

Использование постоянных значений длин неровностей, характерных для рассматриваемой неровной опорной поверхности, не противоречит физическому смыслу. Накопленный опыт исследователей, занимающихся вопросами плавности хода КМ, позволяет выбирать для типичных ОП значения диапазона возможных длин неровностей.

Уточненная методика расчета плавности хода позволяет более точно подобрать характеристики подвески КМ для снижения среднеквадратических значений вертикальных ускорений подрессоренной массы, увеличив скорости ее движения, а следовательно, и производительность.

Однако требуются дальнейшие исследования по оценке плавности хода с использованием пространственных динамических моделей колесных машин с учетом откорректированной методики. Также представляет интерес расширение экспериментальных и аналитических исследований по расчетной оценке влияния плавности хода на движение колесных машин по неровным деформируемым грунтовым поверхностям.

Такие исследования являются приоритетным научным направлением кафедры автомобилей и двигателей МГИУ [2, 5].

Литература

1. Агейкин Я.С., Вольская Н.С. Теория автомобиля: Учебное пособие. М.: МГИУ, 2007 – 324 с.
2. Агейкин Я.С., Вольская Н.С., Чичекин И.В. Проходимость автомобиля: Учебник. – М.: МГИУ, 2010 – 275с.
3. Гельфрат Д.Б., Ошноков В.А. Рамы грузовых автомобилей. Под редакцией проф. Липгарда А.А. М. – МАШГИЗ, 1959. – 237 с.: ил.
4. Ротенберг Р.В. Подвеска автомобиля Изд. 3 е переработ. и доп. М., «Машиностроение», 1972, с. 392.
5. Чичекин И.В. Разработка пространственных динамических моделей колесных машин для анализа проходимости при движении по неровным грунтовым поверхностям: автореферат на дис. канд. тех. наук: 01.02.06, 05.05.03 – Москва, 2010. – 23 с.

Идентификация параметров сопротивления движению колесных транспортных средств в эксплуатации

к.т.н. Шадрин С.С.

МАДИ (ГТУ)

+7-495-507-81-91, shadrin@madi.ru

Аннотация. В настоящей статье рассмотрена методика проведения испытаний современного легкового автомобиля, находящегося в эксплуатации, с идентификацией параметров сопротивления движению для дальнейшего более точного математического моделирования управляемого движения и возможности внесения корректировок в алгоритмы предикативных систем активной безопасности и систем межобъектного взаимодействия интеллектуальных транспортных средств .

Ключевые слова: *автотранспортное средство, идентификация параметров автомобиля, проведение эксперимента, шина CAN, имитационное моделирование движения автомобиля, многокритериальная оптимизация.*

Постановка задачи: определение коэффициента аэродинамического сопротивления и приведенного коэффициента сопротивления движению современного легкового автомобиля, находящегося в эксплуатации.

Объект испытаний – автомобиль категории M1 Land Rover Discovery 3 2009 года выпуска с дизельным ДВС 2,7TdV6, автоматической 6-ти ступенчатой трансмиссией, снаряженной массой 2718 кг, пневматическими шинами 255/60R18 M+S Good Year Wrangler. Пробег автомобиля на момент проведения испытаний составил 83247 км.

Измерительное оборудование: декодер CAN шины «NI-8473s» (National Instruments),

высокопроизводительный ноутбук.

Рассматриваемый автомобиль, как и все современные колесные транспортные средства, оснащен в штатной комплектации высокоскоростной шиной передачи данных CAN. В рассматриваемом случае шина относится к шинам CAN класс «С» со скоростью передачи данных 500 Кбит/с. Соответственно, с помощью декодера CAN шины можно получать значения скорости движения автомобиля в реальном времени через стандартизованные диагностические запросы, осуществляя запись данного параметра вместе с временными метками для дальнейшей обработки. В архитектуре сети рассматриваемого автомобиля производителем применены 29-битные идентификаторы передаваемых по шине CAN сообщений. В данном случае для получения параметра скорости движения автомобиля мы отправляли диагностические запросы с идентификатором «18DB33F1» [2] и данными запроса «02 01 0D 55 55 55 55 55» [3] (hex, т.е. 16-ый формат), а в ответ от ЭБУ ДВС получали сообщение «18DAF110» со значением скорости автомобиля (км/ч) в байте № 4 пакета данных (формат нумерации байт «Motorola»). Запись параметра скорости движения автомобиля, полученного с помощью диагностических запросов, на используемом оборудовании осуществлялась с интервалом дискретизации 160 мс (6,25 Гц). Программная реализация отправки в CAN шину автомобиля диагностических запросов и записи параметров движения с декодера «NI-8473s» может быть достаточно просто выполнена с использованием программного комплекса MatLab с модулем «Vehicle Network Toolbox» или программного комплекса LabView с пакетом «NI Automotive Diagnostic Command Set». Приведенных выше данных достаточно для проведения эксперимента с записью скорости движения автомобиля с CAN шины, однако мы применили ноу-хау МАДИ «Методика декодирования данных, передаваемых по CAN-шинам транспортных и технологических машин» и определили постоянно транслируемый ЭБУ АБС в шину CAN сигнал скорости автомобиля с более высокой степенью точности и с интервалом дискретизации 20 мс (50 Гц), поэтому в дальнейшем использовали более точный сигнал.

Проведение эксперимента: испытания проводились на сухом, ровном, чистом, прямолинейном участке дороги с асфальтобетонным покрытием в безветренную погоду. Испытуемый автомобиль разогнался в автоматическом режиме работы трансмиссии до скорости 150 км/ч, после чего осуществлялось движение накатом до достижения минимально установившейся скорости. В процессе испытаний проводилась запись значений скорости движения с частотой 50 Гц с CAN шины автомобиля.

Для рассматриваемого в процессе испытаний режима движения автомобиля будет справедливо следующее уравнение равновесия сил [4]:

$$m \cdot a_x = C_x \cdot \rho_g \cdot V_x^2 \cdot A_g / 2 + f_{\text{сопр}} \cdot m \cdot g \quad (1)$$

где: m - масса снаряженного автомобиля;

a_x - ускорение (замедление) относительно продольной оси автомобиля;

C_x - коэффициент аэродинамического сопротивления;

ρ_g - плотность воздуха ($\rho_g = 1,22625$ кг/м³);

V_x - продольная скорость автомобиля;

A_g - лобовая площадь автомобиля ($A_g = 1,61 \cdot 1,89 = 3,04$ м²);

$f_{\text{сопр}}$ - приведенный коэффициент сопротивления движению;

g - ускорение свободного падения.

Структурная схема уравнения (1) на языке графического программирования MatLab Simulink представлена на рисунке 1.

Входным параметром представленной математической модели является начальное (максимальное) значение скорости выполнения экспериментального заезда. Выходными параметрами являются значения скорости движения автомобиля в функции времени. В состав уравнения (1) входят два неизвестных параметра: коэффициент аэродинамического сопротивления и приведенный коэффициент сопротивления движению, определить которые мож-

но, решив задачу оптимизации с использованием модуля MatLab «Simulink Design Optimization» и экспериментальных данных заезда. Нахождение неизвестных параметров осуществлялось методом градиентного поиска при решении задачи нелинейной оптимизации с ограничениями. В результате расчетов был определен коэффициент аэродинамического сопротивления $C_x = 0,38$ и приведенный коэффициент сопротивления движению $f_{\text{сопр}} = 0,04$. Результаты расчета, полученные при решении задачи оптимизации, представлены на рисунке 2.

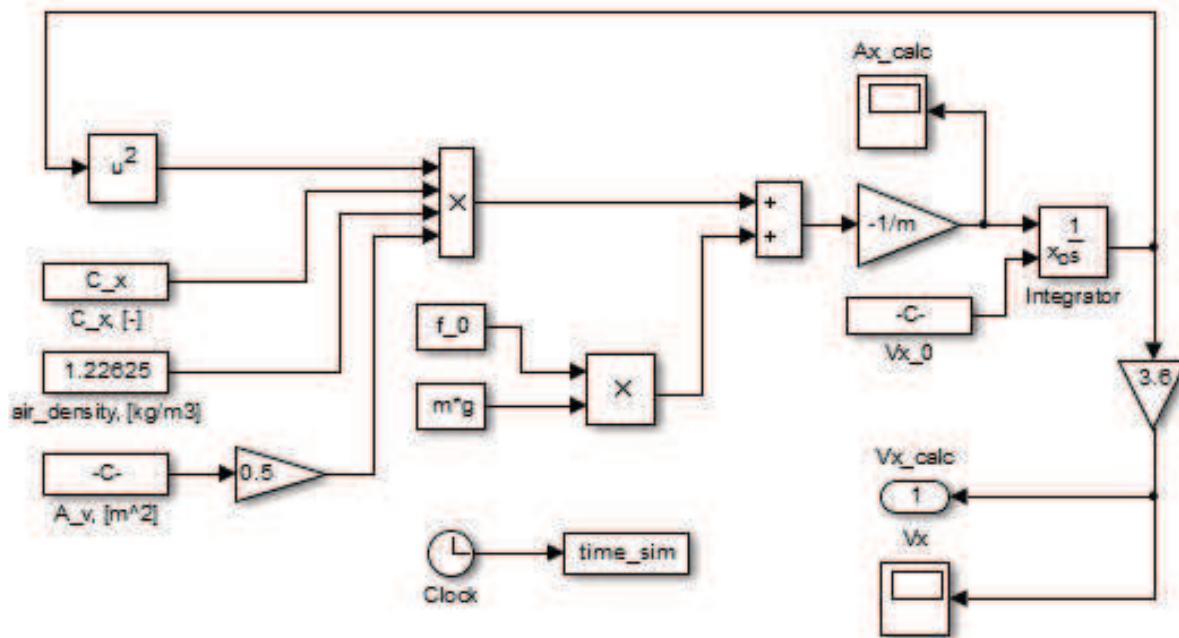


Рисунок 1. Структурная схема уравнения движения автомобиля, справедливая для проведенного эксперимента

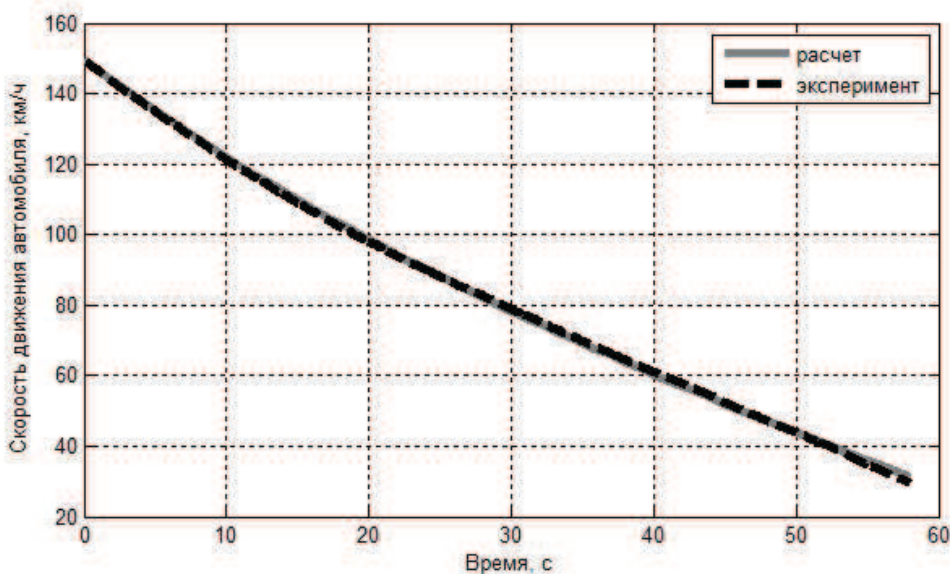


Рисунок 2. Сопоставление результатов расчета с данными эксперимента при решении задачи оптимизации

Проверка результатов расчета математической модели с полученными параметрами сопротивления движению на другой выборке экспериментальных данных показана на рисунке 3. В результате проведенного исследования была установлена возможность использования значений параметров движения автомобиля, получаемых в реальном времени с высокоскоростной шины CAN. Проведение дальнейших исследований объекта испытаний позволило декодировать данные угла и скорости поворота рулевого колеса, угловой скорости вращения

автомобиля относительно вертикальной оси, бокового ускорения, скорости вращения всех колес, оборотов ДВС, высоты датчиков положения пневматической системы поддрессоривания и другие. Такой подход открывает исследователям новые возможности в проектировании элементов дополнительных систем активной безопасности и устройств интеллектуальных транспортных систем (ИТС) [5]. Предложенная методика позволила идентифицировать параметры сопротивления движению современного автомобиля, находящегося в эксплуатации, что в перспективе может быть использовано при математическом моделировании управляемого движения исследуемого автомобиля, а также для внесения корректировок в алгоритмы предикативных систем активной безопасности и систем межобъектного взаимодействия интеллектуальных транспортных средств.

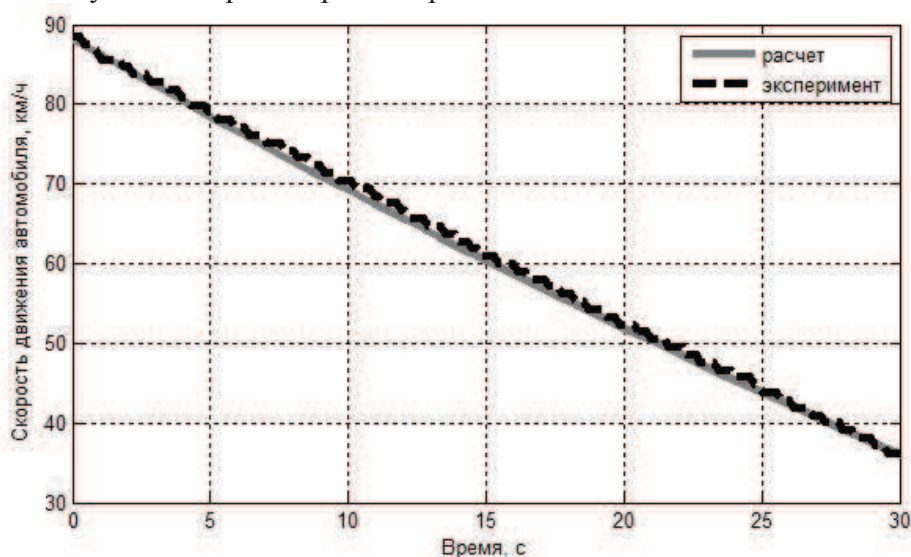


Рисунок 3. Проверка результатов расчета на другой выборке экспериментальных данных

Литература

1. Иванов А.М. Обоснование выбора ключевых технологий функционирования системы межобъектного взаимодействия интеллектуальных транспортных средств при движении по скоростным автомагистралям / А.М. Иванов, С.С. Шадрин // Вестник МАДИ. – 2013. – Вып. 1(32). – С. 7-13.
2. ISO 15765-4:2011(E) Road vehicles – Diagnostic communication over Controller Area Network (DoCAN) – Part 4: Requirements for emissions-related systems. – Second edition 2011-02-15.
3. ISO 15031-5:2011(E) Road vehicles – Communication between vehicle and external equipment for emissions-related diagnostics – Part 5: Emissions-related diagnostic services. – Second edition 2011-04-15.
4. Шадрин С.С. Методика расчетной оценки управляемости и устойчивости автомобиля на основе результатов полигонных испытаний. [Текст] : дис. канд. техн. наук: 05.05.03: защищена 28.12.09 : утв. 09.04.10 / Сергей Сергеевич Шадрин; МАДИ. – М., 2009. – 132 с.
5. Иванов А.М. Перспективы развития интеллектуальных бортовых систем автотранспортных средств в Российской Федерации/ А.М. Иванов, А.Н. Солнцев // Журнал автомобильных инженеров. – 2010. – Вып. 6(65). – С. 14-19.