

ИССЛЕДОВАНИЕ НА ЭВМ КАЧЕСТВА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ВИБРОЗАЩИТЫ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Современные автомобили не в полной мере соответствуют требованиям стандартов [1, 2] по виброзащите людей. Поэтому весьма актуальной остается проблема совершенствования подвесок для существующих и разработки новых для проектируемых автомобилей.

С целью сокращения объема натурных испытаний при разработке и доводке систем поддрессирования авторами данной работы выполнены теоретические исследования свойств виброзащитных устройств транспортной машины в системе дорога—автомобиль—водитель с применением ЭВМ. Для реализации машинного эксперимента разработано программное обеспечение статистического анализа случайных колебаний автомобиля в упомянутой системе. Оно обеспечивает возможность выполнения численных экспериментов на ЭВМ по определению плавности хода автомобиля с разными структурами гидропневматических, комбинированных и рессорных подвесок при движении по типовым дорогам, соответствующим покрытию испытательных участков автополигона НАМИ.

Расчетная схема колебательной системы с учетом поддрессирования сиденья водителя приведена на рис. 1. Необходимо было смоделировать профиль специальных участков типовых автомобильных дорог. Основной характеристикой микропрофиля дороги является спектральная плотность распределения дисперсии высоты неровностей дороги

$$S(n) = S(n_0)(n/n_0)^{\omega_i}, i = 1, 2, n_1 \leq n \leq n_2,$$

где n — частота разложения функции микропрофиля дороги в ряд Фурье, обратно пропорциональная длине L гармонических слагаемых этого ряда (так называемая путевая частота), рад/м; $n = 2\pi/L$; $S(n)$ — спектральная плотность распределения дисперсии высоты неровностей дороги при частоте n , м³/рад; $S(n_0)$ — спектральная плотность распределения дисперсии при значении аргумента n_0 , м³/рад; n_0 — путевая частота в точке перегиба спектральной кривой; n_1 — минимальная путевая частота, рад/м; n_2 — максимальная путевая частота, рад/м; L_1, L_2 — максимальная и минимальная длина волны неровности, м; ω_i — показатель степени: ω_1 при $n_1 \leq n \leq n_0$, ω_2 — при $n_0 \leq n \leq n_2$.

Для ровной дороги с цементобетонным покрытием $L_1 = 39,2$ м; $L_2 = 0,37$ м; $n_1 = 0,16$ рад/м; $n_2 = 17$ рад/м; $S(n_0) = 3,4 \cdot 10^{-4}$ м³/рад; $n_0 = n_1$; $\omega_1 = -2,5$. Для ровной булыжной дороги без выбоин $L_1 = 24$ м; $L_2 = 0,25$ м; $n_1 = 0,26$ рад/м; $n_2 = 25$ рад/м; $S(n_0) = 2,5 \cdot 10^{-6}$ м³/рад; $n_0 = 11,8$ рад/м; $\omega_1 = -1$; $\omega_2 = -3,4$. При изношенном асфальтобетонном покрытии с выбоинами $L_1 = 24$ м; $L_2 = 0,25$ м; $n_1 = 0,26$ рад/м; $n_2 = 25$ рад/м; $S(n_0) = 8,5 \cdot 10^{-5}$ м³/рад; $n_0 = 0,57$ рад/м; $\omega_1 = -4$; $\omega_2 = -2$. Для булыжной дороги в плохом состоянии $L_1 = 11,8$ м; $L_2 = 0,125$ м; $n_1 = 0,53$ рад/м; $n_2 = 50$ рад/м; $S(n_0) = 5,3 \cdot 10^{-4}$ м³/рад;

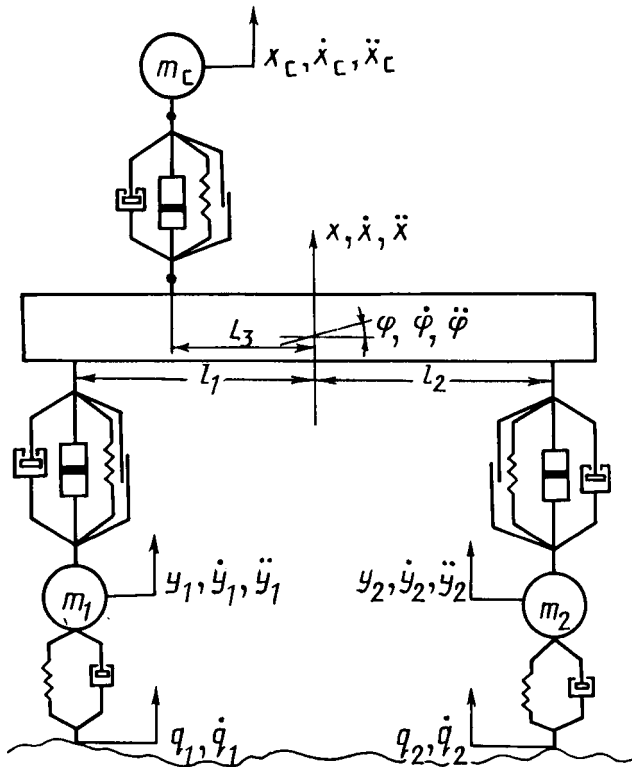


Рис. 1. Расчетная схема колебаний двухосного автомобиля в системе дорога-автомобиль-водитель

$n_0 = 1,8$ рад/м; $\omega_1 = 1,4$; $\omega_2 = -3$. Для разбитой грунтовой дороги $L_1 = 11,8$ м; $L_2 = 0,125$ м; $n_1 = 0,53$ рад/м; $n_2 = 50$ рад/м; $S(n_0) = 1,4 \cdot 10^{-6}$ м³/рад; $n_0 = 5,3$ рад/м; $\omega_1 = -4$; $\omega_2 = -2$.

Для моделирования микропрофиля типовых участков дорог разработана подпрограмма WOZM, использующая при работе пакет прикладных программ для моделирования случайных процессов заданных мерности и спектра [3, 4].

Специфика математического моделирования обусловила большой объем подготовительных работ по дискретизации спектральных оценок профиля участков дорог названных пяти типов. При разовом обращении к подпрограмме WOZM моделируется профиль участка дороги длиной L_1 (максимальная длина волны). Для моделирования дорожного участка длиной L_M в программе пользователя необходимо предусмотреть обращение к модулю WOZM L_M/L_1 раз.

Воспроизводимые подпрограммой WOZM микропрофили пяти типовых участков дорог представлены на рис. 2.

Вторая задача заключалась в машинном моделировании системы поддрессирования двухосного автомобиля с учетом поддрессирования сиденья води-

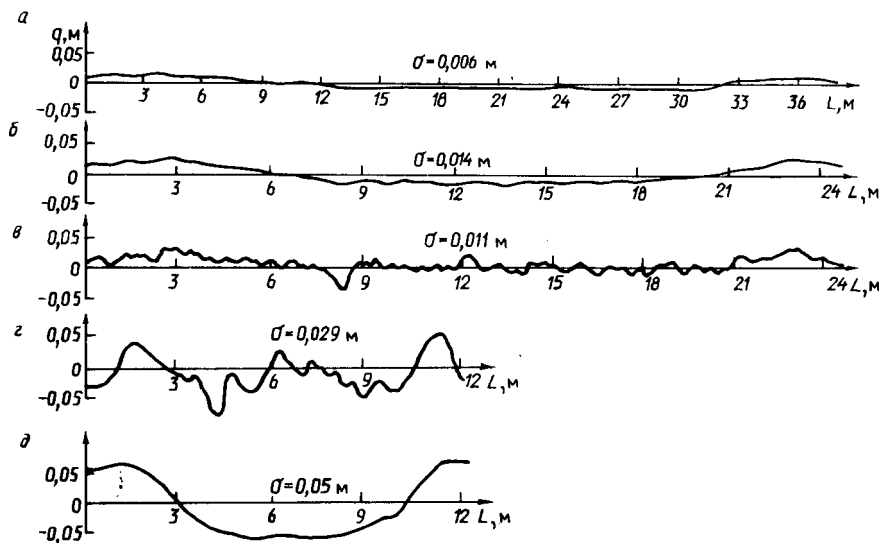


Рис.2. Микропрофиль в пределах максимальной длины (волны) неровности дороги: а — ровной с цементобетонным покрытием; б — с изношенным асфальтобетонным; в — ровной булыжной; г — булыжной с выбоинами; д — разбитой грунтовой

теля. Принятая расчетная схема (см. рис. 1) описывается системой нелинейных дифференциальных уравнений 10-го порядка.

В математической модели можно рассматривать в качестве упругого элемента передней, задней опор и сиденья водителя гидропневматический элемент или рессору (или то и другое вместе). В качестве диссипативного элемента можно включать амортизатор гидравлический с характеристикой, зависящей не только от скорости деформации упругого элемента, но и от относительного перемещения подрессоренных и непрорессоренных элементов автомобиля. В характеристике шины учитываются как упругие, так и диссипативные ее свойства. Имеется возможность фиксировать отрыв шин от дороги.

С целью анализа плавности хода автомобилей выполнены численные эксперименты на ЭВМ применительно к параметрам груженого автомобиля ГАЗ-53А с гидропневматической и рессорной подвесками. При этом варьировались жесткостные характеристики амортизаторов, сиденья и шин. Во всех рассмотренных вариантах подвески автомобиля жесткость упругих элементов соответствовала одному из четырех значений парциальной частоты собственных колебаний центра масс подрессоренных элементов — 2,0 Гц, 1,32, 1,17, 0,83 Гц. Номера вариантов подвесок соответствуют указанным частотам. Сила трения в подвесках принята равной 6,7 % от нагрузки, приходящейся на них, что реально наблюдается в разработанных конструкциях гидропневматических подвесок. Жесткость подвески, соответствующая вариантам 2—4, на грузовых автомобилях в большинстве случаев практически может быть реализована только при статическом регулировании положения кузова. Допустимый ход подвески от положения статического равновесия при отбое и сжатии принят равным 12 см при вероятности отрыва колес от дороги 0,003.

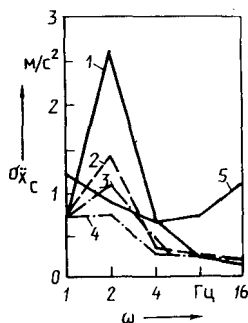


Рис. 3. Среднеквадратичные вертикальные ускорения сиденья водителя:
 1-4 — при соответствующем варианте подвески и скорости движения автомобиля 30 км/ч по разбитой грунтовой дороге;
 5 — предельно допустимые среднеквадратичные вертикальные виброускорения [1, 3]

Результаты расчета 1-го варианта подвески применительно к движению автомобиля по разбитой булыжной дороге со скоростью 10–20 км/ч показывают, что вертикальные ускорения сиденья водителя в несколько раз превышают предельно допустимые, при этом наблюдается отрыв колес от дороги и "пробой" подвески.

Результаты, приведенные в табл. 1, получены при следующих значениях коэффициентов сопротивления амортизаторов и жесткости шин:

$$k_1 = \begin{cases} 6,6 \text{ кН}\cdot\text{с/м,} & \text{если } |\Delta_{01} - \Delta_1| < 0,018 \text{ м или} \\ & \text{если } |\Delta_{01} - \Delta_1| \geq 0,018 \text{ м и } |\dot{\Delta}_1| \geq 0,14 \text{ м/с,} \\ 13,2 \text{ кН}\cdot\text{с/м,} & \text{если } |\Delta_{01} - \Delta_1| \geq 0,018 \text{ м и } |\dot{\Delta}_1| < 0,14 \text{ м/с;} \end{cases}$$

$$k_2 = \begin{cases} 21 \text{ кН}\cdot\text{с/м,} & \text{если } |\Delta_{02} - \Delta_2| < 0,018 \text{ м или} \\ & \text{если } |\Delta_{02} - \Delta_2| \geq 0,018 \text{ м и } |\dot{\Delta}_2| \geq 0,14 \text{ м/с,} \\ 42 \text{ кН}\cdot\text{с/м,} & \text{если } |\Delta_{02} - \Delta_2| \geq 0,018 \text{ м и } |\dot{\Delta}_2| < 0,14 \text{ м/с.} \end{cases}$$

Жесткость сиденья водителя $c_0 = -2 \text{ кН/м}$.

Рекомендуемые характеристики гидропневматических подвесок, шин и сидений обеспечивают требуемую плавность хода автомобиля при его движении по разбитой булыжной дороге со скоростью 10 и 15 км/ч.

Показана возможность существенного повышения плавности хода и скорости движения автомобиля на подобных дорогах. Если для первого варианта жесткости подвески скорость автомобиля по вибронегруженности сиденья

Табл. 1. Показатели плавности хода автомобиля ГАЗ-53А с гидропневматической подвеской (ГП) при движении по разбитой булыжной дороге

| Вариант | v_a' км/ч | $\ddot{x}_{c'}$ м/с ² | Δ_1 см | Δ_2 см | Δ_3 см | δ_1 см | δ_2 см | $\ddot{x}_{c1'}$ м/с ² | $\ddot{x}_{c2'}$ м/с ² | $\ddot{x}_{c3'}$ м/с ² | $\ddot{x}_{c4'}$ м/с ² | $\ddot{x}_{c5'}$ м/с ² |
|---------|----------------|-------------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 4ГП | 10 | 1,35 | 2,62 | 2,25 | 2,00 | 0,89 | 0,94 | 1,70 | 0,62 | 0,37 | 0,21 | 0,13 |
| 4ГП | 15 | 1,76 | 3,48 | 3,09 | 2,65 | 1,24 | 1,30 | 1,17 | 0,67 | 0,35 | 0,19 | 0,12 |

водителя (рис. 3) ограничена 20 км/ч, то в четвертом варианте она может быть увеличена до 35 км/ч, и это не является пределом.

На ровной цементобетонной и булыжной дорогах без выбоин при принятом уровне трения в подвесках вибронгруженности элементов автомобиля по уровню вертикальных виброускорений соответствует требованиям ГОСТа [1].

Результаты апробации разработанного программного обеспечения по исследованию на ЭВМ качества функционирования системы виброзащиты двухосного транспортного средства показывают достаточную надежность программ и достоверность получаемых результатов.

Список литературы

1. ГОСТ 12.1.012—78. ССБ. Вибрация, Общие требования безопасности. М., 1978.
2. ИСО МО 2331—78. Вибрация, передаваемая человеческому телу: Руководство по оценке воздействия на человека. М., 1978.
3. Петровский А.А. и др. Цифровое моделирование случайных процессов: Лаборатор. практикум. Мн., 1982.
4. Фурунжиев Р.И. и др. Построение модели дорожных возмущений для задач цифрового моделирования и стендовых виброиспытаний колесных машин // Проблемы машиностроения. Киев, 1985. Вып. 24.

УДК 629.113-621.2

П.Р. БАРТОШ, С.В. ГИЛЬ,
канд-ты техн. наук (БПИ)

К РАСЧЕТУ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГИДРОУСИЛИТЕЛЕЙ

Широкое использование в автомобилях и других мобильных машинах следящих приводов, осуществляющих регулирование исполнительных органов, вызвало необходимость применения мощных силовых систем управления и точной обработки управляющих сигналов. Основными в этих системах являются усилители мощности, выполняющие усиление входных сигналов и управление исполнительными механизмами. Особая потребность в этих устройствах возникает при создании различных электрогидравлических следящих систем, так как используемые в них преобразователи электрической энергии в механическую имеют ограниченные габариты и часто не могут реализовать необходимые усилия исполнительных механизмов. Увеличение передаваемой мощности происходит за счет энергии рабочей жидкости, подводимой под давлением от насосной станции (насоса).

Наибольшее распространение получили усилители с дроссельным (золотниковым или типа сопло—заслонка) управлением [1]. Математическое моделирование таких гидроусилителей показывается на примере усилителя сопло—заслонка (рис. 1). Рассматривается динамика гидравлических цепей с учетом податливости основных элементов (рабочей жидкости, магистралей, цилиндров и т.д.).

В модели приняты следующие допущения: волновые процессы в гидравлических магистралах вследствие малой длины последних не влияют на пере-