

А. П. Зыков, А. А. Петров, В. М. Медвецкий, В. Н. Фридлянов

# Демпфирующий комплекс для пассажирских вагонов

**В связи с малым ресурсом безотказной работы и недостаточной эффективностью гидродемпферов, используемых в настоящее время в системах подвешивания подвижного состава, компания ЗАО «Техиндустрия СКР» разработала новый демпфирующий комплекс пассажирского вагона с гидравлическими гасителями колебаний в центральном и буксовом подвешивании. Сравнительные стационарные и ходовые испытания показали, что опытный комплекс более эффективно гасит динамические возмущения в частотном диапазоне до 10 Гц, устраняя при этом влияние резонансных скоростей.**

Основным фактором, ускоряющим износ материальной части железнодорожных вагонов и рельсового пути, являются несбалансированные динамические нагрузки, возникающие при взаимодействии ходовой части вагона и железнодорожного полотна. В этом плане особенно опасны различного рода резонансные явления, возникающие во время движения, которые существенно уменьшают ресурсные показатели. Практически единственным средством, которое может в должной мере обеспечить сохранность путевого хозяйства и существенно увеличить срок службы ходовой части вагона, является качественное демпфирование динамических нагрузок. Решение этой проблемы позволит дополнительно повысить безопасность и комфортность пассажирских перевозок при значительном увеличении их рентабельности. Без качественного и полного решения вопросов демпфирования проводимое техническое перевооружение железнодорожного транспорта теряет не менее половины своей эффективности.

В настоящее время основной демпфирующий комплекс пассажирских вагонов представляет собой двухступенчатую систему, первой (буксовой) ступенью которой явля-

ется демпфер сухого трения шпиртонного типа, а второй (в центральном подвешивании) — гидродемпфер.

Основными недостатками существующей системы демпфирования являются малый ресурс безотказной работы (по гидродемпферу) и недостаточно высокая эффективность демпфирования (малый диапазон демпфируемых частот, медленная реакция на возникающие динамические возмущения вследствие наличия нормируемых зазоров в опорах, зависимость характеристик фрикционных демпферов от погодных условий и др.).

В соответствии с постановкой задачи нужно было разработать, изготовить, отработать в полном объеме новый демпфирующий комплекс пассажирских вагонов с использованием гидродемпферов в обеих ступенях подвешивания. Опытный демпфирующий комплекс должен обладать существенно более высокими ресурсными характеристиками (срок службы до отказа — до 3 лет), эффективно гасить динамические возмущения в диапазоне частот до 10–15 Гц, увеличивая относительный срок службы материальной части вагона и рельсового пути не менее чем в 2 раза. Новый демпфирующий ком-

плекс должен работать при любой реализуемой скорости движения пассажирских вагонов в диапазоне температур от  $-60$  до  $+60$  °С, существенно повышая безопасность и комфортность поездки.

Работу нужно было завершить проведением сравнительных стационарных и ходовых испытаний серийного и опытного демпфирующих комплексов на Белореченском полигоне с подтверждением заявленных характеристик непосредственно на пассажирских вагонах.

## Расчетное определение параметров демпфирования по ступеням опытного демпфирующего комплекса

Кроме реализации высоких технических и ресурсных показателей, важной задачей является подбор параметров демпфирования по ступеням на основе решения задачи на оптимум, так как силовые параметры демпферов центрального и буксового подвешивания взаимосвязаны и взаимозависимы.

Выбор расчетной точки колебательной системы проводится с учетом прямого контакта с буксой колесной пары, которая непосредственно передает динамические нагрузки от взаимодействия с рельсовым путем на исследуемую колебательную систему.

Расчеты на оптимум проводились по приближенной расчетной схеме, которая представляет собой двухступенчатую колебательную систему с промежуточной массой, составляющую приблизительно десятую часть основной рассматриваемой массы. Жесткостные и массовые характеристики для проведения расчетов взяты из технической документации тележки КВЗ-ЦНИИ типа 1.

Постановка и расчет задачи оптимального распределения уровней демпфирования дает следующие значения безразмерных коэффициентов поглощения энергии колебаний  $\eta$  по ступеням:

- для центральной ступени подвешивания  $\eta_{ц} = 1,323$ ;
- для буксовой ступени подвешивания суммарный коэффициент рассеяния  $\eta_6 = 5,82$  (для одного буксового демпфера  $\eta_6 = 2,9$ ).

Для силовой характеристики гидродемпферов  $\beta$  получены следующие значения:

- в центральном подвешивании для угла  $45^\circ$   $\beta_{ц} = 176$  кН·с/м;
- в центральном подвешивании для угла  $35^\circ$   $\beta_{ц} = 218$  кН·с/м;
- для одного из двух гидродемпферов буксовой ступени, расположенных вертикально,  $\beta_{26} = 270$  кН·с/м.

На рис. 1 показана частотная характеристика  $U(\omega)$  пассажирской тележки с коэффициентами  $\eta_{ц} = 0,5$  в центральной ступени (нормативное значение) и  $\eta_6 = 5$  в буксовой ступени. В этом случае на безразмерных частотах от 1 до 10 возникает резонансный пик. При  $\eta_{ц} = 1,323$  (расчетное значение) в частотной характеристике на входе в буксовую ступень резонансный пик отсутствует.

Основное отличие предлагаемой системы заключается в том, что при повышении значения силовых характеристик гидродемпферов обеих ступеней подвешивания колебательная система пассажирского вагона переводится из класса систем, управляемых упругостью (пружинами), в класс систем, управляемых демпфированием (гасителями колебаний или демпферами).

### Конструктивное решение опытного демпфирующего комплекса

На рис. 2 показано размещение гидродемпферов опытного комплекса на тележке КВЗ-ЦНИИ типа 1. Новый гидродемпфер центрального подвешивания размещается там же, где и серийный. Для буксовых гидродемпферов рассматривалось два варианта размещения. Первый предусматри-

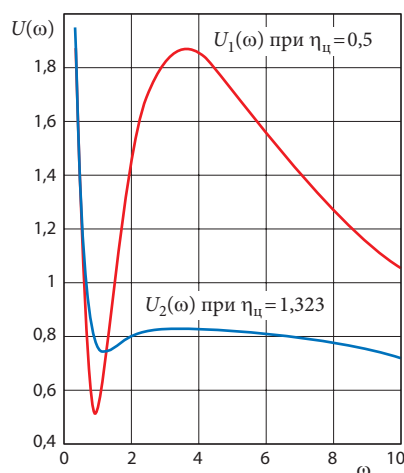


Рис. 1. Пассажи́рская тележка как двухступенчатая колебательная система:  $U_1(\omega)$ ,  $U_2(\omega)$  — частотные характеристики тележки при нормированном и расчетном значениях коэффициента  $\eta_{ц}$ ;  $\omega$  — безразмерная частота

вал их установку внутри буксовых пружин вместо демпферов сухого трения. После проведения экспертизы эскизного проекта было признано целесообразным остановиться на втором варианте, для реализации которого необходимо было оборудовать тележку дополнительными узлами крепления, позволяющими установку четырех гидродемпферов. При этом для нейтрализации работы демпферов сухого трения их фрикционные втулки были заменены на фторопластовые. Узлы крепле-

ния в буксовой ступени были приварены к раме тележки и корпусу буксы (рис. 3). Такое размещение буксовых гидродемпферов обеспечивало свободный доступ к ним для осмотра в процессе испытаний; это также позволило максимально унифицировать гидродемпферы центрального и буксового подвешивания, которые отличались друг от друга только силовыми характеристиками, сохраняя одинаковые габаритные и присоединительные размеры, а также размеры основных деталей, расположенных внутри них.

### Комплектация опытного демпфирующего комплекса и отработка его элементов

Основным элементом опытного демпфирующего комплекса является полностью отработанный унифицированный гидравлический гаситель колебаний центральной ступени подвешивания железнодорожного вагона. Габаритные и присоединительные размеры этого гасителя полностью совпадают с аналогичными размерами серийного образца. Демпферы успешно прошли эксплуатационные испытания (пробег 180 тыс. км) на пассажирском вагоне поезда Москва—



Рис. 2. Размещение гидродемпферов опытного комплекса



Рис. 3. Гидродемпфер буксовой ступени подвешивания

Воркута. Кроме того, в полном объеме были проведены климатические и ресурсные сертификационные испытания. В настоящее время гидродемпфер поступает в подконтрольную эксплуатацию.

На этой базовой модели гидродемпфера отработаны основные технические решения, которые обеспечили ему высокие эксплуатационные характеристики: увеличенный в 6 раз межремонтный период, расширенный диапазон эксплуатации от  $-60$  до  $+60$  °С,

устойчивость к динамическим воздействиям в диапазоне частот от 0 до 10 Гц при ресурсе работы до отказа, достигающем 3 лет, возможность работы в любом положении от горизонтального до вертикального. Гидродемпфер обеспечивает широкий диапазон регулирования силовой характеристики, а узлы крепления имеют компенсаторы углов перекося, которые возможны при установке.

Опытный демпфирующий комплекс вагона состоит из четырех гидродемпферов центральной ступени подвешивания (по два на каждую тележку при расчетном угле наклона 45 град) и восьми вертикально расположенных буксовых гидродемпферов (по два с каждой стороны тележки). Демпферы изготавливали по единым Техническим условиям, согласованным с ВНИИЖТом и департаментом дальних пассажирских перевозок ОАО «РЖД».

#### Объект сравнительных стационарных и ходовых испытаний

В период с 27 апреля по 13 мая 2005 г. на скоростном испытательном полигоне ВНИИЖТа

Белореченская—Майкоп были проведены сравнительные стационарные и ходовые динамические испытания пассажирского вагона модели 47 К/к №01910546 на тележках КВЗ-ЦНИИ типа 1 с серийными и опытными гидрогасителями в центральном и буксовом подвешивании. Опытные гидрогасители разработаны по проекту ЗАО «Техиндустрия СКР».

Стандартные шпиритонные втулки в буксовом подвешивании заменили на фторопластовые.

Работа проводилась в два этапа по техническому заданию ЗАО «Техиндустрия СКР» коллективом сотрудников ВНИИЖТа в соответствии с хозяйственным договором между организациями. На первом этапе измерения по согласованной программе проводились со стандартным демпфирующим комплексом, а на втором этапе — с опытным. Некоторые виды измерений дублировали специалисты ЗАО «Техиндустрия СКР» на собственном оборудовании.

Для проведения испытаний был сформирован опытный сцеп, состоящий из двух локомотивов ЧС-4Т (в голове и хвосте), опытного вагона и вагона-лаборатории. На опытном вагоне гидродемпферы центральной подвешивания располагались под углом 35 град, что отличалось от расчетного значения.

Для проведения испытаний опытный вагон был оборудован приборами и датчиками для измерения вертикальных динамических нагрузок на раме тележки и надрессорной балке, вертикальных и горизонтальных ускорений кузова и рамы тележки, вертикальных динамических прогибов центрального и буксового рессорного подвешивания, осевых сил на штоках гидродемпферов буксовой и центральной ступеней, относительных перемещений штока гасителя колебаний центральной ступени подвешивания, а также скорости движения и признаков пути (прямая, кривая, станция, стрелки).

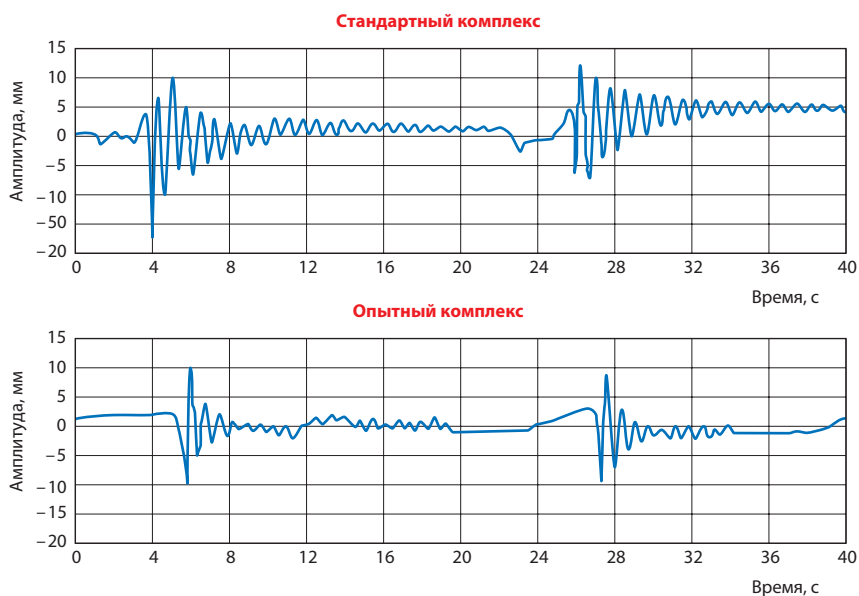


Рис. 4. Изменение вертикального прогиба центральной ступени подвешивания при сбрасывании вагона с клиньев



### Результаты сравнительных стационарных и ходовых испытаний серийного и опытного комплексов

Сравнительные стационарные испытания проводили методом сбрасывания вагона с клиньев высотой 25–27 мм, при этом опытный сцеп накатывался на клинья со скоростью 1–2 км/ч. Отрабатывалось три варианта сбрасывания: подпрыгивание (клинья подкладывались под все восемь колес вагона), галомирование (под четыре колеса измерительной тележки) и боковая качка (под четыре колеса вдоль одной стороны вагона).

На рис. 4 показаны сравнительные результаты измерения вертикального динамического прогиба центрального рессорного подвешивания для серийного и опытного демпфирующих комплексов. Время успокоения вагона с опытным демпфирующим комплексом в 3 раза меньше, чем с серийным комплексом, а максимальная динамическая амплитуда в 2 раза меньше. Такие же соотношения сохраняются для других видов сбрасывания вагона с клиньев. Максимальная динамическая амплитуда прогибов буксового рессорного подвешивания для опытного демпфирующего комплекса также в 2 раза меньше, чем у серийного варианта.

Измерения также показали, что гидродемпферы в серийной системе работают много хуже опытных, развивая при этом меньшее усилие в процессе демпфирования динамических возмущений, воздействующих на вагон.

Отмеченные преимущества опытного демпфирующего комплекса перед серийным в эффективности демпфирования при стационарных испытаниях методом сбрасывания с клиньев сохраняют-

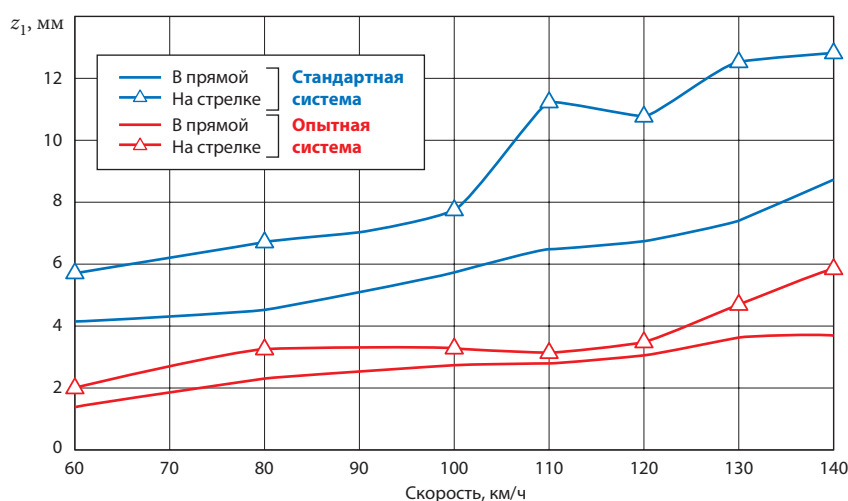


Рис. 5. Изменение вертикального прогиба  $z_1$  буксовой ступени в зависимости от скорости движения

ся и при сравнительных ходовых испытаниях, которые проводили в диапазоне скорости до 140 км/ч.

На рис. 5 показаны кривые изменения вертикального прогиба буксовой ступени в зависимости от скорости движения вагона, снятые при ходовых испытаниях. Как следует из графика, сохранилось то же различие опытного и серийного демпфирующих комплексов, которое было отмечено при проведении сравнительных испытаний на сбрасывание с клиньев.

### Выводы

Опытный демпфирующий комплекс составлен на основе максимально унифицированных гидравлических гасителей колебаний центрального и буксового подвешивания, изготовленных по единым техническим условиям.

Результаты сравнительных стационарных и динамических испытаний опытного и серийного демпфирующих комплексов показали, в частности, следующее:

- при сбрасывании с клиньев на вагоне с опытными гасителями время затухания колебаний в 2,5–3 раза короче, а начальная амплитуда в 1,5–2 раза меньше, чем при серийном демпфирующем комплексе;
- вертикальные динамические прогибы буксового подвешивания при постановке опытных гасителей в 2,5–3 раза меньше по сравнению со стандартными гасителями при скорости движения до 140 км/ч и более.

Новый демпфирующий комплекс устраняет «резонансные» скорости, что вместе с существенным уменьшением динамических нагрузок на материальную часть вагона и рельсового пути (в 2,5 раза) не менее чем в 2 раза увеличивает срок службы материальной части. Новый комплекс эффективнее гасит динамические возмущения в частотном диапазоне до 10 Гц, минимизируя влияние на организм человека особенно вредных вибраций в диапазоне 4–8 Гц (вертикальные колебания). При этом существенно увеличивается безопасность и комфортность пассажирских перевозок.