

## ПРИМЕНЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКИХ ВИБРОПОГЛОЩАЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ТЕЛЕЖКЕ ГРУЗОВОГО ВАГОНА

*А. А. ТАРМАЕВ*

*Иркутский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация*

*Г. И. ПЕТРОВ*

*Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва*

### **Введение**

Перспективным направлением повышения эффективности перевозок и обеспечения безопасности движения на железных дорогах является улучшение динамических качеств и увеличение межремонтного пробега вагонов за счет модернизации их тележек.

В настоящее время в моделях тележек Motion Control – США, 18-194, 18-9750, 18-9800, 18-9810 – Россия, 18-7020, 18-4129 – Украина, ZK-1, ZK-2 – Китай установлены податливые резинометаллические элементы между буксой и боковой рамой [1]. Элементы исполняются как в виде простых полиуретановых накладок, так и в виде многослойных резинометаллических прокладок (металло-эластомерных элементов). Для оценки влияния модернизации тележек с применением металло-эластомерных элементов на снижение вибронагруженности была разработана математическая модель динамики вагона.

### **Расчет показателей безопасности движения вагона**

При формировании систем дифференциальных уравнений движения применялся принцип Германа – Эйлера – Даламбера и производился их численный анализ разностно-итерационным с автоматическим выбором шага и безитерационным замкнутым методами интегрирования. Математическая модель вагона формировалась посредством расчетной схемы экипажа в виде системы отдельных твердых и податливых тел, соединенных между собой нелинейными упруго-фрикционными связями с кинематическими и динамическими ограничениями, внутренних и внешних сил и моментов.

Моделирование движения экипажа заключалось в численном интегрировании систем дифференциальных уравнений на заданном отрезке времени или пройденного пути. При этом на каждом шаге интегрирования по времени определяются значения координат, скоростей и ускорений всех тел в принятой расчетной схеме и усилия в связях, а также следующие величины: коэффициент запаса устойчивости каждого колеса против схода с рельсов; подъем гребня каждого колеса на головку рельса с оценкой возможности схода; динамическая ширина колеи с оценкой возможности провала каждого колеса внутрь колеи; мощность сил трения, факторов износа на обод и гребне каждого колеса, головке рельса; динамические боковые, направляющие и рамные силы во всех узлах «колесо – головка рельса», «колесная пара – рельсовые нити», «буксы колесной пары – боковой рамы тележки» и т. д.; коэффициенты динамики по необрессоренным и обрессоренным деталям каждой тележки.

Безопасность движения оценивалась по коэффициенту запаса устойчивости колеса против схода с рельса [2]. В качестве нормируемых показателей ходовых качеств, используемых для оценки колебаний обрессоренных частей грузового вагона, были приняты коэффициенты вертикальной динамики рессорных комплектов и ускорения кузова в шкворневых точках.

### **Описание математической модели антифрикционного износостойкого вибропоглощающего элемента в изнашиваемых фрикционных узлах тележки модели 18-100**

Элементы представляют собой трехслойную металло-эластомерную прокладку, состоящую из двух стальных и одного полимерного или резинового слоев. Вибропоглощающий элемент (рисунок 1) смоделирован в виде подсистемы, что позволяет вставлять его в качестве связи между узлами трения в тележках вагона.

Математическая модель полимерного слоя реализована при помощи таких реологических моделей, как ячейка Максвелла (последовательное соединение линейных пружины и демпфера) и рессора Фанчера (параллельно установленных пружины и гасителя сухого трения) [3].

Приняты следующие рациональные упруго-фрикционные параметры полимерного слоя вибропоглощающего элемента: коэффициент трения  $\mu = 0,8$ , жесткость рессоры (параллельной пружины)  $c_{fan}$  и жесткость последовательной пружины  $c$ ,  $c_{fan} = c = 9$  МН/м,  $\beta = 0,000002$ , коэффициент нелинейности  $k = -6 \cdot 10^{12}$  Н/м<sup>3</sup>,  $d = 4500$  Н·с/м.

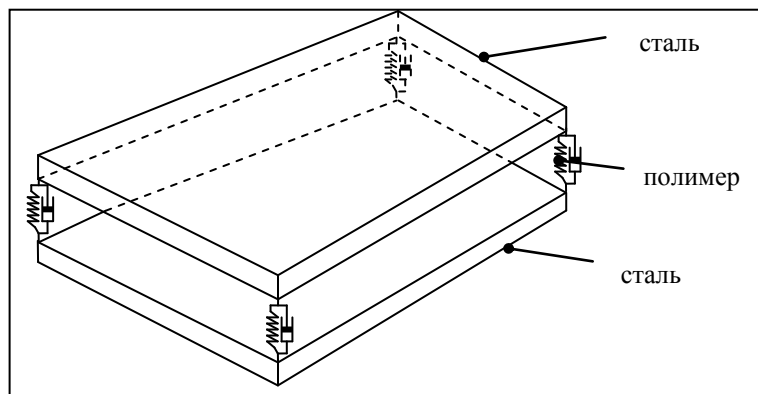


Рисунок 1 – Трехслойный антифрикционный износостойкий вибропоглощающий элемент

Связь верхней и нижней пластин с внешними по отношению к вибропоглощающим элементам телами реализована при помощи контактных элементов типа «точка – плоскость», которые задаются коэффициентами трения, контактными жесткостью и диссипацией.

### Сравнительное моделирование движения вагона на типовых и модернизированных тележках 18-100

Сравнение экспериментальных данных с результатами численного моделирования производилось по динамическим процессам в порожнем и груженом режимах движения. При сравнении учитывались следующие динамические показатели: коэффициент запаса устойчивости колеса от вкатывания на головку рельса; коэффициент вертикальной динамики по раме; рамные силы. Полученные результаты численного моделирования показали удовлетворительную сходимость с экспериментальными данными, что свидетельствует о достоверности разработанной математической модели вагона для оценки влияния установки вибропоглощающих элементов.

#### Результаты и выводы

Упруго-гистерезисные свойства полимеров (эластомеров) позволяют эффективно перерабатывать разночастотные динамические вибрации. Эффективным и недорогим способом снижения вибронгруженности и износа деталей и узлов ходовых частей, увеличения гарантированного безремонтного пробега вагона является выполнение всех износостойких и опорных элементов в парах трения тележки в виде антифрикционных износостойких вибропоглощающих элементов. Вибропоглощающие элементы не требуют особого ухода, их характеристики регулируются толщиной полимерного слоя.

Вагон с тележкой, имеющей антифрикционные вибропоглощающие элементы, обладает лучшими динамическими показателями, чем вагон с типовой тележкой без модернизации, и сниженным износом ходовых частей. В диапазоне конструкционных скоростей движения порожнего и груженого вагонов достигается улучшение динамических показателей: по запасу устойчивости колеса против схода с рельсов – на 10–30 %, по забегу боковых рам тележки – на 20–50 %, по боковым силам – на 10–22 %, по удельной работе (износам) профиля колеса – на 20 %, по работе сил трения (износам) корпуса буксы и буксовых направляющих боковой рамы – на 50–83 % в порожнем и на 87 % в груженом режимах, по вертикальной динамике колеса и рельса на 36 %.

#### Список литературы

- 1 **Бороненко, Ю. П.** Инновации в тележках грузовых вагонов: реальность и перспективы / Ю. П. Бороненко, Е. А. Рудакова, А. М. Орлова // Наука и транспорт. – 2009. – С. 14–17.
- 2 Методика компьютерной оценки безопасности движения подвижного состава : утверждена МПС РФ / В. Д. Хусидов [и др.]. – М. : МПС РФ, 1999. – 23 с.
- 3 **Петров, А. Г.** Способ увеличения межремонтного пробега грузовых вагонов за счет модернизации тележки / А. Г. Петров, М. В. Сапетов, С. И. Порядин // Мир Транспорта. – 2015. – № 3. – С. 46–57.