

УДК 629.4.028

Е.С. Чечулин, Д.Я. Антипин, В.В. Кобищанов, Д.Ю. Расин

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКЦИИ МЕЖВАГОННЫХ СВЯЗЕЙ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ НА ИХ ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Методами математического моделирования выполнена оценка влияния конструктивных особенностей межвагонных связей отечественных пассажирских вагонов на их динамические характеристики. Даны рекомендации по совершенствованию рассматриваемых конструкций.

Ключевые слова: динамические характеристики, пассажирский вагон, сцепное устройство, буферное устройство, математическое моделирование.

В настоящее время отечественными специалистами ведутся активные работы в области совершенствования межвагонных связей пассажирских вагонов. В частности, в конструкциях пассажирского подвижного состава применяются новые конструкции сцепных, амортизирующих устройств и переходных площадок. Для вагонов поездов постоянного формирования применяются безззорные сцепные устройства. При этом появляется возможность отказа от буферных устройств, что согласуется с тенденцией снижения тары современного пассажирского подвижного состава. В связи с этим важной задачей является оценка влияния внедряемых усовершенствований сцепных устройств пассажирских вагонов на их динамические характеристики и безопасность эксплуатации.

В качестве метода для проведения исследования принято компьютерное математическое моделирование, позволяющее при минимальных финансовых затратах с достаточной степенью точности оценить влияние конструктивных особенностей сцепных устройств пассажирских вагонов в различных эксплуатационных режимах.

В качестве объекта исследования в работе рассматривается пассажирский вагон поездов постоянного формирования модели 61-4462 производства ОАО «Тверской вагоностроительный завод».

Исследования проводились на основе детализированной компьютерной модели сцепки из трех однотипных вагонов (рис. 1), разработанной в среде программного комплекса моделирования динамики систем тел «Универсальный механизм» [1].

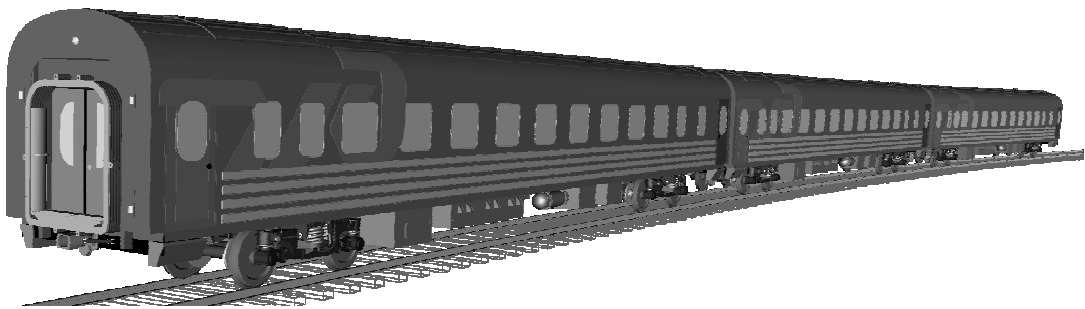


Рис. 1. Твердотельная компьютерная модель сцепки пассажирских вагонов

Динамическая модель сцепки сформирована с использованием метода подсистем. Компьютерная модель вагона представляет собой кузов в виде абсолютно твердого тела с инерциальными характеристиками, соответствующими кузову натурального вагона (с учетом размещения внутреннего и подвагонного оборудования, экипажировки и пассажиров). Кузов с использованием упругих, диссипативных и контактных элементов, а также шарниров связан с подсистемами, моделирующими ходовые части и элементы сцепного устройства.

Подсистема «Тележка» представлена в виде совокупности абсолютно твёрдых тел, объединённых упругодиссипативными, контактными элементами и вращательными шарнирами.

Подсистема «Сцепное устройство» моделируется как совокупность абсолютно твёрдых тел, объединённых упругодиссипативными контактными элементами и вращательными шарнирами.

Резинометаллический поглощающий аппарат сцепного устройства представлен в модели в виде частотно-зависимого нелинейного упругодиссипативного элемента, в свойства которого поточно вводятся силовые характеристики аппарата Р-5П, полученные экспериментально [2].

Буферное устройство представляет собой абсолютно твёрдое тело, соединённое с кузовом вагона силовым упругим элементом. Межвагонный переход представлен совокупностью абсолютно твёрдых тел, объединённых упругодиссипативными элементами, описывающими работу реальной конструкции.

Разработаны четыре варианта динамических моделей. Исходный вариант соответствует сцепу серийных вагонов модели 61-4462. В первом варианте из конструкции исключены буферные устройства. Второй вариант отличается от первого отсутствием опирания межвагонного перехода на головную часть сцепного устройства. В третьем варианте дополнительно ко второму введен гидравлический гаситель колебаний виляния, схема установки которого представлена на рис. 2.

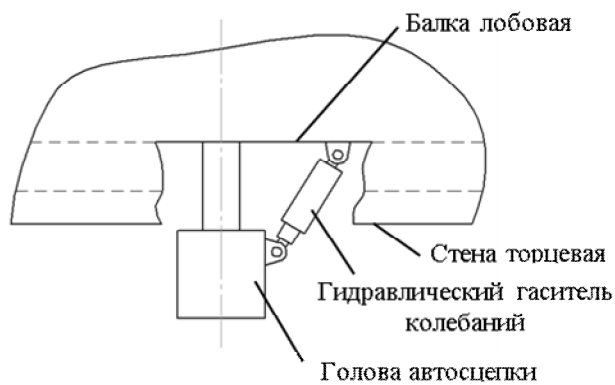


Рис. 2. Схема расположения гасителя колебаний

При анализе моделировалось движение сцепа по прямому участку, в кривых и по стрелочному переводу в диапазоне скоростей от 20 до 160 км/ч. Макрогеометрия кривых участков пути в плане определяется исходя из скорости прохождения кривой. Параметры кривых, рассматриваемых при моделировании, определены в соответствии с рекомендациями [3].

Упругодиссипативные характеристики верхнего строения пути соответствовали рельсам типа Р65 (исполнение I) ГОСТ 8161-75 длиной 25 м, уложенным на железобетонные шпалы, с учётом рекомендаций [4] для летнего периода при хорошем состоянии пути и рельсов.

На основе моделирования движения сцепа оценивались горизонтальные ускорения кузова, коэффициент плавности хода, силы отжатия рельса, коэффициент безопасности в отношении вкатывания колеса на рельс.

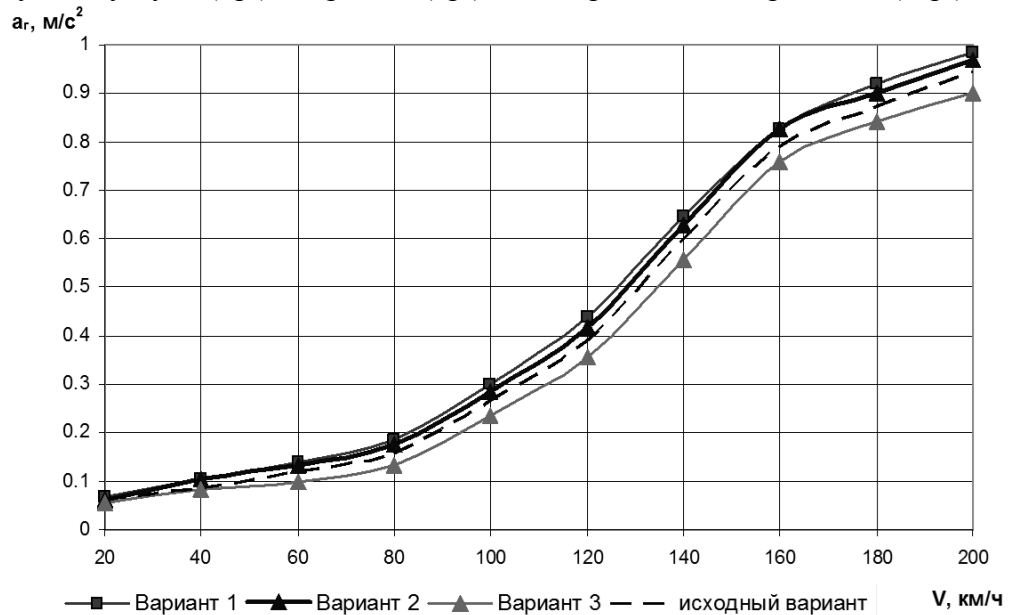
Анализ полученных при моделировании движения вагона показателей ходовой динамики вагона осуществлялся по их средним значениям (с вероятностью неперевышения $P=0,999$), получаемым путем обработки осциллограмм временных зависимостей в соответствии с РД 24.050.37.

В качестве примера на рис. 3 приведены графики зависимости горизонтальных ускорений кузова в пятниковой зоне и коэффициента безопасности в отношении вкатывания колеса на рельс от скорости движения.

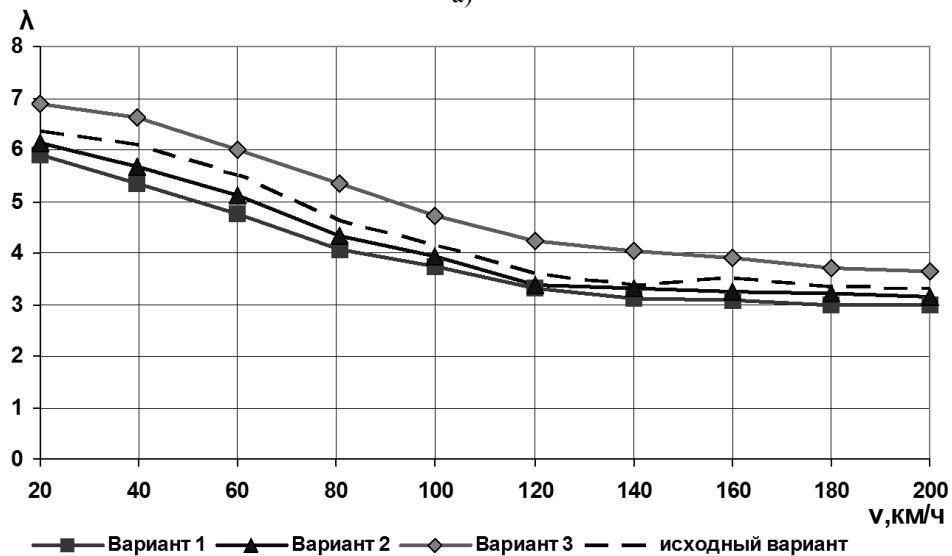
Анализ приведенных графиков показал, что наибольшие ускорения соответствуют первому варианту сцепа (без буферных устройств, с опиранием межвагонного перехода на голову автосцепки), наименьшие ускорения – третьему варианту (с дополнительными гидравлическими гасителями колебаний).

Коэффициент безопасности в отношении вкатывания колеса на рельс в кривых участках пути, напротив, больше для третьего варианта и меньше для первого, что свидетельствует о повышении уровня безопасности.

В таблице приведены данные, указывающие на разницу динамических параметров в процентах в сравнении с исходным вариантом сцепа вагонов при движении вагонов по прямому участку пути (пр.), в кривых (кр.) и по стрелочным переводам (стр.).



а)



б)

Рис. 3. Графики зависимости динамических характеристик пассажирского вагона от скорости движения в кривых участках пути: а - горизонтальных ускорений кузова в пятниковой зоне; б - коэффициента безопасности в отношении вкатывания колеса на рельс

Данные, приведенные в таблице, позволяют сделать выводы о том, что отказ от буферных устройств приводит:

- к увеличению горизонтальных ускорений до 5%;
- увеличению коэффициента плавности хода до 3%;
- увеличению сил отжатия рельсов до 13%;
- ухудшению коэффициента безопасности до 13%.

Исключение опирания межвагонного перехода на сцепное устройство позволяет улучшить показатели ходовой динамики по сравнению с вариантом сцепа без буферных устройств:

- горизонтальные ускорения – до 0,4 %;
- коэффициент плавности хода – до 0,2%;

- силы отжатия рельсов – до 2%;
- коэффициент безопасности в отношении вкатывания на рельс – до 3%.

Таблица

Результаты сопоставления динамических характеристик вагонов с различными вариантами межвагонных связей

Параметр		Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Горизонтальные ускорения кузова, %	пр.	-0,1	-0,2	-2,8
	кр.	3	2,6	-6,6
	стр.	5	4,8	-9,2
Коэффициент плавности хода в горизонтальной плоскости, %	пр.	-0,4	-0,3	-2,6
	кр.	3	2,8	-4,9
Силы отжатия рельса, %	пр.	0,5	0,4	-2,2
	кр.	10	9	-3,7
	стр.	13	11	-6,2
Коэффициент безопасности в отношении вкатывания колеса на рельс, %	кр.	-13	-10	14
	стр.			

Анализ приведенных результатов показывает, что исключение опирания межвагонного перехода на сцепное устройство не позволяет эффективно компенсировать ухудшение динамических параметров вагона, связанное с отказом от буферных устройств.

Применение в конструкции вагона гидравлических гасителей колебаний позволяет компенсировать отсутствие буферных устройств и улучшить по сравнению с исходной конструкцией динамические показатели вагона. Наилучший эффект от их использования наблюдается при прохождении сцепом кривых участков пути и стрелочных переводов:

- снижение горизонтальных ускорений кузова до 9,2%;
- снижение коэффициента плавности хода в горизонтальной плоскости до 4,9 %;
- снижение сил отжатия рельса до 6,2%;
- повышение коэффициента безопасности в отношении вкатывания колеса на рельс до 14%.

При этом предлагаемый вариант межвагонной связи позволяет: снизить тару вагона за счёт исключения из конструкции буферных устройств; увеличить срок службы сферического шарнира за счёт его частичного обезгруживания; повысить безопасность движения пассажирского железнодорожного состава.

В связи с этим рекомендуется внедрение предлагаемого варианта межвагонных связей пассажирских вагонов поездов постоянного формирования, предусматривающего отсутствие буферных устройств, опирание межвагонного перехода на головную часть автоцепного устройства и наличие дополнительного гасителя колебаний виляния.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Погорелов, Д.Ю. Введение в моделирование динамики систем тел: учеб. пособие/Д.Ю. Погорелов. - Брянск: БГТУ, 1997. – 156 с.
2. Конструирование и расчёт вагонов: учеб. для вузов ж.-д. транспорта/ В.В. Лукин, П.С. Анисимов, В.Н. Котуранов [и др.]; под ред. П.С. Анисимова. - 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Учеб.-метод. центр по образованию на ж.-д. транспорте, 2011. – 688 с.
3. Вершинский, С.В. Динамика вагона/С.В. Вершинский, В.Н. Данилов, И.И. Челноков. – М.: Транспорт, 1972. – 353 с.
4. Изыскания и проектирование железных дорог: учеб. для вузов ж.-д. транспорта / А.В. Горинов, И.И. Кантор, А.П. Кондратченко, И.В. Турбин. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1979. – Т. I. – 319 с.

Материал поступил в редколлегию 20.10.14.