

В.Л. ГОРОБЕЦ, д.т.н., гл. н. сотр., А.М. БОНДАРЕВ, О.Л. ЯНГУЛОВА - к.т.н., доц. (Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта им. академика В. Лазаряна, г. Днепропетровск.

О БЕЗОПАСНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ „ЛОКОМОТИВ – ВАГОН – ПУТЬ” ПРИ ПОВЫШЕНИИ СКОРОСТЕЙ ДВИЖЕНИЯ

В статье обсуждаются вопросы, связанные с обеспечением безопасного повышения скоростей пассажирского движения и обеспечения должного содержания пути и подвижного состава на таких направлениях.

Стремление к улучшению обслуживания пассажиров способствовало перестройке направлений, на которых скорость движения пассажирских поездов достигает 140 км/ч., а средняя скорость на общем протяжении свыше 500 км, составляет 105 км/ч.

Введение в эксплуатацию этих направлений сопровождалось масштабными мероприятиями по улучшению всей инфраструктуры железных дорог и созданиям специализированного подвижного состава, предназначенного для движения в скоростных поездах с использованием существующих локомотивов.

Текущее состояние скоростного движения в Украине можно рассматривать, как переходное с преодолением этапов скоростей движения 160-200 км/ч., а в дальнейшем и выше 200 км/ч.

Одним из наиболее важных аспектов движения с повышенными скоростями является проблема обеспечения безопасности движения скоростных поездов в условиях эксплуатации. Поэтому было принято решение при проведении контрольной поездки поезда „Столичный экспресс” на направлении Киев – Днепропетровск исследовались показатели динамики, безопасности движения, а также показатели плавности движения электровозов ЧС7 и ЧС8. Во время проведения указанной поездки измерялись:

- горизонтальные поперечные рамные силы в рамах тележек;
- сжатие комплектов пружин буксового и центрального подвешивания;

- ускорение на полу в кабине машиниста в вертикальном и горизонтальном поперечном направлениях.

На основе измеренных величин, определялись следующие нормативные показатели [1] локомотивов поездов «Столичный экспресс»:

- коэффициенты запаса стойкости локомотива от востока локомотива из рельсов;
- коэффициенты запаса устойчивости от опрокидывания в кривых;
- коэффициенты вертикальной и условной горизонтальной динамики;
- плавность движения локомотива.
- оценка влияния искровых сил на динамические добавки напряжений.

По результатам обработки указанных данных были полученные оценки максимальных значений коэффициентов вертикальной и условной горизонтальной поперечной для каждого реализованного диапазона скоростей движения, минимальные значения коэффициентов запаса устойчивости от схода колеса с рельса, а также показатели плавности движения экипажа.

Контрольная поездка показала, что на некоторых участках этого направления имелись замечания по состоянию пути, как и к состоянию локомотивов. После внедрения необходимых мер началась эксплуатация указанных поездов, которая показала, что в некоторых элементах экипажной части электровозов ЧС8, которые обеспечивают ведение поездов на достаточно сложному в плане профилю колеи с общей длиной участка Киев - Пятихатки приблизительно 400 км. появились нарушения их целостности (трещины). На рис. 1,2 показаны места указанных разрушений.

В последнее время начали появляться работы, в которых оценка нормативных показателей динамических качеств подвижного состава проводится косвенными методами. Такие методы наиболее часто основываются на статистической связи нормируемых динамических показателей подвижного состава с уровнем вибронагруженности элементов экипажной части. Но процессы, которые характеризуют основные показатели безопасности движения подвижного

состава, носят быстroteкущий характер. Поэтому система обработки данных, которые характеризуют основные показатели безопасности движения, должна быть основана на анализе их мгновенных значений, что будет гарантировать достоверность оценок показателей безопасности движения экипажа.

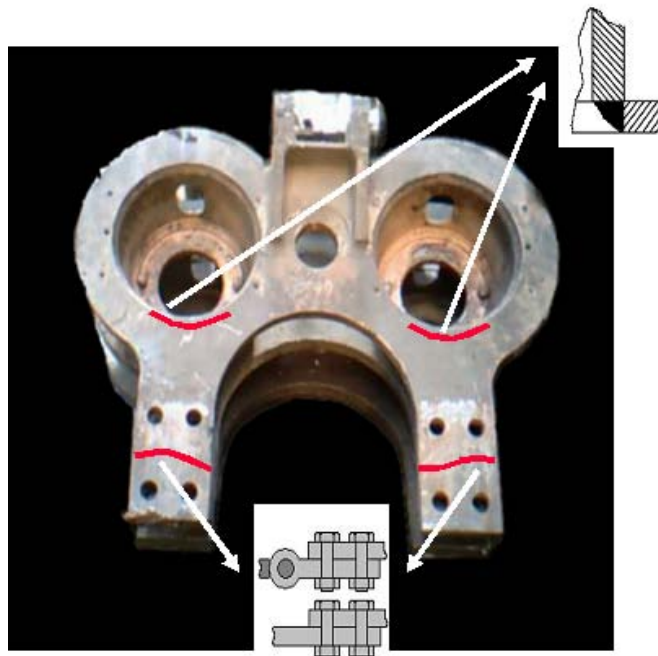


Рис. 1. Разрушение тарелок опирания второй ступени подвешивания электро-
зов ЧС8



Рис. 2. Трещины в шкворневых балках электро-
возов ЧС8

Косвенные же методы могут найти применение при проведении сравни-

тельной оценки состояния и динамических качеств подвижного состава в разные периоды его эксплуатации.

Вагоны поездов „Столичный экспресс” за небольшое время эксплуатации также имеют серию отказов, среди которых могут влиять на безопасность движения следующие:

- отказы в работе программного комплекса, который обеспечивает контроль и диагностирование в работе систем;
- вибрации перегородок в салоне плацкартных вагонов;
- вибрации генераторов;
- аварийные ситуации в работе генераторов (утечки тока, короткие замыкания обмоток генератора);
- не работает блокирование дверей;
- изломы пружин, которые фиксируют положение подножек;
- срабатывают дифференциальные реле водяного отопления (не все в порядке с работой системы контроля температуры и подачи воды);
- повышенный шум в работе системы вентиляции;
- постоянное срабатывание датчика пожарной безопасности;
- вибрации подставок телевизоров;
- отказы в работе подъёмников для инвалидов;
- излом подножек;
- обрыв петель угольного ящика
- отклеивание потолка;
- не работает фиксатор откидной площадки тамбура;
- перекося дверей туалета;
- провал пола.

Наименьшее количество отказов и замечаний зафиксировано в первом и в девятом вагонах.

Эти отказы связаны как с несовершенством технологии при изготовлении вагонов и некачественных комплектующих элементах и оборудовании, так и вследствие действия динамических усилий и ускорений, которые возникают во время движения.

Для определения отдельных динамических показателей на двух вагонах поезду „Столичный экспресс”, приписки пассажирского вагонного депо Приднепровской железной дороги, специалистами Харьковского вагоностроительного завода и Киевского университета экономики и технологий транспорта внедрена автоматизированная система технического контроля динамических показателей (АСТК). С помощью указанной системы в качестве входной информации измеряются несколько ускорений.

В работе [2] также отмечается, что безопасность движения поездов является основным требованием, которому должен удовлетворять подвижной состав и путь.

Известно, что в качестве критерия устойчивости движения экипажа рельсового транспорта принимаются предельно допустимые отношения вертикальных и горизонтальных поперечных рамных сил, действующих на колесо в точке контакта с рельсом в момент набегания его на рельс, что можно определить по формуле

$$K_y = \frac{tg\beta - \mu}{1 + \mu tg\beta} * \frac{P_{\epsilon}}{P_{\epsilon_2}}, \quad (1)$$

где: P_{ϵ} - вертикальная нагрузка от набегающего колеса на рельс; $P_{\epsilon} = Y_{\epsilon} + \mu P_{\epsilon_2}$ - боковое давление набегающего колеса на рельс; Y_p - рамное усилие, которое действует на колесную пару со стороны тележки; P_{ϵ_2} - вертикальная нагрузка от второго колеса; β - угол наклона гребня колеса к горизонтальной плоскости; μ - коэффициент трения скольжения между колесом и головкой рельса (в определениях принимают $\mu = 0,25$). В результате проведенных преобразований, авторы работы [2] предлагают для моторных и прицепных вагонов дизель и

электропоездов, то есть для подвижного состава, которые в перспективе будут составлять основные единицы скоростного пассажирского состава, коэффициент запаса устойчивости от схода колеса с рельса можно определять по формуле

$$K_y = \varepsilon \frac{A + 1,0g_{\kappa n} f_{cm} + 0,6U_p f_{cm}}{B + 0,25g_{\kappa n} f_{cm} + 1,85U_p f_{cm}}, \quad (2)$$

где: ε - коэффициент, которой зависит от угла наклона гребня к горизонтальной плоскости и коэффициента трения;

$$A = 2Q_{cm} [f_{cm} - 0,5(f_2 + f_1) + 0,675(f_1 - f_2)],$$

$$B = 2Q_{cm} [0,25f_{cm} - 0,125(f_2 + f_1) - 0,16875(f_1 - f_2)];$$

Здесь Q_{cm} - нагрузка на ось от обрессоренных масс, кН.; f_{cm} - статический прогиб первой степени подвешивания, м; f_1 - прогиб первой степени рессорного подвешивания набегая чего колеса, м; f_2 - прогиб второй степени рессорного подвешивания набегая чего колеса, м; U_p - рамное усилие, которое действует на ось колесной пары, кН; Q_{cm} - нагрузка от массы колесной пары, кН.

Кстати, в некоторых государствах подобная работа осуществляется и уже созданы анализаторы непрерывного контроля состояния железнодорожного транспорта в процессе эксплуатации. Так в России [3,4] впервые в мире был разработан анализатор непрерывного контроля состояния железнодорожного транспорта в процессе эксплуатации. Было создано восемь анализаторов АМПС-01 (малогабаритный анализатор состояния пути) которые предназначены для инспекционных проверок состояния колеи в интервалах между прохождением путеизмерительных вагонов, а также для непрерывного контроля ходовой части подвижного состава. При этом указанный анализатор решает только часть задач информационной технологии непрерывного контроля:

- непрерывный контроль за состоянием пути;
- непрерывный контроль за состоянием ходовой части подвижного состава;

- предотвращение аварий и катастроф, связанных с изменениями состояния пути, которые могут возникать в интервалах между прохождением специальных вагонов из прецезионными измерительными системами;
- возможность оперативной ликвидации грубых отклонений в состоянии колеи или ходовой части подвижного состава;
- уменьшение предохранительного износа колеи и ходовой части подвижного состава.

При этом нерешенными задачами остаются:

- возможность оперативной измены скорости движения поезда при выявлении предыдущим поездом грубых отклонений от Норм в состоянии колеи;
- повышение комфорта пассажиров во время движения;
- сохранность груза во время движения.

Разработчики также обращают внимание на необходимость обеспечения работы анализатора в распространенном диапазоне температур; автоматического определения координат места нахождения и скорости движения подвижного состава.

Если связывать стоимость анализатора с его функциональными возможностями, то такую задачу, с точки зрения малых расходов на его изготовление, следует связывать с расходами, которые могут появляться в результате расходов при появлении аварий.

Известно также, что вагоны поездов „Столичный экспресс” имеют систему контроля работы его устройств и приборов, которые обеспечивают комфортные условия пребывания пассажиров во время поездки и пожарную безопасность. Но следует разработать и установить устройства и соответствующий программный комплекс, которые по состоянию динамических нагрузок в элементах экипажной части и взаимного положения колеса и рельса предоставляли бы информацию о показателях безопасности движения. Более того, если в бу-

дущем будет предоставляться возможность построить отдельную колею, предназначенную только для движения пассажирских скоростных и высокоскоростных поездов, следует подготовить к этому и вагон – путеизмеритель.

Так, для оценки влияния состояния колеи на динамику локомотива были построены линейные зависимости длин просадок, что возмущают колебания 0,8 и 1,2 Гц при разных скоростях движения (рис.3)

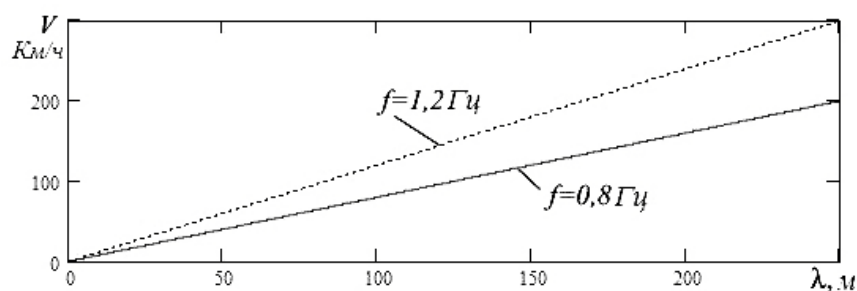
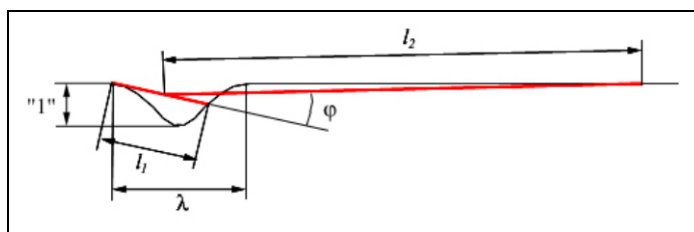
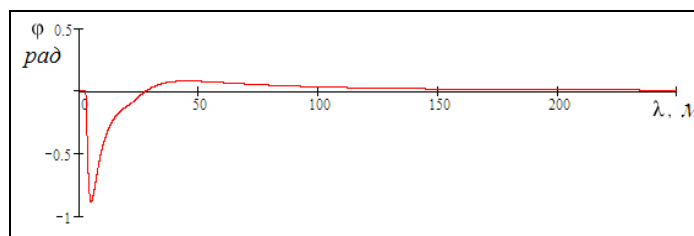


Рис. 3. Зависимости длин просадок от скоростей движения, возмущающих резонансные колебания кузова локомотива в диапазоне 0,8-1,2 Гц.

Они были сравнены с функцией чувствительности вагона - путеизмерителя к одиночной косинусоидальной неровности (которая представляет собой угол поворота рамы его тележки относительно кузова вагона).



а)



б)

Рис. 4. Расчетная схема а) и функция чувствительности датчика вагона –

путеизмерителя к неровностям разной длины б).

Из сравнения зависимостей, приведенных на рис. 3 и 4 следует, что отечественные вагоны - путеизмерители с существующей системой регистрации принципиально не способны зарегистрировать просадки, которые возмущают колебания в связях „тележка-кузов” при скоростях движения 150 км/ч. Понятно, что приведенный анализ не может претендовать на полноту, но если будет возникать необходимость движения с высокими скоростями, то следует решить не только вопрос создания соответствующего подвижного состава с повышенным состоянием контроля безопасности, но и создать соответствующую путеизмерительную технику.

Более того контрольные поездки по проверке показателей безопасности движения должны совершаться несколько раз в год и на основании которых следует принимать научно обоснованные решения.

ВЫВОДЫ

Исходя из вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

- наиболее критичными с точки зрения динамической нагруженности являются элементы вторичного подвешивания локомотива, в результате наличия неравенств пути неблагоприятной длины, а также недостаточности гашения колебаний кузова относительно тележки;
- в перспективе последующего повышения скоростей движения стоит уделить внимание не только изменению и совершенствованию конструкции экипажа подвижного состава, но и разработке новых технологий содержания и контроля железнодорожного пути.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нормы для расчета и оценки прочности несущих элементов, динамических качеств и воздействия на путь экипажной части локомотивов железных дорог МПС РФ колеи 1520 мм.; – Москва: ВНИИЖТ РФ, 1998.

2. Петров А.С., Романенко О.В., Гундарь В.П. Устойчивость транспортного средства против сходки с рельсов./ Весник Восточноукраинского национального университета имени В. Даля. - №8, 9780 Ч. 2, 2004. – с. 127-132.

3. Портативный прибор для экспресс – диагностики и контроля состояния железнодорожного пути / Ромен Ю.С., Сафьянников Н.М., Бондаренко П.Н. /Радиоэлектроника и связь, материалы работы “Радиоэлектроника” Дома ученых РАН им. М. Горького. – Санкт-Петербург, 1999 №1(15) – С. 80-84.

4. Анализатор состояния рельсового транспорта в процессе эксплуатации /Бондаренко П.Н., Мурсаев А.Х., Ромен Ю.С., Сафьянников Н.М. / Вестник Восточноукраинского национального университета им. В. Даля. – Луганск, 2002 – № 6(52), – С. 105-108.