

УДК 629.015

А.Б. Карташов

**ПРИМЕНЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В КОНСТРУКЦИИ ХОДОВОЙ ЧАСТИ ГОРОДСКОГО АВТОМОБИЛЯ**

Московский государственный технический университет Н.Э. Баумана

В статье обоснована актуальность применения композиционных материалов в ходовой части автомобилей. Представлены примеры движителя и рессоры на основе стеклопластика, разработанные и созданные в МГТУ им. Н.Э. Баумана.

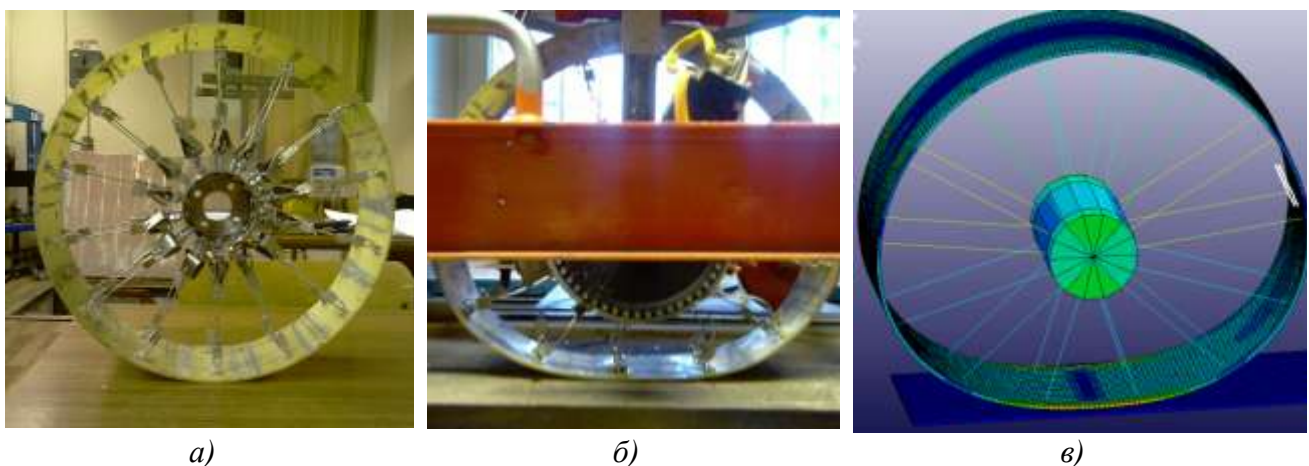
*Ключевые слова:* автомобиль, проходимость, композиционный материал, рессора, ходовая часть, сопротивление качению, эксперимент.

Одним из путей снижения собственной массы городского автомобиля при переходе на альтернативные источники энергии является использование композиционных материалов не только в кузовных конструкциях, но и в ходовой части. Стеклопластик – материал на основе полимерной матрицы, упроченной стеклянными наполнителями (главным образом, стеклянными волокнами), является, по нашему мнению, наиболее перспективным для применения в ходовой части.

В таком материале стеклянные волокна воспринимают основную долю приходящейся на материал нагрузки, обеспечивая его прочность и жесткость. Полимерная матрица обеспечивает передачу напряжений между волокнами и включение их в работу, защищает наполнитель от воздействия внешней среды.

Отличительной особенностью стеклопластика является уникальное сочетание технически необходимых свойств – высокой прочности и демпфирующей способности, коррозионной и химической стойкости, низкой теплопроводности и плотности.

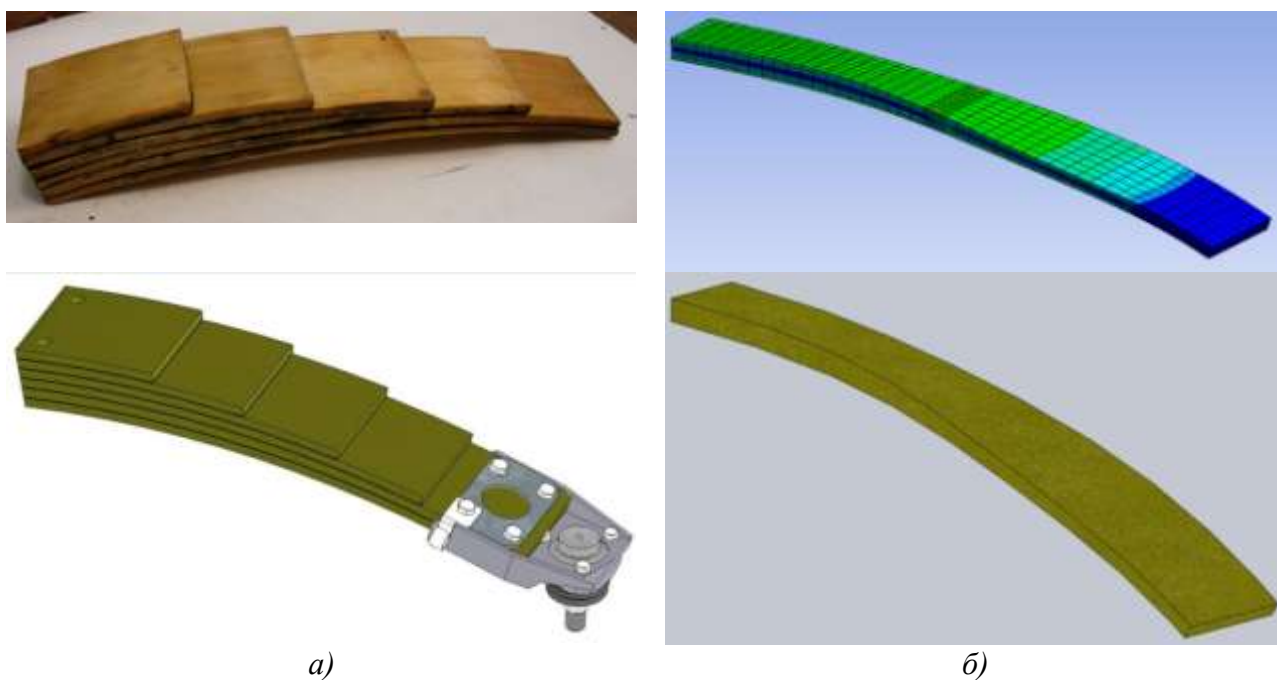
В МГТУ им. Н.Э. Баумана разработаны и созданы конструкции колесных движителей с применением композиционных материалов (рис. 1, а, б) и независимых подвесок с монолистовой и многолистовой рессорой (рис. 2, а).



**Рис. 1. Упругое стеклопластиковое колесо (опытный образец):**  
а – в свободном состоянии; б – под нагрузкой; в – конечно-элементная модель

Независимая подвеска с упругодемпфирующей рессорой из композиционного материала позволяет уменьшить массу подвески более чем в два раза. Рассеивание энергии колебаний в такой подвеске происходит за счет внутреннего трения в стеклопластике, что позволяет отказаться от использования амортизатора.

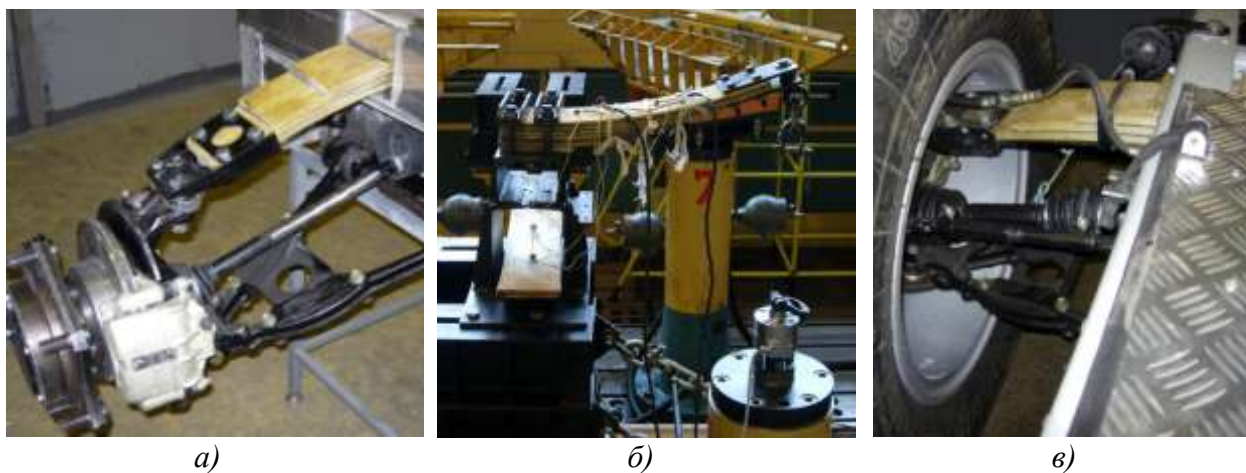
Кроме того, вследствие высокой прочности и жесткости стеклопластика возможно использования упругодемпфирующих элементов в качестве направляющих элементов подвески. Сказанное подтверждают многочисленные исследования, проводимые в США, Англии, Франции, Германии, Японии.



**Рис. 2. Стеклопластиковая рессора (опытный образец):**

*а* – многослойная рессора из стеклопластика;  
*б* – модель монослойной рессоры из стеклопластика

Теоретические и экспериментальные исследования демпфирующих свойств композитов, проводимые в МГТУ им. Н. Э. Баумана, подтверждают возможность отказа от классической конструкции амортизатора в подвеске с упругодемпфирующим элементом из стеклопластика. Созданный опытный образец автомобиля с подвеской из композиционных материалов показал очень высокие результаты по обеспечению опорной проходимости во многом благодаря снижению массы за счет применения стеклопластика в ходовой части. Общий вид подвески с упругодемпфирующим элементом из композиционного материала и испытательный стенд представлены на рис. 3.



**Рис. 3. Независимая подвеска с многослойной рессорой из композиционного материала (опытный образец):**

*а* – общий вид подвески; *б* – испытательный стенд; *в* – действующий образец

Однако подвеска с упругодемпфирующим элементом из стеклопластика не единственный элемент ходовой части автомобиля, использование композиционных материалов в котором позволит снизить массу и улучшить эксплуатационные свойства.

Второй элемент ходовой части автомобиля, где применение композиционных материалов на основе стеклопластика позволит существенно улучшить эксплуатационные свойства современного городского автомобиля, – это колесный движитель.

Несмотря на кажущуюся простоту, деформируемое колесо как объект исследования обладает многообразными свойствами, проявляющимися в достаточно сложных физических явлениях, сопровождающих процесс качения. В истоках изучения сопротивления качению колеса лежат исследования Ш. Кулона, О. Рейнольдса, Н.П. Петрова, А.В. Белинского, В.П. Горячкина, М.Н. Летошева и др.

Сопротивление качению колеса с пневматической шиной является одним из основных видов сил сопротивления движению автомобилей и одновременно одним из важнейших критериев их конструкторского совершенства. Меры по уменьшению сопротивления качению транспортных средств всегда занимали важное место в развитии инженерной мысли и истории автомобильной техники. В настоящее время все больше иностранных исследований направлены на создание безвоздушных колесных движителей (рис. 4). Основное преимущества таких движителей – это большая надежность вследствие отсутствия герметичной газовой оболочки и потенциальная возможность уменьшить сопротивление качению, т.е. энергозатраты, что особенно важно для электро- и гибридных автомобилей.



Рис. 4. Современные безвоздушные колесные движители

В общем случае упругое стеклопластиковое колесо представляет собой обод, выполненный из стеклопластика с ориентированным расположением непрерывного стекловолокна, связанный с помощью упругих или работающих на растяжение соединителей со стальной ступицей (рис. 5).

Соединители обеспечивают передачу усилий от обода через ступицу на ось колеса. Конструктивно в качестве соединителей могут быть использованы рессоры, пружины, тросы или комбинация этих элементов.

Методом спиральной или продольно-поперечной намотки возможно получить стеклопластиковый обод с диагональным или радиальным расположением волокон. Так как достоинства и высокие механические характеристики композитов наиболее полно реализуются в материалах, армированных параллельными волокнами, стеклопластики с ориентированным расположением волокон представляют наибольший интерес.

Автором получены экспериментальные и теоретические данные, характеризующие процессы, происходящие при качении стеклопластикового движителя.



**Рис. 5. Макет упругого стеклопластикового колеса**

Установлено, что затраты энергии на движения стеклопластикового колеса (сопротивление качению) в несколько раз меньше затрат при качении колеса с пневматической шиной. Для экспериментального сравнения использовались колесные движители сопоставимого диаметра: стеклопластиковый движитель – 340 мм; колесо с пневматической шиной от спортивного карта диаметром – 320 мм.

Эксперимент проводился на стенде «Грунтовой канал» (рис. 6), представляющем собой стол с бетонным основанием, оснащенный рельсами, по которым на четырех разгруженных стальных направляющих колесах может двигаться динамометрическая тележка с исследуемым колесным движителем. Динамометрическая тележка протягивалась с помощью электродвигателя при различных вертикальных нагрузках, действующих на исследуемое колесо. Система цифровых и аналоговых датчиков позволяет регистрировать:

- значения силы, необходимой на протягивание тележки с нагруженным колесом;
- число оборотов колеса при прохождении мерного участка;
- изменение динамического радиуса качения колеса в процессе движения.
- скорость движения колеса.

Стенд оснащен аналого-цифровым преобразователем сигнала Zet-210, усилителем Zet-411 и портативным ЭВМ.

В результате эксперимента были получены данные об изменении сопротивления качению в зависимости от вертикальной нагрузки для колеса с пневматической шиной и упругого стеклопластикового колеса.

Результатирующий график изменения коэффициента сопротивления качению для испытуемых образцов представлен на рис. 7.



Рис. 6. Общий вид стенда «Грунтовой канал»

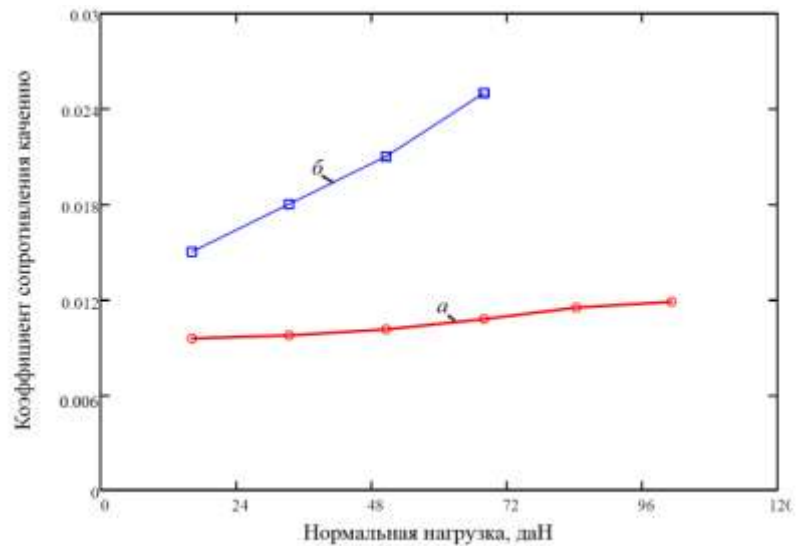


Рис. 7. Зависимость изменения коэффициента сопротивления качению от нормальной нагрузки:

*a* – упругое стеклопластиковое колеса;  
*b* – колесо с пневматической шиной

Из приведенных результатов видно, что упругое стеклопластиковое колесо имеет значительно меньший и слабо зависящий от вертикальной нагрузки коэффициент сопротивления качению. Это позволит в несколько раз снизить энергозатраты на движение автомобиля, особенно при движении с низкими скоростями. Кроме того, значительно меньшие масса и момент инерции позволят снизить общую массу автомобиля и окажут положительное влияние на динамические качества машины за счет снижения затрат энергии на раскрутку колес.

В МГТУ им. Н.Э. Баумана разработаны методы создания упругих колес и упруго-демпфирующих элементов из стеклопластика, позволяющие на стадии проектирования рассчитать несущую способность движителя и оценить гистерезисные потери, возникающие при движении колеса и при работе подвески.

Таким образом, применение композитов в ходовой части городского автомобиля позволяет снизить массу и уменьшить сопротивление движению, а, следовательно, энергозатраты на передвижение.

1. **Афанасьев, Б.А.** Проектирование элементов подсистем автомобиля из композиционных материалов / Б.А. Афанасьев, И.З. Даштиев. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 136 с.

Дата поступления  
 в редакцию 24.05.2010

**A.B. Kartashov**

## APPLICATION OF COMPOSITE MATERIALS IN THE CONSTRUCTION OF CHASSIS VEHICLES

The article substantiates the relevance of the use of composite materials in the chassis of the cars. The examples of wheel and spring on the basis of fiberglass, designed and created in the Bauman Moscow State Technical University are represented.

*Key words:* automobile, passability, composite material, spring, chassis, rolling resistance, the experiment.