

РАЗРАБОТКА ЭЛАСТОМЕРНОГО ДЕМПФЕРА ДЛЯ ТЕЛЕЖКИ ПАССАЖИРСКОГО ВАГОНА



Д.Г. Евсеев



Ю.Н. Сарычев

Предложено техническое решение по конструкции эластомерного двухходового демпфера для применения в тележках пассажирских вагонов. Выполнен анализ свойств эластомера. Описаны устройство и принцип действия демпфера. Результаты работы могут быть использованы для создания действующих образцов эластомерного демпфера и внедрения их на пассажирских вагонах.

Ключевые слова: тележка пассажирского вагона, гаситель колебаний, энергопоглощающие устройства, эластомер, вязкое трение

Существует ряд конструктивных схем реализации эластомерных поглощающих приборов, подробно описанных, в частности, в работах [1;2], в которых приводятся классификация эластомерных аппаратов и их основные конструктивные схемы. Анализ конструктивных недостатков некоторых ранее разрабатывавшихся моделей позволил сформулировать основополагающие принципы разработки конструкции эластомерных демпферов [2–4], которые применены в настоящем исследовании.

Главными свойствами эластомера, определяющими, наряду с линейными размерами, работу демп-

феров, являются объемная жесткость и вязкость [5], которые, в свою очередь, определяются молекулярным строением эластомеров.

Внутренняя структура эластомера представляет собой длинные полимерные молекулы с высокой гибкостью, свернутые в клубки. Множество молекул-клубков оказываются перепутанными, что объясняет особые свойства эластомеров при действии внешних сил. Во-первых, эластомерам свойственна высокая объемная сжимаемость, так как между молекулами имеется достаточно большое незаполненное пространство. Во-вторых, эластомеры обладают

Евсеев Дмитрий Геннадьевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Технология транспортного машиностроения и ремонта подвижного состава» Института транспортной техники и систем управления Российского университета транспорта (ИТТСУ РУТ (МИИТ)), Заслуженный деятель науки РФ, научный руководитель – координатор Программы «Формирование и развитие высокоскоростного амфибийного транспорта в России». Область научных интересов: безопасность на транспорте, высокоскоростной амфибийный транспорт. Автор более 250 научных работ, в том числе трех учебников, пяти монографий. Имеет более 40 патентов и авторских свидетельств на изобретения.

Сарычев Юрий Николаевич, аспирант кафедры «Технология транспортного машиностроения и ремонта подвижного состава» Института транспортной техники и систем управления Российского университета транспорта (ИТТСУ РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: совершенствование конструкций вагонов. Автор двух научных работ.

Андриянов Сергей Сергеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство» Института транспортной техники и систем управления Российского университета транспорта (ИТТСУ РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: производство и модернизация грузовых вагонов, динамика вагона, эластомерные поглощающие аппараты. Автор семи научных работ.

высокой вязкостью, вследствие появления сетки узлов между молекулами. В-третьих, для эластомеров характерна высокая релаксационная способность.

При достаточно длительном действии внешних нагрузок эластомер имеет три стадии деформации: упругую, высокоэластическую и вязкоупругую. Остановимся на них более подробно.

1. В начальной фазе деформирования имеет место упругая стадия, которая называется механическим стеклованием. Критическое время для завершения этой стадии называется временем релаксации. Оно зависит от давления и температуры, но не зависит от уровня внешней нагрузки (если при этом не меняется химическая структура).

2. Следующая стадия – высокоэластическая, для которой характерна текучесть эластомера. Упругая и высокоэластическая стадии деформации являются обратимыми. Для эластомеров высокоэластической стадией можно пренебречь ввиду ее незначительного влияния на общий процесс [6–8].

3. Дальнейшая стадия – вязкотекучести эластомера – связана с перегруппировкой сегментов молекул под действием нагрузки. Следует отметить, что в обычных жидкостях течению подвергаются молекулы, в эластомере же – сегменты молекул-клубков. На вязкость эластомера влияют, в первую очередь, скорость деформации, температура и давление.

Следует остановиться на преимуществах кремнийорганических (силоксановых) эластомеров, которые делают их наиболее эффективными для применения в энергопоглощающих устройствах:

- высокая гибкость полимерных цепочек, обеспечивающая повышение объемной сжимаемости;
- достаточно низкая температура релаксации [9];

- высокая долговечность;
- экологическая безопасность [1].

Разработка конструктивной схемы двухходового эластомерного демпфера

Внешний вид предлагаемого эластомерного гасителя колебаний приведен на рисунке, а.

Габаритные размеры предлагаемого эластомерного гасителя соответствуют размерам ныне применяющихся гидравлических гасителей, что обеспечивает возможность размещения гасителя на тележке вагона.

Общая конструктивная схема предлагаемого демпфера приведена на рисунке, б, где показана трехмерная модель, в которой вырезана четверть для просмотра внутреннего устройства демпфера.

Кожух 1 через запрессованную крышку 13 жестко соединен со штоком 10, составляющим единое целое с поршнем 9. Внешняя нагрузка передается на шток через верхний кронштейн 3, также жестко связанный с ним. Внутри кожуха перемещается плунжер 2 (внутренний корпус), жестко связанный с нижним дном 5 и нижним кронштейном 3. Внешняя нагрузка передается на плунжер 2 через этот кронштейн. Плунжер 2 имеет два герметичных дна 5 и 11, причем верхнее дно 11 имеет отверстие для выхода штока и снабжено уплотнением 12.

Шток 10 перемещается внутри плунжера, причем их соосность обеспечивается, во-первых, верхним дном 11 с уплотнением 12 и, во-вторых, подвижной опорой 8 с уплотнением 7, жестко закрепленной на штоке 10 при помощи гайки фиксатора 6. Внутри плунжера 2 имеется три камеры А, В и С с эластомером, разделенные поршнем 9 и подвижной опорой 8.

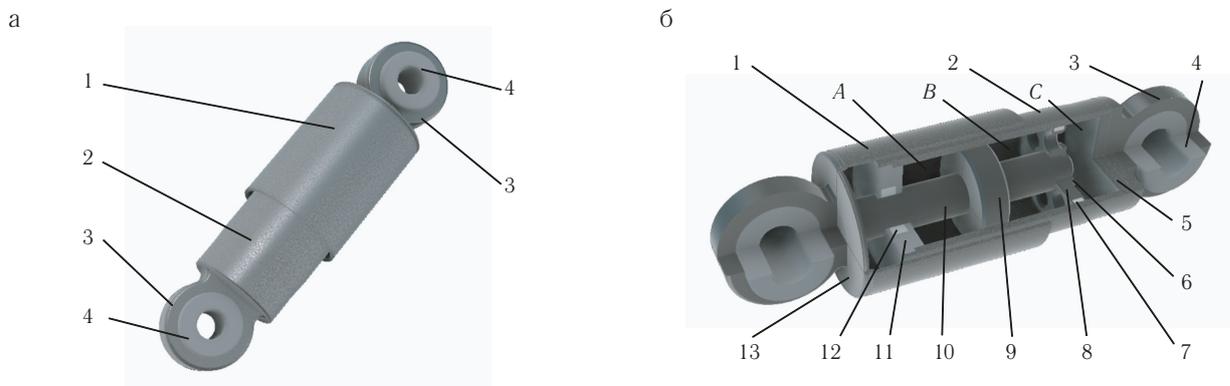


Рисунок. Двухходовой эластомерный демпфер: а – внешний вид; б – конструктивная схема: 1 – кожух; 2 – плунжер (корпус); 3 – верхний и нижний кронштейны; 4 – упругая прокладка; 5 – нижнее дно корпуса; 6 – гайка-фиксатор опоры; 7 – уплотнение опоры; 8 – подвижная опора с отверстиями; 9 – поршень; 10 – шток; 11 – верхнее дно корпуса; 12 – уплотнение верхнего дна; 13 – крышка кожуха; А, В, С – камеры с эластомером

Между наружной поверхностью поршня 9 и внутренней поверхностью плунжера 2 имеется узкий кольцевой зазор для перетекания эластомера с сопротивлением между камерами *A* и *B*; подвижная опора 8 имеет шесть отверстий достаточно большого диаметра для практически свободного перетекания эластомера между камерами *B* и *C*.

Принцип действия двухходового эластомерного демпфера состоит в следующем. В режиме сжатия, когда надрессорная балка перемещается вниз относительно рамы тележки, внешние силы, приложенные к кронштейнам 3 через прокладки 4, заставляют шток 10 с поршнем 9 перемещаться внутрь плунжера 2. При этом в камерах *B* и *C* с эластомером повышается давление, а в камере *A* — понижается. Это заставляет эластомер перетекать из камеры *B* в камеру *A* через кольцевой зазор между поршнем и плунжером. При течении эластомера возникают силы вязкого трения, работа которых создает основную долю рассеяния энергии в демпфере.

Кроме того, эластомер в камерах *B* и *C* испытывает объемное упругое сжатие, что создает дополнительную амортизацию усилий в рессорном подвешивании. В демпфере также действуют силы сухого трения, связанные со взаимным скольжением его элементов. Эти силы вносят менее существенный вклад в общую диссипацию энергии.

В режиме растяжения, когда надрессорная балка поднимается относительно рамы тележки, на кронштейны 3 действуют растягивающие силы, заставляющие шток выходить из плунжера. В камере *A* под действием поршня создается повышенное давление, а

в камерах *B* и *C* — разрежение. В результате эластомер перетекает из камеры *A* в камеру *B* через кольцевой зазор. Силы трения в любом случае направлены против скорости перемещения штока относительно плунжера.

Таким образом, предлагаемую конструкцию демпфера можно назвать двухходовой. Возвращение гасителя в исходное состояние происходит, во-первых, под действием силы упругости эластомера, а во-вторых, под действием пружин центрального рессорного подвешивания. Это дает возможность сделать устройство двухходовым, что практически неосуществимо в поглощающих аппаратах автосцепного устройства без принципиальных конструктивных изменений в нем.

Заключение

Выполнен анализ свойств эластомера с точки зрения его применения в качестве рабочего тела энергопоглощающих устройств.

Проанализированы подходы к проектированию эластомерных энергопоглощающих устройств, что может быть использовано при проектировании эластомерных гасителей колебаний и поглощающих аппаратов с другими конструктивными решениями.

Предложено техническое решение по конструкции двухходового эластомерного демпфера для тележки пассажирского вагона. Описаны основные элементы данного демпфера и принцип его действия как в режиме сжатия, так и в режиме расширения.

Эластомерные демпферы могут быть внедрены в перспективных тележках пассажирских вагонов. 

Литература

1. Горячев, С.А. Разработка методики проектирования и выбор параметров эластомерного поглощающего аппарата грузовых вагонов : специальность 05.22.07 «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Горячев Сергей Александрович; УрГУПС. — Екатеринбург, 1999. — 152 с. — Текст: непосредственный.
2. Андриянов, С.С. Нагруженность элементов специализированных вагонов, оборудованных амортизаторами повышенной энергоемкости: специальность 05.22.07 «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Андриянов Сергей Сергеевич; Московский государственный университет путей сообщения (МИИТ). — Москва, 2006. — 106 с. — Библиогр.: с. 94–106. — Текст: непосредственный.
3. Нормы для расчёта и проектирования вагонов железных дорог МПС колес 1520 мм (несамоходных). — Москва: ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996. — 319 с. — Текст: непосредственный.
4. Технические требования на разработку автосцепного устройства грузовых вагонов нового поколения 10/31 ЦВА. — МПС РФ, 1999. — Текст: непосредственный.
5. Техническая физика и химия эластомеров: учебное пособие/И.П. Петрюк, А.Н. Гайдадин, В.Ф. Каблов, А.М. Огрель; Гос. техн. ун-т. — Волгоград: Политехник, 2001. — 87 с. — Текст: непосредственный.

6. Бартенев, Г.М. Трение и износ полимеров / Г.М. Бартенев, В.В. Лаврентьев. — Ленинград. Ленинградское отделение: Химия, 1972. —240 с. —Текст: непосредственный.
7. Привалко, В.П. Молекулярное строение и свойства полимеров / В.П. Привалко. —Ленинград. Ленинградское отделение: Химия, 1986. —238 с. —Текст: непосредственный.
8. Виноградов, Г.В. Реология полимеров / Г.В. Виноградов, А.Я. Малкин. —Москва: Химия, 1977. —438 с. —Текст: непосредственный.
9. Аскадский, А.А. Химическое строение и физические свойства полимеров / А.А. Аскадский, Ю.И. Матвеев. —Москва: Химия, 1983. —248 с. —Текст: непосредственный.
10. Аскадский, А.А. Деформация полимеров / А.А. Аскадский. —Москва: Химия, 1973. —448 с. —Текст: непосредственный.
11. Чугаев, Р. Р. Гидравлика (техническая механика жидкости): учебник для студентов гидротехнических специальностей высших учебных заведений / Р. Р. Чугаев. —Изд. 5-е, репр. —Москва: Бастет, 2008. —672 с. —Текст: непосредственный.
12. Справочник по гидравлическим расчетам / Под ред. П.Г. Киселева —4-е изд., перераб. и доп. —Москва: Энергия, 1972. —312 с. —Текст: непосредственный.