устойчивости вагонов от выжимания продольными силами в поезде, действующими на 4-осный вагон и его тележки в перекошенном состоянии, выражение для коэффициента запаса устойчивости имеет следующий вид:

$$K_{yc} = \frac{\operatorname{tg}\beta - \mu}{1 + \mu \cdot \operatorname{tg}\beta} \times \frac{P_T + 2\gamma \cdot N \cdot \left\{ \left[\frac{\delta_0 L}{\ell^2} \left(1 + \frac{L}{a} \right) \cdot h_n \pm \alpha \frac{L_c}{R} h_a \right] \right\} \frac{1}{2S} \mp 2P_{\text{тст}} \frac{h_p}{2S} \cdot \frac{h_n}{2S}}{\mu \cdot P_T + 2\gamma \cdot N \cdot \left\{ \left[\frac{\delta_0 L}{\ell^2} \left(1 + \frac{L}{a} \right) \pm \alpha \frac{L_c}{R} \right] \cdot \left(1 - \mu \frac{h_a}{2S} \right) \mp \mu \alpha \frac{L_c}{R} \cdot \frac{h_a - h_n}{2S} \right\} \mp 2P_{\text{тст}} \frac{h_p}{2S} \cdot \left(1 - \mu \frac{h_n}{2S} \right)} \geq [K_{yc}]. \quad (1)$$

В работе [1] приведен анализ существующих методик определения коэффициента запаса устойчивости вагонов в грузовых поездах от их выжимания продольными силами, разработаны предложения по уточнению этих методик для использования на стадии проектирования, постройки и в процессе эксплуатации, а также оценивается влияние на величину этого коэффициента скорости движения подвижного состава. В результате теоретических исследований получена зависимость коэффициента запаса устойчивости от выжимания 4-осного грузового вагона от продольной сжимающей силы с учетом скорости движения и сил инерции:

$$K_{ув}^{I,II} = \frac{\operatorname{tg}\beta - \mu}{1 + \mu \cdot \operatorname{tg}\beta} \times \frac{P_T + \gamma N \cdot \left[\frac{\delta_0 \cdot L}{\ell^2} \cdot \left(1 + \frac{L}{a} \right) \cdot \frac{h_n}{h_a} \pm \alpha \cdot \frac{L_c}{R} \right] \cdot \frac{h_a}{S} \pm \frac{1}{2} P_{\text{ин}} \cdot \frac{h_n}{S}}{\mu \cdot P_T + 2\gamma N \cdot \left\{ \frac{\delta_0 \cdot L}{\ell^2} \cdot \left(1 + \frac{L}{a} \right) \cdot \left(1 - \mu \cdot \frac{h_n}{2S} \right) \pm \alpha \cdot \frac{L_c}{R} \cdot \left(1 - \mu \cdot \frac{h_a}{2S} \right) \pm P_{\text{ин}} \cdot \left(1 - \mu \cdot \frac{h_n}{2S} \right) \right\}}. \quad (2)$$

$$P_{\text{ин}} = G_k + 2G_{\text{тел}} \cdot \frac{a_{\text{неп}}}{g}. \quad (3)$$

Для сравнения были произведены расчеты по четырем формулам. Первые две из них – это Нормы [2] и [3], вторые две – уточненные формулы из [3, 4] без учета сил инерции и с их учетом. Силы инерции определялись при движении вагона в кривой радиусом 250 м и возвышением наружного рельса 150 мм с допускаемой скоростью 65 км/ч. Расчеты выполнены для некоторых моделей полувагонов. Эти модели отличаются между собой в основном длинами по осям сцепления автосцепок (от 11,2 до 19 м), величинами базы вагона (от 7,1 до 13,8 м) и тарой (от 22,2 до 28 т). Полученные результаты сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Коэффициенты запаса устойчивости от выжимания для полувагонов

Период	Модели полувагонов							
	12-1505	12-532	12-2122-01	12-127	12-2123	12-4004	22-478	22-4008
1983 г.	1,367	1,399	1,360	1,400	1,509	1,762	1,628	1,671
1996 г.	1,441	1,482	1,445	1,486	1,577	1,923	1,747	1,770
2016 г. ¹⁾	1,320	1,351	1,322	1,354	1,460	1,675	1,551	1,623
2016 г. ²⁾	1,266	1,294	1,271	1,300	1,410	1,582	1,472	1,567

¹⁾ Без учета сил инерции, зависимость (2)
²⁾ С учетом сил инерции при движении в кривой с допускаемой скоростью, зависимость (2)

Самые низкие величины коэффициентов запаса устойчивости от выжимания приходятся на вагоны с небольшими величинами длин по осям сцепления автосцепок, базами вагона и массы тары. Анализ результатов показывает, что для всех выбранных для расчетов грузовых вагонов величины коэффициента запаса устойчивости от выжимания, полученные по зависимости (2), меньше, чем по формулам Норм [2–4]. Это говорит о том, что необходимо учитывать силы инерции при движении вагона в кривой с предельно допускаемой скоростью.

Таким образом, исправления, внесенные в формулу для определения коэффициента запаса устойчивости от выжимания продольными силами, позволят: добиться повышения запаса устойчивости легковесных вагонов, исключив их выжимание продольными силами во всём диапазоне допустимых скоростей движения грузовых поездов; разработать и реализовать меры по предотвращению выжимания вагонов во всём диапазоне скоростей движения; определить степень устойчивости порожнего вагона в голове, в середине и в хвосте груженого поезда, предложить оптимальные схемы формирования смешанных поездов; объективно оценить влияние (исходя из полученных результатов) продольной силы и скорости движения грузового вагона на показатель устойчивости.

Список литературы

- 1 Some Aspects of the Definition of Empty Cars Stability from Squeezing their Longitudinal Forces in the Freight Train / A. A. Shvets [et al.] // Наука та прогрес транспорту. – 2015. – № 4 (58). – С. 175–189. DOI: 10.15802/stp2015/49281.
- 2 Нормы для расчета и проектирования новых и модернизируемых вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). – М. : ВНИИВ-ВНИИЖТ, 1983. – 260 с.
- 3 Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных) : с изм. и доп. № 1 (с 01.02.2000 г.) и № 2 (с 01.03.2002 г.). – М. : ГосНИИВ – ВНИИЖТ, 1996. – 352 с.
- 4 ГОСТ 33211–2014 Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам (с Поправкой). – М. : ВНИИЖТ, 2016. – 54 с.