

УДК 629.113.073

В. Г. МИХАЙЛОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ, АППРОКСИМАЦИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПОДУШЕК СИДЕНИЙ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ВИБРОНАГРУЖЕННОСТЬ ВОДИТЕЛЯ ТС

ООО «Мидивисана», г. Минск

Рассмотрена ситуация, сложившаяся в области моделирования колебаний транспортных средств (ТС), акцентировано внимание на низкие виброзащитные свойства сидений. Одной из причин, которой является слабая изученность реальных характеристик элементов сиденья, включая подушку. Приведена методика испытаний подушек сидений, получены зависимости изменения их параметров от толщины прокладки подушки и категории резины.

Предложена усовершенствованная математическая модель подушки сиденья, обеспечивающая хорошее совпадение амплитудно-частотной характеристики в полосе частот 2–20 Гц и блок-схема ее реализации в пакете Matlab/Semulink, позволяющие более точно моделировать колебания на рабочем месте водителя транспортного средства. Исследовано влияние подушки на виброзащитные свойства поддрессоренного сиденья при движении грузового автомобиля по булыжному шоссе. Установлено, что изменение толщины прокладки подушки практически не влияет на изменение уровня вибраций водителя на поддрессоренном сиденье. Выбор толщины прокладки для подушки сиденья больше обуславливается физиологическими факторами – обеспечение равномерного распределения давления на тело водителя и систему кровообращения.

Ключевые слова: Транспортное средство, подушка, сиденье, вибрация, виброзащитные свойства, моделирование колебаний на рабочем месте водителя.

Введение

Подушка сиденья является одним из элементов, влияющих на виброзащитные свойства поддрессоренного сиденья транспортного средства и корректность расчетов. Как правило, в качестве упругого и демпфирующего элемента подушки используется латексная губчатая резина 1-й и 2-й категории твердости. Большинство исследователей при расчетах плавности хода подушку не учитывают [1–3], используя одномассовую модель сиденья. В многом это связано с отсутствием экспериментальных данных по параметрам подушек, а также информации о ранее проведенных работах [4–6]. Вместе с тем в случае использования неподдрессоренного сиденья подушка значительно (в 3–4 раза) усиливает колебания водителя в области 3,5–7 Гц [4], [5]. Последние совпадают с собственными частотами внутренних органов человека [3]. Их резонанс вызывает неприятные ощущения. Низкие виброзащитные свойства подушек обусловили широкое применение поддрессоренных сидений, начиная

с 70 годов прошлого столетия. Однако до настоящего времени, несмотря на наличие прекрасного дизайна, проработанной эргономики, различных автоматических регулировок (под массу водителя, по высоте, наклону подушки, спинки, внедрение пневматической подвески), виброзащитные свойства большинства существующих поддрессоренных сидений остаются низкими. Коэффициент передач вибраций (усиления) поддрессоренных сидений с газонаполненным амортизатором составляет 1,3, 1,2, 0,8, 0,7 в октавных полосах частот 2, 4, 8, 16 Гц [5, 6, 8]. Одной из причин, этого является слабая изученность реальных характеристик основных элементов сиденья, включая подушку. Использование при расчетах упрощенных линейных моделей не позволяет объяснить это и требует изучения данной проблемы. В связи широким применением сейчас компьютерного моделирования для оценки плавности хода ТС необходимо располагать реальными характеристиками всех элементов, включая подушку сиденья. Данному вопросу и посвящена эта

работа. Она обобщает ранее проведенные автором на Минском автозаводе экспериментальные исследования [4], [5], [6] (мало доступные широкому кругу из-за давности лет), новую математическую аппроксимацию характеристик и реализацию модели подушки в пакете Matlab/Simulink, а также результаты влияния подушки на вибронгруженность водителя грузового автомобиля, движущегося по булыжному шоссе.

Методика стендовых исследований и использованная аппаратура

Исследование подушек включало в себя:

- а) определение статических упругих характеристик;
- б) определение виброзащитных характеристик подушек сиденья;
- в) определение динамических, упругих и демпфирующих характеристик.

Определение статической упругой характеристики подушки и подвески сиденья производилось на стенде Минского автомобильного завода при медленном нагружении и разгрузке указанных элементов сиденья.

В качестве опорной поверхности при исследовании статической характеристики подушки использовался, согласно ГОСТ16526, стальной диск диаметром 300 мм и толщиной 4 мм. Измерение усилий, приложенных к указанным элементам сиденья, осуществлялось с помощью образцового динамометра сжатия ДОС-0,5-200. Прогиб регистрировался через каждые 5 мм с помощью миллиметровой линейки. Статическая жесткость подушки и подвески сиденья определялась по тангенсу угла наклона касательной в точке, соответствующей $P = 600$ Н.

Виброзащитные характеристики подушек снимались на электродинамических вибростендах ВЭДС-200А и ВЭДС-400А (рис. 1.1) при максимальных амплитудах синусоидальных вертикальных ускорений основания, на которое крепилась подушка (подвеска сиденья), равных 1; 1,5; 2 м/с², в диапазоне частот 2–20 Гц. Виброзащитные характеристики подушек оценивались по коэффициенту передачи $K_{п}$, которой определялся по отношению эффективной амплитуды вертикальных ускорений груза на подушке к величине эффективных ускорений основания

$$K_{п} = \frac{\ddot{z}_{гр}}{\ddot{z}_{осн}}$$

Применяемый при испытаниях подушек груз состоял из трех плоских, жестко скрепленных между собой дисков диаметром 300 мм, имеющих массу 60 кг.

Измерение ускорений груза и основания производилось с помощью пьезоэлектрических датчиков ускорений КД-3,5а, виброизмерителя SM-231 и октавно-полосового фильтра OF-201 (аппаратура фирмы «RFT», суммарная погрешность 2–3% с учетом погрешности считывания показаний стрелочного прибора).

Для повышения точности при воспроизведении на стенде заданных величин ускорений учитывался небольшой завал частотной характеристики прибора SM-231 вместе с датчиком в низкочастотной области и вводилась соответствующая коррекция измерения.

Определение динамических характеристик подушек сидений заключалось в получении и регистрации двухкоординатной зависимости усилия, приложенного к сиденью, от относительного прогиба подвески при синусоидальном возбуждении основания сиденья на частоте 5 Гц.

Усилие, приложенное к подушке, определялось косвенным путем – через величину вертикальных ускорений подрессоренной массы сиденья ($m_{гр} = 60$ кг) по формуле,

$$F = m_{гр} \ddot{z}_{гр}$$

Вертикальное ускорение груза и относительная деформация подушки измерялись с помощью датчика ускорений BWH-201, индуктивного датчика перемещения JWT-302 с пределом измерений +10 мм и тензоусилителя UM-131 (аппаратура фирмы «PFT»). Регистрация результатов испытаний производилась с помощью электронного двухкоординатного осциллографа «Universal Indicator B-00» и кинокамеры (аппаратура фирмы «Disa Electronic» Дания). Погрешность устройств <1%.

Схема замеров и регистрации динамических характеристик подушки представлена на рис. 1.

Примененный при определении динамических характеристик подушек груз состоял из трех плоских, жестко скрепленных между собой дисков, имеющих массу 60 кг. Обработка

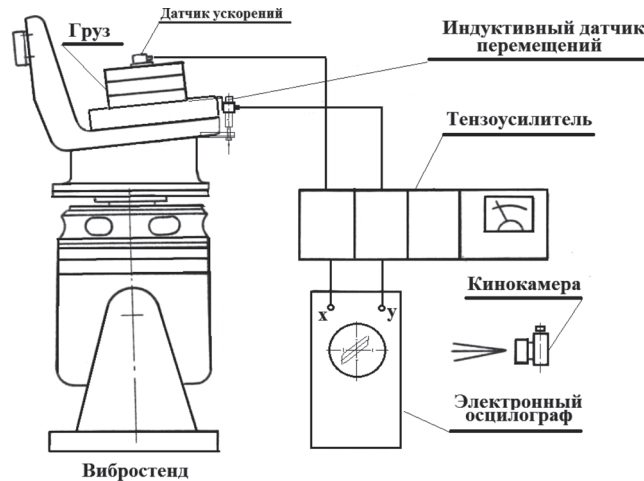


Рис. 1. Схема замеров и регистрации динамических характеристик подушки сиденья

полученных фотоснимков характеристик производилась в фотолаборатории с помощью фотоувеличителя (восьмикратное увеличение).

Жесткость подушки сиденья определялась по тангенсу угла наклона касательной к средней линии динамической характеристики при абсциссе относительных перемещений, равной нулю.

С целью упрощения модели подушки демпфирование в ней было представлено в виде линейного амортизатора с эквивалентным коэффициентом вязкого сопротивления $k_{\text{сопр}}$, который рассчитывался по формуле

$$k_{\text{сопр}} = \frac{\nu m_{\text{гр}}}{\sqrt{K_{\text{п}}^2 - 1}},$$

где ν – резонансная частота груза на подушке, 1/сек; f – резонансная частота груза на подушке, Гц; $f = \frac{1}{6,283} \sqrt{\frac{C}{m_{\text{гр}}}}$ – резонансная частота

груза на подушке, Гц; $K_{\text{п}}$ – усредненный коэффициент передачи на резонансной частоте колебаний груза на подушке; $m_{\text{гр}} = 60$ кг – масса груза.

Указанная расчетная формула для $k_{\text{сопр}}$ получена путем упрощения ниже приведенной общеизвестной формулы [12], учитывая, что при резонансе $\nu \leftrightarrow \omega_0$,

$$K_{\text{п}} = \frac{\ddot{z}_{\text{гр}}}{\ddot{z}_{\text{осн}}} = \sqrt{\frac{\omega_0^4 + \left(\frac{k_{\text{сопр}}}{m_{\text{гр}}}\right)^2 \nu^2}{(\nu^2 - \omega_0^2)^2 + \left(\frac{k_{\text{сопр}}}{m_{\text{гр}}}\right)^2 \nu^2}},$$

где ν и ω_0 – соответственно частота вынужденных и собственных колебаний груза на подушке;

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{C}{m_{\text{гр}}}}$$

Помимо коэффициента вязкого сопротивления, определялся также параметр затуханий колебаний груза на подушке ψ по общеизвестной формуле

$$\psi = \frac{k_{\text{сопр}}}{2\sqrt{N}m_{\text{гр}}},$$

где C и $k_{\text{сопр}}$ – соответственно динамическая жесткость и коэффициент вязкого сопротивления подушки; $m_{\text{гр}} = 60$ кг – масса груза на подушке.

Результаты стендовых исследований

На основании проведенных исследований получены статические, динамические и виброзащитные характеристики подушек сидений, приведенные на рис. 2–4. Их основные параметры были аппроксимированы к линейным зависимостям и их показателям.

Из приведенных на рис. 2–4 зависимостей видно, что с увеличением толщины прокладки с 50 до 120 мм уменьшаются статические и динамические жесткости подушек, а также снижается частота резонанса груза на подушке. При указанном изменении толщины прокладки статическая жесткость подушки из резины 1-й категории твердости снижается с 39,1 до 18,2 кН/м, а динамическая – с 90,5 до 32 кН/м. Частота резонанса груза на подушке при этом уменьшается с 5,6 до 3,48 Гц. Для подушек из

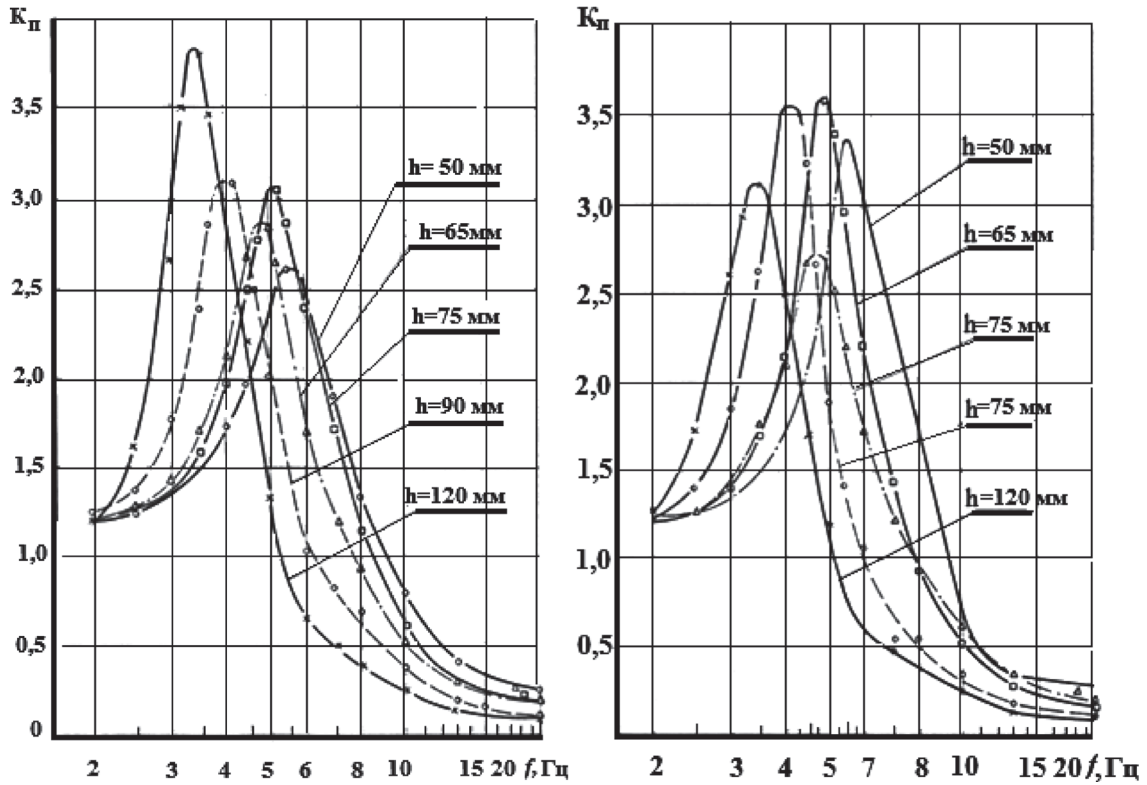


Рис. 2. Амплитудно-частотные характеристики колебаний груза на подушках сидений в зависимости от толщины подушки и категории твердости резины (слева 1-й категории, справа 2-й)

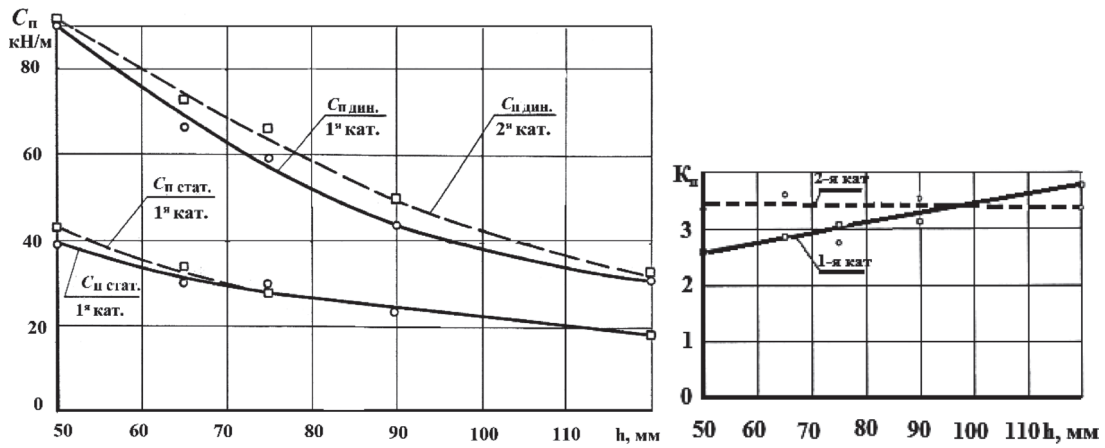


Рис. 3. Изменение статической, динамической жесткости подушки и коэффициента передачи вибраций в зависимости от категории резины и толщины прокладки

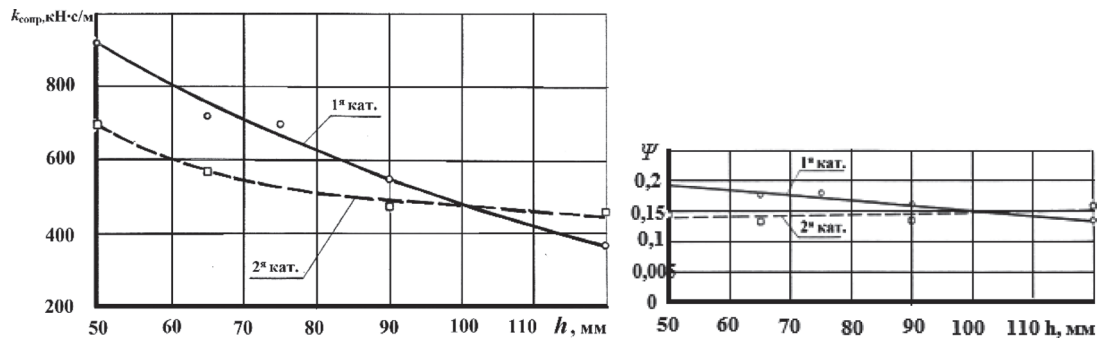


Рис. 4. Изменение коэффициентов вязкого сопротивления и параметра затухания в зависимости от категории резины и толщины прокладки

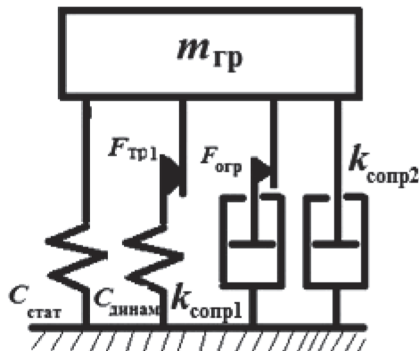


Рис. 5. Модель подушки, обеспечивающая более корректное совпадение в октавной полосе 16 Гц

резины 2-й категории твердости наблюдается аналогичный характер изменения указанных параметров.

Анализ приведенных на рисунках данных показывает, что:

- при динамическом нагружении жесткость подушки в 1,8–2,4 раза больше, чем в статике;
- параметр затуханий колебаний груза на подушке составляет 0,13–0,19 и 0,145–0,16 соответственно для подушек из резины 1-й и 2-й категории твердости;

– подушки из резины 1-й категории твердости при толщине прокладки $H = 50–100$ мм обеспечивают несколько лучшее затухание колебаний ($k_{сопр} = 912–285$ Н·с/м), чем подушки из резины 2-й категории твердости ($k_{сопр} = 687–285$ Н·с/м).

Проверка полученных значений динамической жесткости и коэффициентов вязкого сопротивления показала, что обеспечивается хорошее совпадение расчетной амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) с экспериментальной и приемлемая для расчетных исследований точность аппроксимации виброзащитных свойств подушки в диапазоне частот 2–13 Гц, где расхождение расчетных и экспериментальных коэффициентов передачи не превышает 10–15%. На частоте 20 Гц расхождение увеличивается и достигает 30–40%. Учитывая, что уровень вибрации в октавной полосе 16 Гц (11,2–22,4 Гц) небольшой и не является лимитирующим для большинства грузовых автомобилей, это дает основание для использования линейной модели подушки при расчетном исследовании сиденья, когда не требуется высокая точность в этой области.

В тех случаях когда требуется более высокая точность (расхождение <10%) в октавной полосе 16 Гц, целесообразно использовать сле-

дующую модель (рис. 5), в виде 2-х упругих элементов (соответствующих статической и динамической жесткостям. Последняя ограничена величиной «сухого» трения и двух демпфирующих элементов (один с чисто линейной, а другой с линейной характеристиками, но с ограниченной максимальной величиной).

Усилия упругих и демпфирующих элементов можно описать следующими уравнениями, базируясь на анализе работ [6–8],

$$F_{тр1} = \begin{cases} C_{дин} \int_0^t (\dot{Z}_{осн.} - \dot{Z}_{гр}) dt \\ F_{тр1} > C_{дин} \int_0^t (\dot{Z}_{осн.} - \dot{Z}_{гр}) dt > -F_{тр1}; \\ F_{тр1} \text{ если } C_{дин} \int_0^t (\dot{Z}_{осн.} - \dot{Z}_{гр}) dt > F_{тр1}; \\ -F_{тр1} \quad C_{дин} \int_0^t (\dot{Z}_{осн.} - \dot{Z}_{гр}) dt < -F_{тр1}; \end{cases}$$

$$F_{огр} = \begin{cases} k_{зат1} \int_0^t (\dot{Z}_{осн.} - \dot{Z}_{гр}) dt \\ F_{огр} > k_{сопр1} \int_0^t (\dot{Z}_{осн.} - \dot{Z}_{гр}) dt > -F_{огр}; \\ F_{огр} \text{ если } k_{сопр1} \int_0^t (\dot{Z}_{осн.} - \dot{Z}_{гр}) dt > F_{огр}; \\ -F_{огр} \quad k_{сопр1} \int_0^t (\dot{Z}_{осн.} - \dot{Z}_{гр}) dt < -F_{огр}; \end{cases}$$

$$F_{стат} = C_{стат} (Z_{осн} - Z_{гр}); F_{сопр2} = k_{сопр2} (\dot{Z}_{осн} - \dot{Z}_{гр})$$

где $C_{стат}$, $C_{дин}$ – статическая и динамическая жесткость подушки; $k_{сопр1}$, $k_{сопр2}$ – коэффициенты вязкого сопротивления в подушке; $F_{тр1}$, $F_{огр}$ – максимальные значения трения, ограничивающего усилия от динамической жесткости и демпфирующего элемента; $\dot{Z}_{осн.}$, $\dot{Z}_{гр}$ – текущее значение виброскорости основания и груза на подушке; $Z_{стат}$, $Z_{гр}$ текущее значение перемещений основания и груза на подушке.

Параметры этих элементов в зависимости от толщины прокладки приведены на рис. 6. Значения величин: $F_{огр} = 0,005$ кН·с/м, $F_{тр1} = 0,0029$ кН·с/м.

Блок-схема реализации этой модели в пакете Matlab/Simulink приведена на рис. 7.

Влияние подушки на вибронгруженность водителя ТС. Исследование влияния подушки

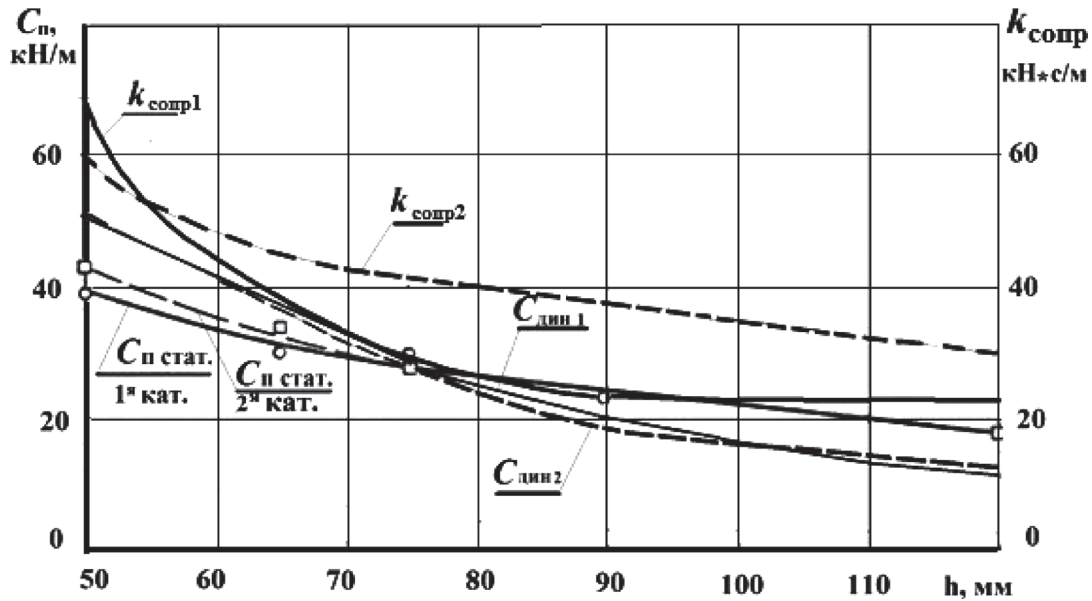


Рис. 6. Изменение параметров усовершенствованной колебательной модели подушки в зависимости от категории резины и толщины прокладки

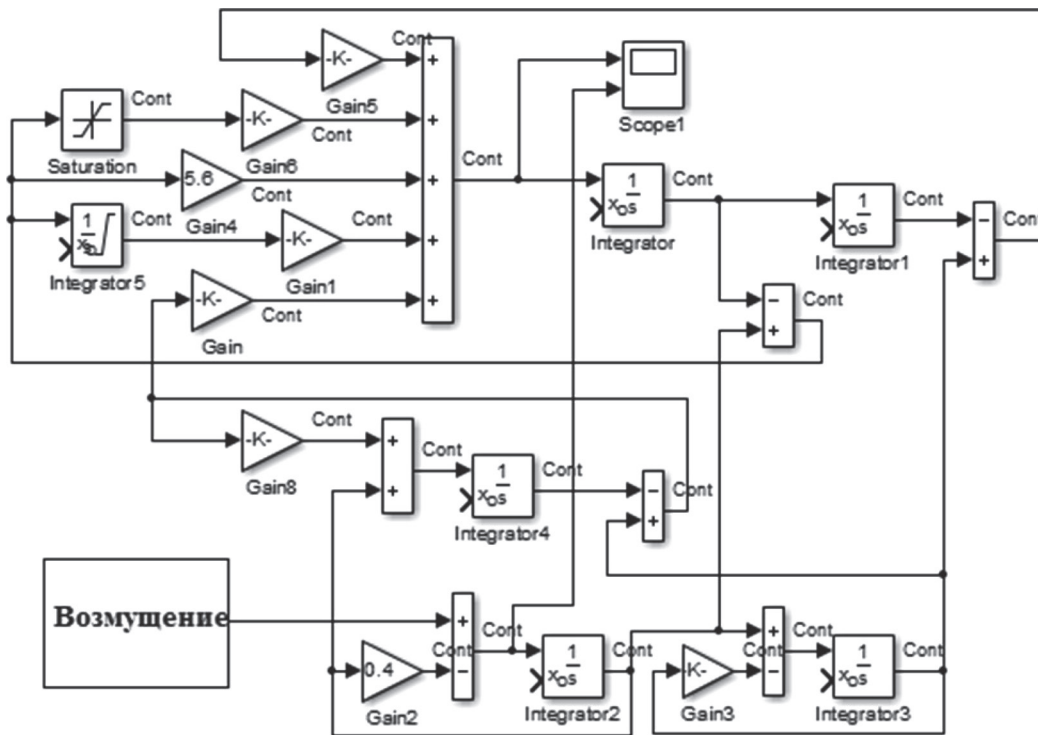


Рис. 7. Блок-схема реализации усовершенствованной модели подушки в пакете Matlab/Simulink

подрессоренного сиденья на вибронгруженность водителя проведено путем виртуального моделирования колебаний грузового автомобиля 6х6, движущего по булыжному шоссе с реальным микропрофилем. Использована колебательная модель, приведенная в работе [9]. Влияние толщины прокладки подушки показано на рисунке 8. Из него видно, что изменение толщины подушки практически мало влияет

на уровень вибраций водителя. Такой же характер наблюдался при экспериментальных исследованиях сидений, проведенных на сельских тягачах [6]. По данным работы [10] выбор толщины прокладки больше обуславливается физиологическими факторами – обеспечение равномерного распределения давления на таз водителя и кровообращения. Однако исключить подушку из колебательной модели

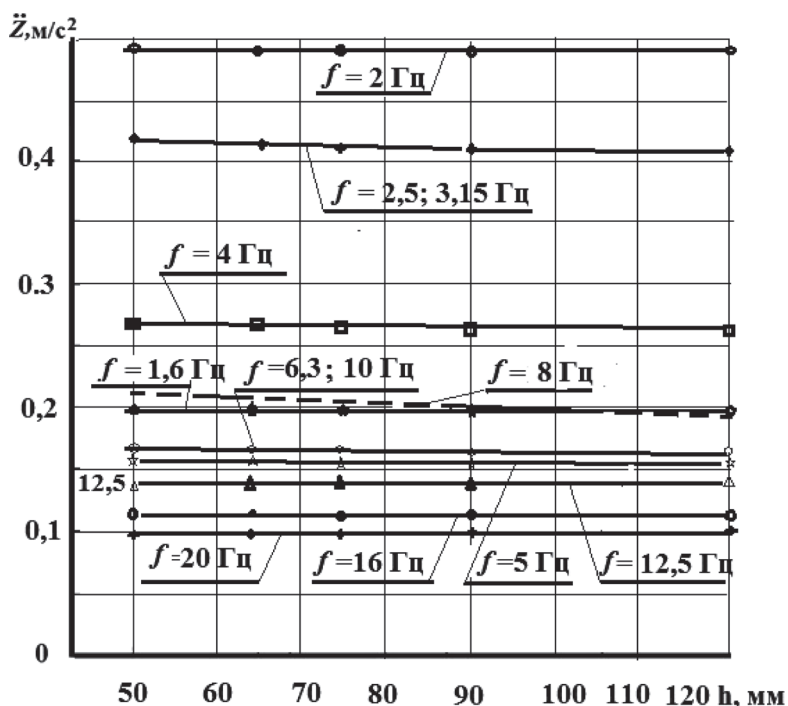


Рис. 8. Влияние подушки на уровень вибраций водителя ТС в третьоктавных полосах частот

нежелательно, так как это приводит к увеличению некорректности получаемых данных в октавах 8, 16 Гц [6]. Исходя из опыта производителей оптимальная толщина подушки составляет 75–80 мм.

Заключение

1. Проведенными исследованиями определены статические и динамические характеристики подушек сидений. Получены их зависимости от толщины прокладки и категории твердости резины.

2. Установлено, что:

– при динамическом нагружении (5 Гц) жесткость подушки увеличивается в 1,8–2,4 раза по сравнению со статическими замерами;

– параметр затуханий колебаний груза на подушке составляет 0,13–0,19 и 0,145–0,16 соответственно для подушек из резины I-й и 2-й категории твердости;

– подушки из резины I-й категории твердости при толщине прокладки $H = 50–120$ мм обеспечивают несколько лучшее затухание колебаний ($k_{\text{сопр}} = 912–285$ Н·с/м), чем подушки из резины 2-й категории твердости ($k_{\text{сопр}} = 687–285$ Н·с/м).

3. Линейная модель подушки обеспечивает приемлемую погрешность (10–15%) в полосе

частот 2–13 Гц. Однако на частоте 20 Гц (октавная полоса 16 Гц (11,2–22,4 Гц)) расхождение возрастает до 30–40%. Линейная модель может быть использована, когда не требуется высокая точность расчетов в этой области.

4. В тех случаях, когда требуется более точное совпадение АЧХ в широком диапазоне необходимо использовать предложенную усовершенствованную модель в виде 2-х упругих элементов (соответствующих статической и динамической жесткостям, последняя ограничена величиной «сухого» трения) и двумя амортизаторами (один с линейной, а другой с линейной характеристиками с ограниченными величинами) с подобранными параметрами.

5. В случае использования подрессоренного сиденья изменение толщины подушки незначительно влияет на уровень вибраций водителя. Выбор толщины прокладки больше обуславливается физиологическими факторами – обеспечение равномерного распределения давления на таз водителя и кровообращения. Однако исключать подушку из колебательной модели нежелательно, так как это приводит к увеличению некорректности получаемых данных в октавах 8, 16 Гц. Исходя из опыта производителей оптимальная толщина подушки составляет 75–80 мм.

Литература

1. **Микулик, Т. Н.** Исследование влияния параметров сиденья на вибронегруженность оператора (водителя) / Т. Н. Микулик, Г. Н. Рейзина // Грузовик, Машиностроение». – 2014. – № 4 +прил. – С. 30–32.
2. **Микулик, Т. Н.** Определение влияния параметров подвески сиденья водителя на вибрационную мощность / Т. Н. Микулик // Грузовик &. – 2008. – № 4. – С. 33–34.
3. **Мусарский Р. А.** Оптимизация элементов виброзащиты поддресоренного сиденья / Р. А. Мусарский, В. И. Шишкин // Машиноведение, 1980, № 4, с. 38–43.
4. **Михайлов, В. Г.** Исследование динамических характеристик подушек сиденья / В. Г. Михайлов // Минск, 1979, – 12 с., – Рукопись представлена Белорусским политехническим институтом. Деп. в БелНИИТИ 27 авг. 1979 г., № 64.
5. **Михайлов, В. Г.** Исследование виброзащитных свойств поддресоренных сидений / В. Г. Михайлов, В. В. Шпаковский // В кн.: Эффективное использование научных разработок – важнейший резерв повышения производительности и качества. – Минск: Деп. в БелНИИТИ, 1977, с. 24–26.
6. **Михайлов, В. Г.** Исследования системы поддресоривания сиденья водителя грузового автомобиля: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.03/ В. Г. Михайлов – Минск: БПИ, 1982. – 231 л.
7. **Кольцов В. И.** Модель листовой рессоры / В. И. Кольцов, Ю. В. Пирковский, В. И. Ковицкий // Автомобильная промышленность 1970, № 10. С. 14–16.
8. **Михайлов, В. Г.** Анализ моделей трения в подвесках транспортных средств / В. Г. Михайлов // Трение и износ, 2014, Т. 2, № 35, с. 198–206.
9. **Михайлов, В. Г.** Анализ вибронегруженности штабной машины / В. Г. Михайлов, Д. В. Мишута // Сб. науч. Трудов Военной Академии Респ. Беларусь. – 2015. – Вып. № 1. – С. 88–92.
10. **Шишкин В. И.** Динамические и эргономические исследования и оптимизация характеристик взаимодействия водителя и автомобиля: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.03/ В. И. Шишкин, Горький, 1977, 234 с.

Reference

1. **Mikulik, T. N.** Research of influence of parametres of a seat on vibration of the operator (driver) / T. N. Mikulik, G. N. Rejzina// the Truck, Mechanical engineering « – 2014.– № 4 – pp. 30–32.
2. **Mikulik, T. N.** Definition of influence of parametres of a hanger of a seat of the driver on vibrating power / T. N. Mikulik // the truck &. – 2008. – № 4. – pp. 33–34.
3. **Musarsky, R. A.** Optimizatsija of elements of Protection against vibrations spring seats / R. A. Musarsky, V. I. Shishkin // Mashinovedenie, 1980, № 4, pp. 38–43.
4. **Mikhailov, V. G.** Research of dynamic characteristics of pillows of a seat / V. G. Mikhailov// Minsk, 1979, – 12 pp., – the Manuscript is presented by the Belarus polytechnical institute. dep. in BelNIINTI 27 aug. of 1979, № 64.
5. **Mikhailov, V. G.** Research vibroisolation properties of spring seats / V. G. Mikhailov, V. V. Shpakovsky// In Сол.: The Effective utilisation of scientific workings out – the major reserve of increase of productivity and quality. – Minsk: Dep. in BelNIINTI, 1977, pp. 24–26.
6. **Mikhailov, V. G.** Research of system of cushioning of a seat of the driver of the truck: diss. ... Cand. Tech. Sci.: 05.05.03 / V. G. Mikhailov – Minsk: БПИ, 1982. – 231 l.
7. **Koltsov V. I.** Model of a sheet spring plate / V. I. Koltsov, JU. V. Pirkovsky, V. I. Kovitsky// Motor industry 1970, № 10. С. 14–16.
8. **Mikhailov, V. G.** Analiz of friction models in hangers of vehicles / V. G. Mikhailov// the Friction and deterioration, 2014, Vol. 2, № 35, pp. 198–206.
9. **Mikhailov, V. G.** Analiz vibration of the staff car / V. G. Mikhailov, D. V. Mishuta// Col. science works of Military Academy Rесп. Belarus. – 2015. – Vol. 1. – pp. 88–92.
10. **Shishkin, V. I.** Dynamic both ergonomic researches and optimisation of characteristics of interaction of the driver and the car: dis. ... Cand. Tech. Sci.: 05.05.03/V. I. Shishkin, Gorki, 1977, 234 p.

Поступила 01.01.2016

Vladimir Mikhailov

RESEARCH, APPROXIMATION OF CHARACTERISTICS OF PILLOWS OF SEATS AND INFLUENCE ON VIBRATION OF DRIVER OF TRUCK

Are considered a situation developed in the field of modelling of fluctuations of vehicles (truck), the attention on low vibroisolation properties of seats is focused. One of the reasons which the weak level of scrutiny of real characteristics of a pillow of a seat is. The technique of tests of pillows of seats is resulted, dependences of change of their parametres on a thickness of a layer pad of a pillow and a rubber category are received.

The advanced mathematical model of a pillow of the seat, providing good coincidence of the peak-frequency characteristic in a strip of frequencies of 2–20 Hz and the block-schema of its realisation in package MATLAB\SIMULIK is offered, al-

lowing more to model fluctuations on a workplace of the driver of a vehicle more precisely. Pillow influence on vibration properties of seats is investigated.

Keywords: the Vehicle, a pillow, a seat, vibration, vibroisolation properties, modelling of fluctuations on a workplace of the driver.



Владимир Георгиевич Михайлов, канд. техн. наук 05.05.03, ведущий инженер ООО «Мидивисана», г. Минск.

Специалист в области автомобилестроения, испытаниям подвесок, рам ТС, пневматики, гидравлики, тензометрирования, моделирования динамических систем в пакетах MATLAB\SIMULIK, ADAMS, оценки напряженно-деформированного состояния в пакете ANSYS, разработки систем CALS\PLM (PDM, ERP). Tel.: + 375-(029)785-09-16. E-mail: sapr7@mail.ru.

Vladimir Georgievich Mikhailov, Cand. Tech. Sci. 05.05.03, the leading engineer Open Stock Company «midivisana», Minsk.

The expert in the field of automotive industry, to tests of suspenders, frames of the Soft, a pneumatic, hydraulics, тензометрирования, modelling of dynamic systems in packages MATLAB\SIMULIK, ADAMS, estimations of the is intense-deformed condition in package ANSYS, developing of Software system of engineering CALS\PLM (PDM, ERP). Tel.: + 375(029) 785-09-16. E-mail: sapr7@mail.ru.