

УДК 620.22;419:629.33

ИССЛЕДОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЧНОСТНЫХ И ЖЕСТКОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ МАГНИТОАКТИВНЫХ ЭЛАСТОМЕРОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В КОНСТРУКЦИИ ТРАВМОБЕЗОПАСНОГО БАМПЕРА АВТОМОБИЛЯ

© 2011 г.

В.В. Богданов¹, Р.В. Боков¹, Д.Ю. Борин²

¹Московский государственный технический университет «МАМИ»

²Институт механики жидкостей Дрезденского технического университета (Германия)

bogdanov@mami.ru

Поступила в редакцию 15.06.2011

Представлены теоретические и экспериментальные результаты исследований магнитоактивных (магнитореологических) эластомеров различной внутренней структуры, используемые авторами при разработке конструкции травмобезопасного энергопоглощающего бампера легкового автомобиля. Внимание акцентировано на расчете и оптимизации ряда прочностных и жесткостных параметров вышеупомянутых материалов при динамических нагрузках, эквивалентных фронтальному столкновению легкового автомобиля с препятствием или пешеходом.

Ключевые слова: бампер, магнитореологический эластомер, фронтальный удар, эффект памяти формы.

Решение проблемы безопасности на автомобильном транспорте в России, в частности минимизация негативных последствий ДТП при столкновении автомобилей с пешеходами, представляет собой актуальную задачу [1]. Один из действенных путей решения данной проблемы – применение новых смарт-материалов (в том числе с эффектом памяти формы, например таких, как магнитоупругие или магнитореологические эластомеры) в конструкциях энергопоглощающих травмобезопасных бамперов, как первых элементов конструкции, соприкасающихся с препятствиями во время удара [2].

Магнитоактивный эластомер – композит, состоящий из упругой матрицы (на основе силиконовой резины) и микро- или наночастиц магнитомягкого материала (например, порошка карбонильного железа) – под действием наведенного внешнего магнитного поля из-за сил взаимодействия между частицами, вызывающих процессы образования структур и препятствующих механической деформации образца материала, способный за единицы миллисекунд изменять свою жесткость, а также обладающий другими магнитоуправляемыми эффектами. Из последних для практического применения в автомобилестроении более всего пригодны следующие: магнитореологический (увеличение модуля Юнга в зависимости от приложенного магнитного поля), магнитодеформационный (изменение геометрических размеров образца в неоднородном магнитном поле), сжатие в переменном магнитном поле, маг-

нитострикционный эффект (изменение формы в однородном магнитном поле) и эффект памяти формы (если к образцу, помещенному в однородное магнитное поле, приложить усилие и деформировать его, то он приобретает и сохраняет вновь приданную ему форму, а при снятии магнитного поля принимает первоначальную форму). Экспериментально-теоретическое исследование вышеупомянутых эффектов способствовало созданию конструкции энергопоглощающего травмобезопасного бампера [2, 3] с накладкой из магнитоактивного эластомера.

Экспериментальные исследования внутренней структуры и свойств магнитоактивных эластомеров с различной концентрацией и дисперсностью магнитного наполнителя, проведенные в МГТУ «МАМИ» и Техническом университете Дрездена, позволили выбрать два наиболее подходящих для обеспечения травмобезопасности на автомобильном транспорте вида образцов вышеупомянутых материалов, микроструктура которых (a – анизотропная, b – изотропная) приведена на рис. 1.

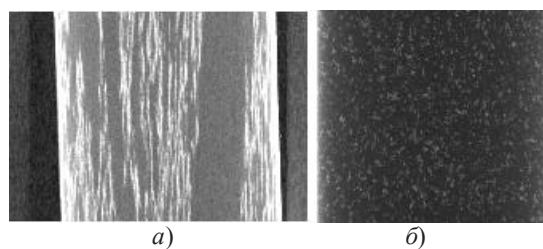


Рис. 1

С целью определения наилучших параметров и характеристик конструкции бампера (с точки зрения энергопоглощения и травмобезопасности) еще на стадии проектирования были проведены расчеты методом конечных элементов (МКЭ). Математическая модель представляла собой пространственную трехмерную деформируемую конструкцию. Тело бампера моделировалось оболочечными элементами, а магнитоактивный эластомер – трехмерными объемными элементами.

С учетом данных проведенных экспериментальных исследований эластомеров были проанализированы различные математические модели нелинейных гиперупругих материалов. По результатам анализа было проведено численное моделирование имевшего место эксперимента и корреляция полученных расчетных и эксперимен-

тальных параметров.

По уточненным данным модели, в свою очередь, были проведены соответствующие расчеты конструкции бампера на прочность и жесткость, проведена многопараметрическая оптимизация для изотропной и анизотропной моделей магнитоактивного эластомера по его толщине, форме, варьированию определенных конструктивных элементов тела бампера. На рис. 2 приведены примеры расчетов МКЭ осуществленного моделирования конструкции бампера с магнитоактивным эластомером. На рис. 2 представлено распределение эквивалентных напряжений в эластомере (на фрагменте конструкции бампера). На рис. 3 показана деформация фрагмента конструкции бампера с накладкой из магнитоактивного эластомера.

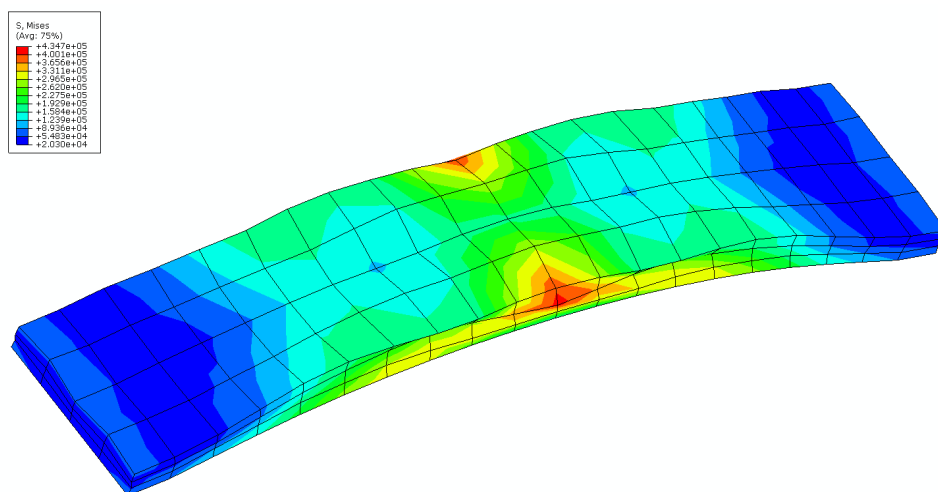


Рис. 2

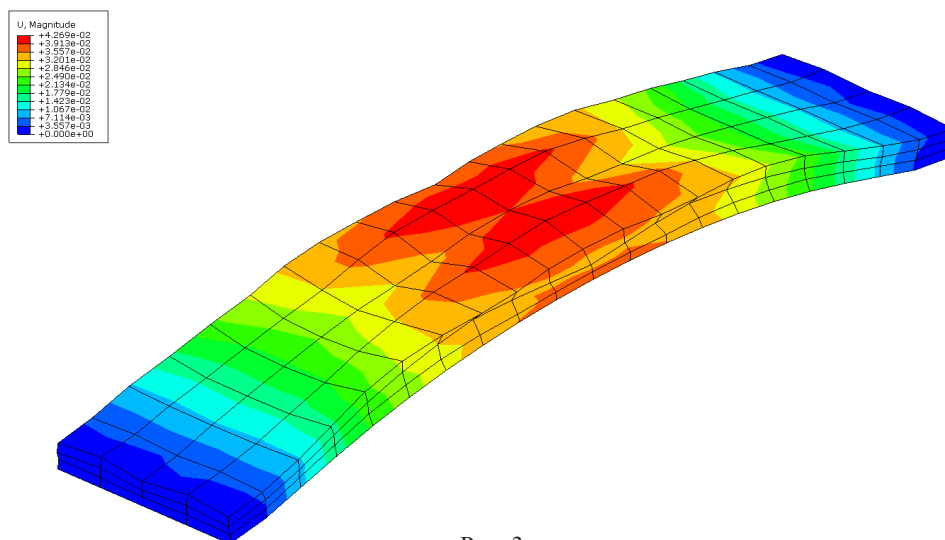


Рис. 3

Список литературы

1. Балабин И.В., Богданов В.В., Симос Дж. Бампер легкового автомобиля как эффективный носитель функции защиты от травмирования участников движения // Журнал автомобильных инженеров. 2010. №5 (64).
2. Балабин И.В. и др. Магнитореологический эластомер с эффектом памяти формы как компонент энергопоглощающего покрытия бампера АТС // Автомобильная промышленность. 2010. №10.
3. Bogdanov V., Borin D., Stepanov G., Andruszkiewicz A. Usage of magneto-active elastomers in a bumper of a vehicle for front impact protection // J. Physics: Conference Series 149. 2009. P. 012089.

**INVESTIGATION AND OPTIMISATION OF THE STRENGTH AND RIGID PROPERTIES OF
MAGNETORHEOLOGICAL ELASTOMERS USED IN THE DESIGN OF THE CAR TRAUMA-SAFE
ENERGY-ABSORBING BUMPER**

V.V. Bogdanov, R.V. Bokov, D.Yu. Borin

Theoretical and experimental results of the investigations of magnetorheological elastomers with various internal structures are presented. These elastomers are used by the present authors in designing a safe energy-absorbing bumper for vehicles. The study is focused on the calculation and optimization of the strength and rigid properties of elastomers under dynamic loadings equivalent to the frontal impact of the passenger vehicle with an obstacle or a pedestrian.

Keywords: bumper, magnetorheological elastomer, front impact, memory shape effect.