

РАЗРАБОТКА И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ПЛАВНОСТИ ХОДА АВТОМОБИЛЯ

**В.Н. Торлин, профессор, д.т.н., А.А. Ветрогон, доцент, к.т.н.,
С.В. Огрызков, ст. преподаватель, Севастопольский НТУ**

***Аннотация.** Рассмотрены этапы создания и апробации программно-аппаратного комплекса для исследования колебательных процессов в подвеске автомобиля. Приводятся математические модели обработки данных с целью использования их для разработки системы управления подвеской.*

***Ключевые слова:** колебания, акселерометр, управляемая подвеска.*

РОЗРОБКА І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА СИСТЕМИ СТАБІЛІЗАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ ПЛАВНОСТІ ХОДУ АВТОМОБІЛЯ

**В.М. Торлін, професор, д.т.н., О.А. Ветрогон, доцент, к.т.н.,
С.В. Огрызков, ст. викладач, Севастопольський НТУ**

***Анотація.** Розглянуті етапи створення і апробації програмно-апаратного комплексу для дослідження коливальних процесів в підвісі автомобіля. Приводяться математичні моделі обробки даних з метою використання їх для розробки системи управління підвіскою.*

***Ключові слова:** коливання, акселерометр, керована підвіска*

ELABORATION AND EXPERIMENTAL VERIFICATION OF RIDE SOFTNESS PARAMETERS STABILIZATIONS SYSTEM OF CAR MOTION

**V. Torlin, professor, dr. eng. sc., A. Vetrogon, associate professor, cand. eng. sc.,
S. Ogryzkov, senior teacher, Sevastopol NTU**

***Abstract.** The stages of creation and approbation of hardware-software complex for research of swaying processes in the suspension of car are considered. It is brought mathematical models over of the data processing with the purpose of the use of them for elaboration of the control system by a suspension.*

***Key words:** oscillations, accelerometer, controlled suspension*

Введение

Основные параметры колебательного процесса кузова автомобиля: частоты, амплитуды, виброскорости и виброускорения отрицательно влияют на самочувствие водителя и пассажиров, на ресурс узлов и агрегатов автомобиля, на сохранность перевозимого груза, а также на безопасность движения автомобиля. Применение управляемых, адапти-

рующихся к дорожному покрытию и режиму движения подвесок позволит значительно повысить комфортабельность автомобиля и улучшить условия работы всех его систем, что способствует повышению их ресурса, а также существенно влияет на безопасность эксплуатации транспортных средств.

Анализ публикаций

Методы расчета параметров подвески автомобиля, а также принципы построения управляемых подвесок рассмотрены в монографии [1]. В работах [2,3] проведен анализ конструкций управляемых подвесок. Наиболее применимыми управляемыми подвесками являются полуактивные подвески с динамическим регулированием. Такие подвески обеспечивают достаточную плавность хода при этом по сравнению с активными подвесками обладают низкой стоимостью и требуют меньших энергозатрат. В полуактивных подвесках чаще всего применяют регулируемые амортизаторы с клапанным регулированием или с магнитореологической жидкостью.

Цель и задачи исследования

Целью исследования является экспериментальное установление количественных соотношений между переменными структурной схемы системы автоматического регулирования параметров плавности хода автомобиля. Для этого будет разработан программно-аппаратный комплекс позволяющий измерять ускорения колебаний поддрессоренных и неподдрессоренных масс и производить обработку данных. В результате обработки сигналов необходимо получать статистические характеристики колебательных процессов, которые могут использоваться системой управления подвеской. После установки комплекса на автомобиль необходимо проверить ее работоспособность.

Результаты исследования

В нашей работе [4] показано, что в качестве возмущающего воздействия на подвеску можно использовать величину ускорения неподдрессоренных масс, получены передаточные функции от ускорения неподдрессоренных масс к ускорению, третьей производной перемещений поддрессоренных масс и деформации шин, которые будут использоваться для управления плавностью хода.

Исходя из условий работы акселерометров (колебания в диапазоне 0-20 Гц, значения максимальных ускорений равное 4-6g), пробных испытаний, а так же исследования рынка датчиков ускорений для разработки системы управления подвеской были выбра-

ны датчики MMA7260Q производства Freescale Semiconductors.

В качестве процессора для обработки сигналов с датчиков и выработки управляющих сигналов для исполнительных механизмов подвески был выбран широко распространенный, хорошо документированный и дешёвый микроконтроллер ATmega328 производства фирмы Atmel.

Комплекс (рис.1) представляет собой 4 датчика ускорений MMA7260Q, попарно устанавливаемых на разных бортах автомобиля, один (с нечетным номером) на неподдрессоренной массе, другой (с четным номером) – на поддрессоренной массе. Выводы питания (Vcc) датчиков, параллельно подключены к выходу +5V на плате микроЭВМ Arduino Uno SMD.

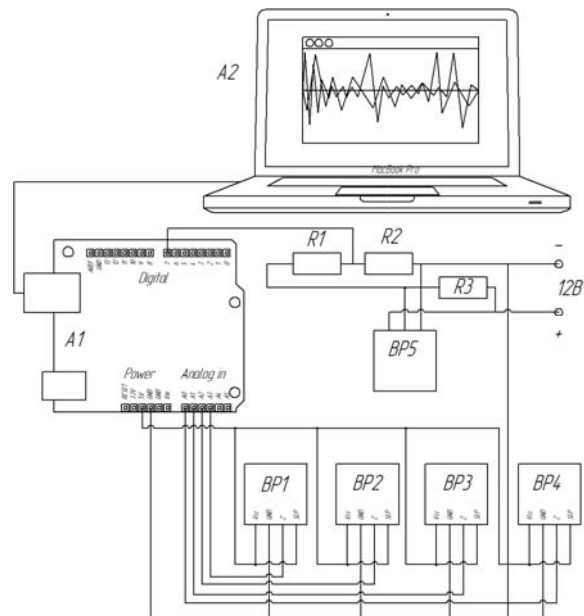


Рис. 1. Схема комплекса: A1 - МикроЭВМ Arduino Uno; A2 - персональная ЭВМ; BP1...BP4 - датчик ускорения MMA7260Q; BP5 - датчик скорости

Выводы GND датчиков аналогичным образом подключены к выводу GND на плате микроЭВМ. Вывод Z датчиков подключаются к аналоговым входам микроЭВМ A0, A1, A2, A3. Программа микроЭВМ последовательно считывает показания датчиков и через интерфейс USB передает их в персональный компьютер для визуализации и сохранения в файл. Скорость движения автомобиля рассчитывается по показаниям датчика скорости. Разработанное ПО, запущенное на пер-

сональном компьютере визуализирует данные, получаемые от микроЭВМ в виде осциллограммы и записывает данные на жесткий диск компьютера в формате CSV.

Согласно методике рассмотренной в работе [4] были получены корреляционные функции и спектральные плотности абсолютных значений ускорений колебаний поддресоренных и неподдресоренных масс.

$$S_x(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} R_x(\tau) e^{-i\omega\tau} d\tau = 2 \int_0^{\infty} R_x(\tau) \cos(\omega\tau) d\tau, \quad (1)$$

$$R(m) = \frac{1}{N-m} \sum_{n=1}^{N-m} x_n x_{n+m}. \quad (2)$$

где $\tau = t_1 - t_2$; t_1, t_2 – границы временного интервала; $m = \tau / T$; T – шаг измерения ускорения.

Для идентификации условий движения дорожного использовались вероятностные характеристики абсолютных значений ускорений неподдресоренных масс автомобиля: оценки начального $\hat{R}(0)$ и конечного значения корреляционной функции $\hat{R}(\infty)$

$$\hat{R}(0) = \frac{\sum_{i=0}^N u_{z_i}^2}{N}; \quad (3)$$

$$\hat{R}(\infty) = \frac{\left(\sum_{i=0}^N |u_{z_i}| \right)^2}{N^2}, \quad (4)$$

где u_z – показания датчика ускорений; $N = T_0/T$ – количество показаний датчика за время наблюдения.

Экспериментальные данные получены для подвески задних колес автомобиля ВАЗ-1183 "Калина". Исследования проводились на различных дорожных покрытиях. Для каждого дорожного покрытия получены серии измерений на разных скоростях движения. Измерения ускорения производились с шагом $T = 20$ мс.

На стадии отладки результаты измерений обрабатывались в системе "Maple". В табл.1 приведены результаты расчетов для асфальтового покрытия в удовлетворительном состоянии для различных скоростей движения v_a .

Многочисленные исследования показали, что автомобильные дороги состоят из участков, которые можно считать реализацией нормальных стационарных случайных процессов [1]. Таким образом характеристики случайных процессов можно считать постоянными при движении с постоянной скоростью по одному дорожному покрытию. Точность оценки будет зависеть от времени наблюдений.

Таблица 1 Характеристики колебаний автомобиля

v_a , км/ч	$R_1(0)$, $(\text{м/с}^2)^2$	$R_1(\infty)$, $(\text{м/с}^2)^2$	$R_2(0)$, $(\text{м/с}^2)^2$	$R_2(\infty)$, $(\text{м/с}^2)^2$
30	10,96	5,38	1,48	0,87
40	24,87	11,95	2,01	1,24
50	40,81	20,12	2,87	1,79
60	16,43	7,58	2,11	1,27
70	59,60	30,79	4,22	2,67
80	63,64	30,22	4,43	2,83

Для подтверждения гипотезы эргодичности параметры рассчитывались для нескольких участков покрытия для каждого времени наблюдения. Аналогичные расчеты производились для различных скоростей движения. Расчеты показали, что характеристики колебаний поддресоренных масс через время $T_0 \approx 5$ с после изменения условий движения будут рассчитываться с точностью 85..90 %, для характеристик колебаний неподдресоренных масс такая точность достигается через время $T_0 \approx 20$ с. Эти данные согласуются с расчетами приведенными в работе [1].

Алгоритм расчета $\hat{R}(0)$ и $\hat{R}(N)$ для одного датчика приведен на рисунке 2. Начальные значения массива значений ускорений $U[1..N]$ принимаются нулевыми. Текущие значения $\hat{R}(0)$ и $\hat{R}(N)$ рассчитываются с помощью рекуррентных выражений

$$\hat{R}(0) = \hat{R}(0) + \frac{U_N^2 - U_1^2}{N}; \quad (5)$$

$$\hat{R}(N) = \left(\sqrt{\hat{R}(N)} + \frac{|U_N| - |U_1|}{N} \right)^2, \quad (6)$$

где U_1 , U_N – первый и последний элемент массива значений ускорений соответственно.

После этого производится сдвиг значений в массиве ускорений.

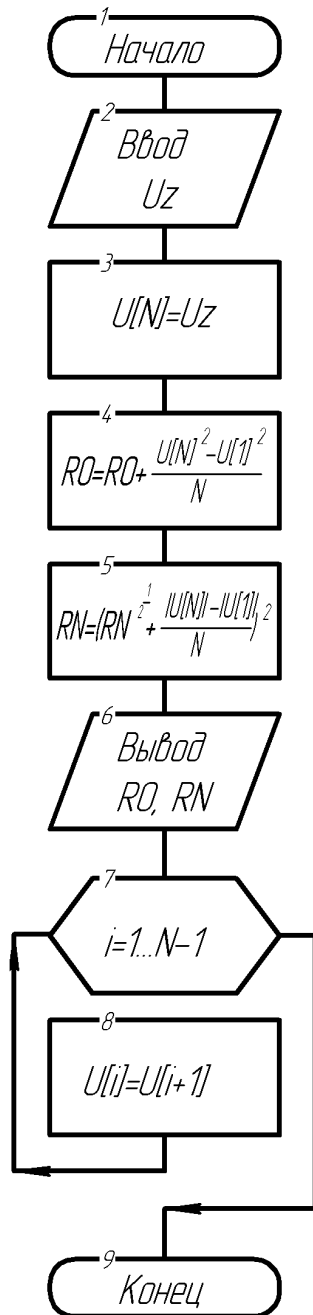


Рис. 2. Алгоритм подпрограммы расчета статистических характеристик колебаний

Выводы

Уровень сигналов, вырабатываемых системой измерения возмущений, с помощью разрабатываемой системы регулирования может быть стабилизирован до требуемого уровня. Дальнейшие исследования будут направлены на отладку и апробацию разрабатываемой системы автоматического регулирования параметров плавности хода автомобиля в реальных дорожных условиях.

Литература

1. Динамика системы дорога – шина – автомобиль – водитель // Под ред. А. А. Хачатурова. – М.: Машиностроение, 1976. – 535 с.
2. Фурунжиев Р. И. Управление колебаниями многоопорных машин / Р. И. Фурунжиев, Останин А. Н. – М.: Машиностроение, 1984. – 207 с.
3. Жданов А. А. AdCAS – система автономного адаптивного управления активной подвеской автомобиля / А.А. Жданов, Д.Б. Липкевич // Труды Института системного программирования: Том 7, Новые подходы в нейроноподобных и основанных на знаниях системах. /Под ред. А.А. Жданова/ – М.: ИСП РАН, 2004. с. 119-159.
4. Огрызков С. В. Совместные колебания подвески и кузова автомобиля / С. В Огрызков, А. А. Ветрогон, А. А. Крячков. Вісник СевНТУ, зб. наук. пр. вип. 122 /2011, Серія: Машиноприладобудування та транспорт. Севастополь, 2011. – С 167—172.

Рецензент: В.О. Алексеев, доцент, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 15 сентября 2011 г.