

The paper presents the mathematical model of the process of oil sorption by fibrous material based on polyethylene terephthalate staple fibers. The model allows to assign reasonably the parameters of fibrous sorbent products depending on conditions of their application.

Key words: mathematical modeling, process of sorption, sorption coefficient.

УДК 629.027

В. А. Дюнов, кандидат технических наук, Пермский военный институт внутренних войск МВД России
С. Н. Казанцев, Пермский военный институт внутренних войск МВД России
А. Д. Проданов, курсант, Пермский военный институт внутренних войск МВД России
Я. Э. Алксне, курсант, Пермский военный институт внутренних войск МВД России

УПРАВЛЯЕМАЯ ПОДВЕСКА С МАГНИТОРЕОЛОГИЧЕСКИМИ АМОРТИЗАТОРАМИ

Описываются возможности управления характеристиками подвески за счет установки амортизаторов с магнитоологическими жидкостями.

Ключевые слова: автомобиль, подвеска, устойчивость, плавность хода, амортизатор.

В условиях эксплуатации автомобилей их средняя скорость движения существенно зависит от подвески. Поэтому важно знать, как уменьшить уровень вибронегруженности автомобиля и снизить ограничивающее воздействие перегрузок на скоростной режим.

Большое значение на плавность хода автомобиля оказывает коэффициент демпфирования [1]. Он характеризует степень затухания колебаний, возникающих в упругой системе от какого-либо внешнего возбуждающего воздействия. При одной и той же частоте свободных колебаний они могут затухать за больший или меньший отрезок времени в зависимости от значения коэффициента демпфирования. При большем его значении (при установке более мощных амортизаторов) колебания затухают быстрее. В случае установившихся вынужденных колебаний амплитуда их тем меньше, чем больше коэффициент демпфирования.

В практике эксплуатации автомобилей неизбежны случаи их использования с недогрузкой (с массой, уменьшенной по сравнению с номинальной). Также непостоянно и состояние дорожного покрытия, вызывающее колебания. В этом случае частота собственных колебаний может увеличиваться, а плавность хода и быстроходность ухудшаться. Для устранения этого недостатка необходимо применять упругие элементы с нелинейной характеристикой, у которых отношение жесткости подвески к массе автомобиля практически постоянно в рабочем диапазоне изменения массы.

Таким свойством обладают, в частности, пневматические и пневмогидравлические подвески, все чаще применяемые как на легковых автомобилях, так и на автомобилях большой грузоподъемности. Они позволяют не только улучшить плавность хода, но и снизить металлоемкость движителя, так как

они легче и более компактны, чем рессорные. Конструкция таких подвесок хорошо известна и отработана [2].

Одним из современных направлений развития управляемых подвесок являются подвески с магнитоологическими амортизаторами. Магнитоологические амортизаторы могут устанавливаться вместо обычных гидравлических амортизаторов без существенных доработок конструкции автомобиля. Конструкция таких подвесок отработана в настоящее время хуже, хотя они устанавливаются на ряд зарубежных автомобилей (Audi, Ferrari, Cadillac, Chevrolet).

Конструктивно магнитоологический амортизатор представляет собой гидравлический амортизатор, в поршне которого расположен электромагнит, (рис. 1). Ферромагнитная жидкость (ФМЖ), используемая в амортизаторе, представляет собой коллоидный раствор высокодисперсных ферромагнитных материалов в различных носителях. Под воздействием магнитного поля частицы ферромагнитных материалов выстраиваются по линиям магнитного поля, в результате чего в зоне магнитного поля изменяется вязкость и плотность жидкости. Так, статическая вязкость ФМЖ составляет 0,002-0,003 Па·с, но в магнитном поле увеличивается до 0,003-0,0045 Па·с. Физическая плотность ФМЖ обычно равна 0,9-1,1 г/см³, но под воздействием магнитного поля может составлять 8-9 г/см³ и более. Очевидным является и изменение динамической вязкости ферромагнитной жидкости, при этом изменять вязкость возможно с частотой 1000 раз/сек., то есть регулирование характеристик происходит фактически мгновенно [3, 4].

Главным показателем всех амортизаторных жидкостей, качественно влияющим на характеристику сопротивления амортизаторов, является коэффициент кинематической вязкости [5]:

$$v = \frac{\mu'}{\rho} = \frac{dP_\tau}{dS \frac{du}{dz} \rho}, \quad (1)$$

где μ' – динамический коэффициент вязкости; ρ – плотность жидкости; dP – элементарная величина силы вязкого трения, Н; dS – площадь соприкосновения слоев в частице жидкости; dz/du – модуль градиента скорости; du – разница скоростей на сдвиговых плоскостях жидкости; dz – расстояние между плоскостями.

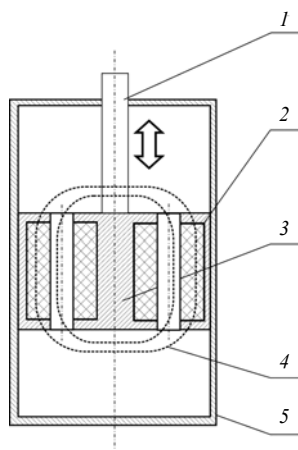


Рис. 1. Общее устройство магнитоэлектрического амортизатора: 1 – шток; 2 – обмотка электромагнита; 3 – поршень; 4 – линии магнитного поля; 5 – корпус

Для любой реологической среды сдвиговая вязкость определяется отношением касательного напряжения к градиенту скорости, поперечному направлению движения, что для МРЖ зависит от напряженности приложенного магнитного поля. Если считать магнитоэлектрическую жидкость линейно-вязкопластичной средой, то ее поведение описывается моделью Шведова – Бингхэма [6], учитывающей совместное влияние вязкости и пластичности на касательные напряжения, и сдвиговая вязкость определяется как

$$\eta = \frac{\tau_y}{\gamma} + \eta_p, \quad (2)$$

где τ_y – предельное напряжение сдвига (предел текучести), Па; γ – сдвиговая скорость, м/с; η_p – показатель консистенции магнитоэлектрической жидкости, являющийся аналогом коэффициента пластической вязкости, т. е. вязкости при отсутствии магнитного поля.

Точность и диапазон перемещений магнитоэлектрического механизма определяется перепадом давлений Δp , Па, создаваемым в рабочем зазоре так называемым магнитоэлектрическим дросселем (совокупность отверстий в поршне амортизатора). Перепад давлений состоит из двух компонентов: Δp_η (вязкий компонент, определяющийся течением жидкости с вязкостью h); Δp_τ (компонент, определяющийся пределом текучести структурированной магнитным полем среды).

При воздействии магнитного поля на магнитоэлектрическую жидкость в поршне перепад давлений можно выразить в следующем виде:

$$\Delta p = \Delta p_\eta + \Delta p_\tau = \frac{12\eta QL}{2\pi R} + \frac{c\tau_y L}{h}, \quad (3)$$

$$\Delta p = \frac{12\eta QL}{2\pi R} + \frac{c(k_1 B_f + k_2 B^2)L}{h}, \quad (4)$$

где Q – расход МРЖ через дроссель; L , h , R – геометрические параметры дросселя; c – коэффициент, зависящий от отношения $\Delta p_\tau / \Delta p_\eta$ ($c = 2$ при $\ll 1$; $c = 3$ при > 100); k_1 , k_2 – постоянные коэффициенты, определяемые графически исходя из марок жидкостей и магнитной напряженности (справочные данные); H – напряженность магнитного поля, действующего на магнитоэлектрическую жидкость; B_f – магнитная индукция в магнитопроводе.

Величина эффективной вязкости жидкости для сферических частиц согласно формуле Шлиомиса:

$$\eta^* = \eta_0 \left(1 + \frac{5}{2} \phi + \frac{2}{3} \phi \frac{\xi - \text{th} \xi}{\xi + \text{th} \xi} \sin^2 \alpha \right). \quad (5)$$

Здесь ξ определяется соотношением

$$\xi = mH / kT, \quad (6)$$

где m – магнитный момент коллоидной частицы; k – постоянная Больцмана; T – абсолютная температура; ϕ – объемная концентрация магнитных коллоидных частиц; α – угол между векторами гидродинамического вихря ω в жидкой среде и внешнего магнитного поля H_0 .

Вязкость и плотность магнитной жидкости существенно зависят от геометрии полюсов, расстояния между ними и напряженности магнитного поля.

Таким образом, управляя величиной напряженности магнитного поля возможно осуществлять управление характеристиками амортизатора (рис. 2).

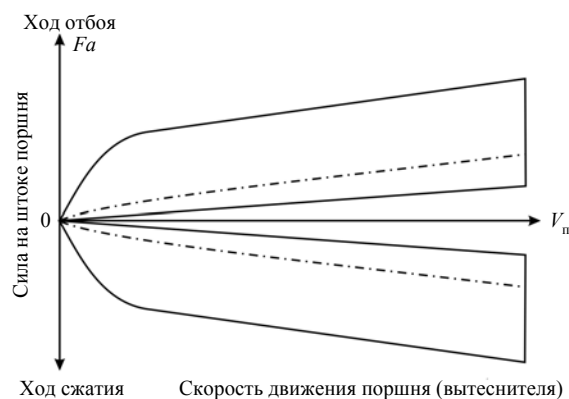


Рис. 2. Сравнительные рабочие характеристики магнитоэлектрического (зона в контуре сплошной линии) и обычного гидравлического амортизаторов (штрихпунктирная линия)

Увеличение вязкости и плотности используемой магнитоэлектрической жидкости приводит практи-

чески к пропорциональному росту усилий сопротивления ходу штока поршня. При увеличении вязкости жидкости более 2000 сСт возможно блокирование подвески.

Управление характеристиками амортизатора осуществляется электронным блоком управления, получающим данные от датчиков ускорений, расположенных на элементах подвески и кузове автомобиля. Так как серьезное влияние на вязкость жидкости оказывает нагрев рабочей жидкости, то рациональным является введение в конструкцию амортизатора датчика температуры ферромагнитной жидкости, позволяющего корректировать температурные изменения вязкости непосредственно в процессе движения.

Применение амортизатора с ферромагнитной жидкостью позволяет также существенно упростить конструкцию подвески, отказавшись от стабилизатора поперечной устойчивости, так как возможно независимое изменение характеристик амортизаторов

любых колес. Индивидуальное управление амортизаторами позволит улучшить и управляемость автомобиля.

Библиографические ссылки

1. Платонов В. Ф. Полноприводные автомобили. – М. : Машиностроение, 1989. – 312 с. : ил.
2. Певзнер Я. М., Горелик А. М. Пневматические и гидропневматические подвески. – М. : Машгиз, 1963. – 320 с. : ил.
3. Такетоми С., Такадзumi С. Магнитные жидкости. – М. : Мир, 1993. – 272 с. : ил.
4. Фертман В. Е. Магнитные жидкости : справочное пособие. – Минск : Вышэйш. шк., 1988. – 184 с. : ил.
5. Дербаремдикер А. Д. Гидравлические амортизаторы автомобилей. – М. : Машиностроение, 1969. – 236 с. : ил.
6. Кубич В. И., Ядчишин Ю. В. К вопросу построения характеристики амортизатора с магнитореологической жидкостью // Вестник КДПУ имени Михаила Остроградского. – Вып. 4/2009 (57). – Ч. 2.

V. A. Dyunov, PhD in Engineering, Perm Military Institute of Russian Interior Ministry Troops

S. N. Kazantsev, Perm Military Institute of Russian Interior Ministry Troops

A. D. Prodanov, Student, Perm Military Institute of Russian Interior Ministry Troops

Ya. E. Alksne, Student, Perm Military Institute of Russian Interior Ministry Troops

Controllable Suspension with Magnetorheological Shock-Absorber

Possibilities of controlling the suspension characteristics by installing the shock absorber with magnetorheological fluids are described.

Key words: vehicle, suspension, cornering stability, smoothness, shock-absorber.

УДК 539.374: 620.178.3

В. И. Добровольский, доктор технических наук, профессор, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

С. В. Добровольский, доктор технических наук, профессор, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

МЕТОД ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МАЛОЦИКЛОВОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ

Предложен метод оценки малоцикловой долговечности элементов конструкций, когда в качестве физического критерия прочности выбрана удельная энергия упругопластической деформации как интегральная характеристика напряженно-деформированного состояния (НДС).

Ключевые слова: образец, элемент конструкции, концентрация и градиент энергии, критерий подобия.

Применительно к многоцикловой усталости энергетические критерии прочности детально исследованы в ряде работ [1–12].

Вместе с тем для малоцикловой области, имеющей ряд особенностей, энергетические критерии прочности в целом и, в частности, применительно к зонам конструктивной концентрации изучены недостаточно. В связи с этим в данной работе предложен метод прогнозирования малоцикловой долговечности элементов конструкций при энергетической трактовке разрушения.

На основе исследований [13, 14] за критерий малоцикловой усталости принята амплитуда удельной потенциальной энергии упругопластического деформирования. Анализ результатов малоцикловых испытаний гладких образцов показал [13, 15], что для сталей после непродолжительной стадии циклического упрочнения или разупрочнения наступает длительный период стабилизации. При этом стабилизированная диаграмма малоциклового упругопластического деформирования в действительных координатах $\sigma - \epsilon$ хорошо описывается зависимостью