

УДК 629.423.027.1.001.24

Рецензент: д.т.н. Коротенко М.Л.

Недужая Л.А.

*Днепропетровский государственный технический университет
железнодорожного транспорта*

К РАСЧЕТУ ПАРАМЕТРОВ ЭКИПАЖНОЙ ЧАСТИ ЭЛЕКТРОВОЗА

Успех перевозок на железнодорожном транспорте в решающей степени определяется достаточным количеством и надежностью эксплуатируемого парка электровозов. Главный разработчик новых электровозов УЭЛНИИ г.Днепропетровска спроектировал и НПО ДЭВЗ построил грузовой восьмиосный электровоз ДЭ1, имеющий две четырехосные секции.

Конструкция экипажной части электровоза ДЭ1 имеет ряд особенностей. В частности электровоз с опорно-осевой подвеской тяговых двигателей имеет двухосные бесчелюстные тележки бесшкворневой конструкции. Сила тяги и тормозные силы передаются от тележек к кузову при помощи наклонных тяг, соединенных с одной стороны с кузовом с помощью равноплечего балансира, стержней и металлических резиновых шайб с кронштейнами, укрепленными снизу с рамой кузова, а с другой стороны - с тяговыми устройствами на раме тележки. В системе опирания кузова на тележки используется люлечное подвешивание. Первая ступень подвешивания состоит из пружин, гидроамортизаторов и упругих поводков; подвешивание второй ступени - люлечное с гидроамортизаторами. В этой конструкции для повышения надежности работы люлечных подвесок пружины вертикальной связи кузова и тележек устанавливаются не на сами подвески, а между рамой тележки и промежуточными балками, которые с ней

соединены шарнирно. Промежуточная балка является в этом случае рычагом, к концу которого приложена через люлевные подвески часть веса кузова, а в промежуточной точке передается нагрузка на пружины кузовного рессорного подвешивания, опирающиеся на раму тележки. Статический прогиб пружин кузовного подвешивания при этом получается больше, чем результат деления веса кузова на жесткость пружин, что способствует смещению спектра частот колебаний подрессоренных частей электровоза в более низкочастотную область. При определении статического прогиба кузовного рессорного подвешивания в этом случае приходится учитывать геометрические соотношения плеч промежуточной балки.

Для расчета параметров экипажной части электровоза разработана математическая модель пространственных колебаний локомотива [1,2], движущегося по реальным неровностям инерционного упруго-вязкого пути в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Расчетная схема исследуемой механической системы состоит из 13 твердых тел (кузов, две промежуточные балки, две рамы тележки, четыре тяговых двигателя, четыре колесные пары) и имеет с учетом уравнений связей, наложенных на перемещения тел системы, 42 степени свободы. При определении числа степеней свободы предполагается, что имеют место взаимные перемещения кузова относительно промежуточных балок и рам тележек во всех направлениях, причем при боковом отходе, подергивании и вилении тележки относительно кузова возникают восстанавливающие силы и моменты не только в люлевных подвесках, но и в пружинных комплектах промежуточной балки. В буксовой ступени подвешивания пружины и гидроамортизаторы работают только при взаимных вертикальных перемещениях рамы тележки и буксы, а упругие поводки - при взаимном подергивании, боковом отходе, а также при вертикальных перемещениях (подпрыгивании, продольной и боковой качке) колесных пар относительно рамы тележки. В соединении кузова и рамы тележки через наклонные тяги установлены упругие муфты. При значительных боковых перемещениях тележки относительно кузова включаются в работу упругие упоры. Принято во внимание галопирование тяговых двигателей, при котором возникают упруго-вязкие силы в подвеске тяговых двигателей. Силы взаимодействия между колесами и рельсами в горизонтальной плоскости определены по теории псевдоскольжения Картера. Учтены нелинейности, имеющие место в реальной системе: зазор между кузовом и упругими упорами тележек, несимметричное трение в буксовых гидроамортизаторах, физическая нелинейная сила псевдоскольжения и геометрическая нелинейность поверхности катания колес.

Составлены дифференциальные уравнения пространственных колебаний исследуемой системы, разработана и отлажена программа вычислений с помощью ЭВМ. Данная программа позволяет выполнять расчеты при движении по прямым или кривым участкам пути, с аналитическим заданием поверхности катания колеса, при движении вперед или назад, при задании случайных неровностей реального стыкового пути, записанных НИЛ динамики и прочности подвижного состава ДИИТа при проведении различных экспериментальных исследова-

дований, для конструкции УЭлНИИ или НЭВЗа, с симметричным или несимметричным расположением гидроамортизаторов второй ступени, с люлечным подвешиванием или боковыми опорами во второй ступени подвешивания, с передачей тягового усилия через наклонные тяги или через шкворень.

В процессе решения задачи варьировалось большое число параметров ходовых частей: жесткости буксовой, второй ступеней подвешивания и буксовых поводков, длина люлечных подвесок, их угол наклона к горизонтали и расстояние между ними в продольном направлении, коэффициент вязкого трения амортизаторов второй ступени подвешивания, их углы наклона, расстояние между ними в продольном направлении и взаимное расположение, коэффициент вязкого трения амортизаторов буксовой ступени подвешивания, их характеристика (симметричная или несимметричная), угол наклона, жесткость горизонтального упора между кузовом и тележкой и величина начального зазора между ними, жесткость упругой связи между наклонной тягой и кузовом. Исходные значения параметров согласованы с Заказчиком. Оценка динамических качеств электровоза производилась по большому числу динамических показателей (101 показатель): коэффициенты вертикальной и горизонтальной динамики по силам в верхней и буксовой ступенях подвешивания и по силам взаимодействия, вертикальные и горизонтальные ускорения пола кузова в разных сечениях и колесных пар, рамные, направляющие силы, напряжения в элементах пути, коэффициенты устойчивости от сдвига рельсо-шпальной решетки, от вкатывания колес на рельсы, коэффициента конструктивного запаса прогиба пружин, взаимные перемещения и скорости тел системы. Для всех этих параметров выбраны рациональные значения.

Выполнено сравнение результатов теоретических расчетов с данными натурных испытаний, показавшее удовлетворительное их согласование. Полученные результаты свидетельствуют об удачном выборе конструктивной схемы ходовых частей, принятые значения параметров близки к рациональным. Сравнение динамических показателей данного электровоза с известными прототипами, близкими по конструкции (типа ВЛ80 с рессорами в буксовом подвешивании, либо электровоза со шкворневой передачей тяговых сил и боковыми опорами), показывает, что динамические качества электровоза ДЭ1 по ряду показателей выше, чем у рассмотренных прототипов.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

1. Гарг В.К., Дуккипати Р.В. Динамика подвижного состава. - М.: "Транспорт", 1988. - 392 с.
2. Математическое моделирование колебаний рельсовых транспортных средств В.Ф. Ушкалов, Л.М. Резников, В.С. Иккол, Е.Ю. Трубицкая, С.Ф. Редько, А.И. Залесский; Под ред. В.Ф. Ушкалова. - Киев: Наук. думка, 1989. - 240 с.