

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ЭЛЕМЕНТОВ ПОДВЕСОК БАЗОВЫХ ШАССИ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

А.В. Широухов.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрен анализ параметров подвесок автомобильных базовых шасси пожарно-спасательных автомобилей, влияющих на действующие величины ускорений элементов подвесок и монтируемого оборудования, так же выделены направления совершенствования элементов подвесок с целью минимизации воздействий ускорений во время движения.

Ключевые слова: коэффициенты жесткости, коэффициент демпфирования, прогибы рессор, низкочастотный резонанс, собственная частота, подрессоренные массы, коэффициент аперидичности, вертикальные ускорения

WAYS OF IMPROVING THE DESIGN OF THE SUSPENSION ELEMENTS OF THE BASE CHASSIS FIRE AND RESCUE VEHICLES

A.V. Shirouchov.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

In the article the analysis of the parameters of the suspensions automobile base chassis fire and rescue vehicles affect current values of the accelerations of the suspension elements and mounted equipment, also highlighted areas of improvement suspension elements to minimize the effects of acceleration during the movement.

Keywords: stiffness, damping coefficient, deflections of springs, low-frequency resonance, natural frequency, sprung mass, aperiodicity coefficient, vertical acceleration

Пожарно-спасательные автомобили (ПСА), применяемые для тушения пожаров на труднодоступных территориях (в том числе лесных массивов), должны иметь высокие подвижность и маневренность, обеспечивать быстрое прибытие к местам работы. Вместе с тем анализ показывает, что существующие типы ПСА, оборудование которых смонтировано на двухосных и трехосных автомобильных базовых шасси (АБШ), по своим скоростным качествам не всегда удовлетворяют этим требованиям. В частности, анализ показал, что динамические нагрузки, действующие на элементы АБШ ПСА, такие как АЦ-2,5/40 (шасси ЗиЛ 131), АЦ-5-40 (шасси КамАЗ 43114) при движении по грунтовым дорогам категории «А» [1], могут превзойти допустимые пределы ($25...30 \text{ м/с}^2$) уже при скоростях $20...25 \text{ км/ч}$. При этом средние скорости движения на дорогах категории «Б» не будут превышать $10...12 \text{ км/ч}$, а на дорогах категории «В» скорости снижаются до $5...7 \text{ км/ч}$, что не может обеспечить высокую эффективность применения таких ПСА при тушении природных и техногенных пожаров.

В связи с этим для тушения пожаров на труднодоступных территориях должны создаваться специальные ПСА, имеющие высокие плавность хода, тяговооруженность, маневренность, грузоподъемность. Эта задача может быть решена на основе модернизации существующих или разработки новых АБШ. При этом экономически целесообразно использовать под монтаж оборудования таких ПСА АБШ, серийно выпускаемых промышленностью, либо после необходимых модернизаций.

Уменьшение динамических нагрузок и, как следствие этого, увеличение скоростей движения ПСА по дорогам низкого качества может быть достигнуто в первую очередь за счет совершенствования их динамических систем, систем подвески АБШ и упругого закрепления оборудования ПСА.

Результаты анализа влияния характеристик подвески на максимальные значения амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) колебаний элементов подвесок АБШ в областях низкочастотного, высокочастотного резонансов и в межрезонансной областях позволяют определить пути снижения динамических нагрузок.

Основными характеристиками упругих элементов подвески являются: коэффициенты жесткости рессор C_p и шин $C_{ш}$, коэффициенты демпфирования h_p , прогибы рессор f (рис. 1).

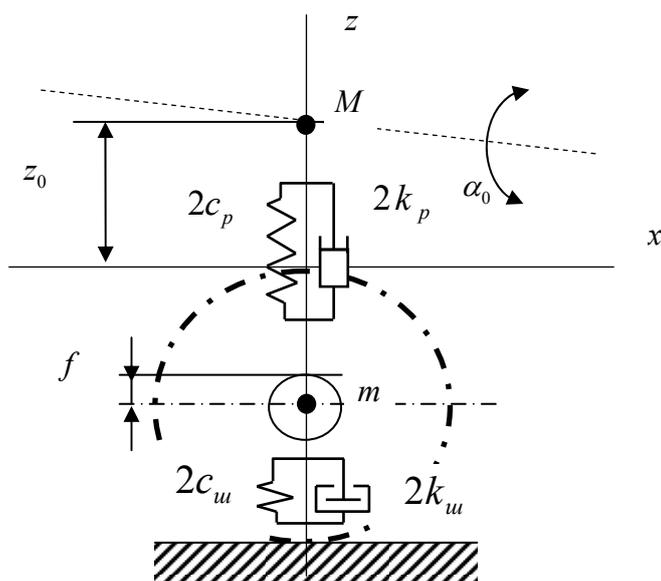


Рис. 1. Колебательная система, эквивалентная оси (мосту) автомобильного базового шасси

(M – подрессоренная масса; m – непрорессоренные массы; $2C_{ш}$ – коэффициент жесткости шин; $2K_{ш}$ – коэффициент неупругого сопротивления шин; $2C_p$ – коэффициент жесткости рессор (упругого элемента); $2K_p$ – коэффициент демпфирования амортизатора; z_0 – амплитуда вертикальных колебаний; α_0 – амплитуда угловых продольных колебаний)

Весьма большое влияние на величины ускорений оказывает жесткость рессор C_p (рис. 2 а). При уменьшении жесткости C_p , а, следовательно, и собственной частоты подрессоренной массы ω , ускорения уменьшаются как в областях резонансов, так и в межрезонансной области (рис. 2 а). Однако следует иметь в виду, что при уменьшении жесткости C_p увеличивается статический прогиб рессор f_{cm} , так как:

$$f_{cm} = \frac{Mg}{C_p},$$

где g – ускорение свободного падения.

В этом случае при фиксированном полном прогибе рессор f_n будет уменьшаться их динамический прогиб f_δ , а это может привести к «пробоям» упругих элементов и к резкому увеличению ускорений. Опыт проектирования и эксплуатации автомобилей [2] показывает, что конструктивные параметры прогибов упругих элементов подвески могут иметь следующие значения:

$$f_n = 0,30 \dots 0,40 \text{ м}; \quad f_{cm} = f_\delta = 0,15 \dots 0,20 \text{ м}.$$

Собственная частота колебаний поддрессоренной массы может быть определена по выражению:

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{f_{cm}}}.$$

Анализ показал, что при указанных значениях параметров прогибов упругих элементов подвески поддрессоренной массы АБШ будут находиться в пределе 7...8 Гц. Для сравнения следует отметить, что собственная частота поддрессоренной массы ПА АЦ-2,5/40 (шасси ЗиЛ 131), расположенной над передними колесами, равна $\omega_1 = 12$ Гц (рис. 2).

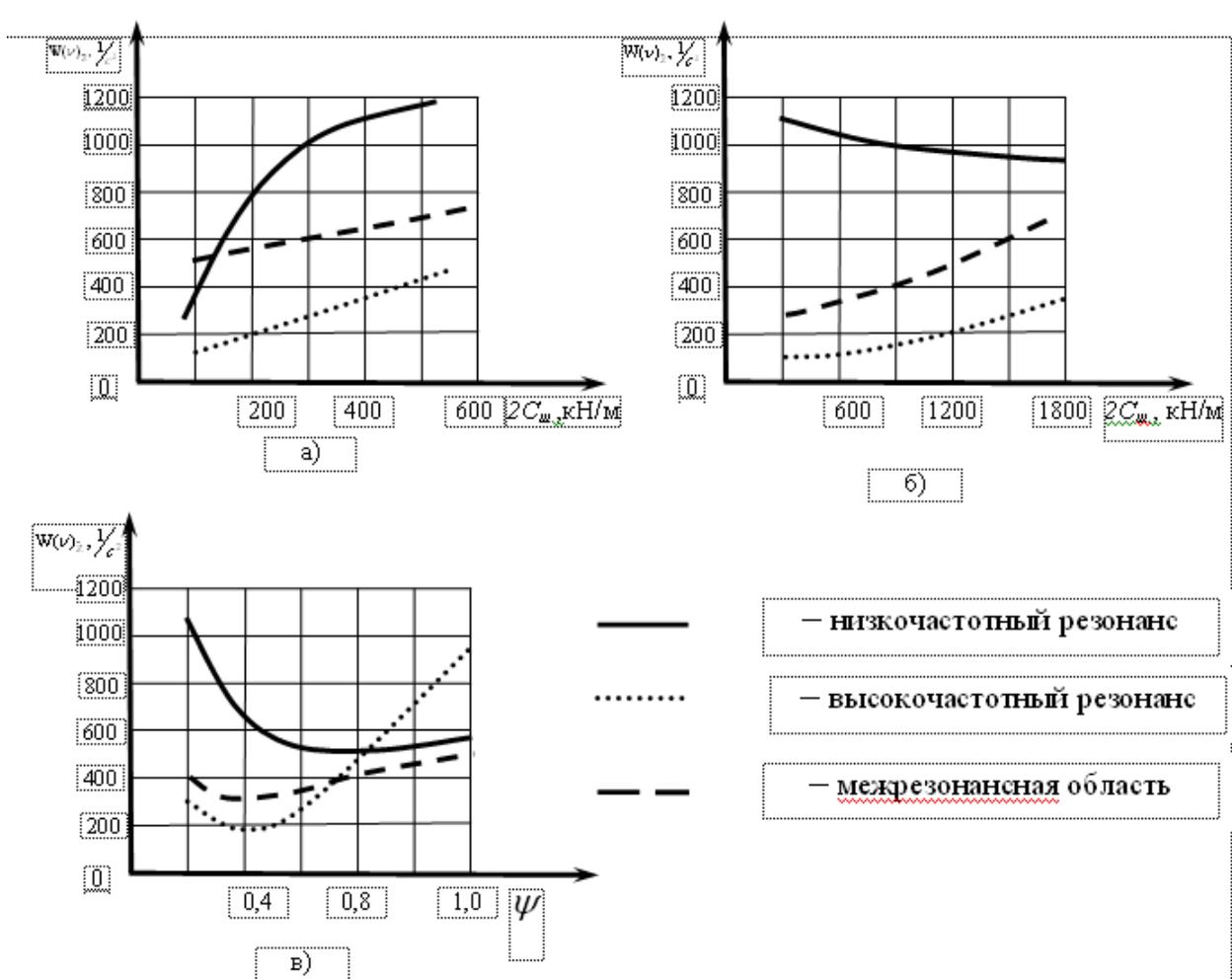


Рис. 2. Зависимость максимальных значений АЧХ $W^{(v)}_z$ от характеристик подвески

Увеличение полного f_n и динамического f_0 прогибов упругих элементов подвески, возможное уменьшение в связи с этим собственной частоты ω и исключение «пробоев» подвески может быть достигнуто при применении систем подъема корпуса ПСА. При независимой подвеске колес эта система позволяет не только увеличить прогибы упругих элементов, но и обеспечивает увеличение дорожного просвета ПСА, что, в свою очередь, позволяет значительно повысить проходимость АБШ, особенно при движении по дорогам категорий «В», и существенно повышает шансы проезда по пересеченной местности.

Уменьшение собственной частоты колебаний подрессоренных масс может быть достигнуто также при применении упругих элементов подвески с нелинейными регрессивно-прогрессивными характеристиками (рис. 3), которые имеют небольшую жесткость в средней части в области основных рабочих деформаций и резкое возрастание жесткости на крайних участках для недопущения частых «пробоев» подвески.

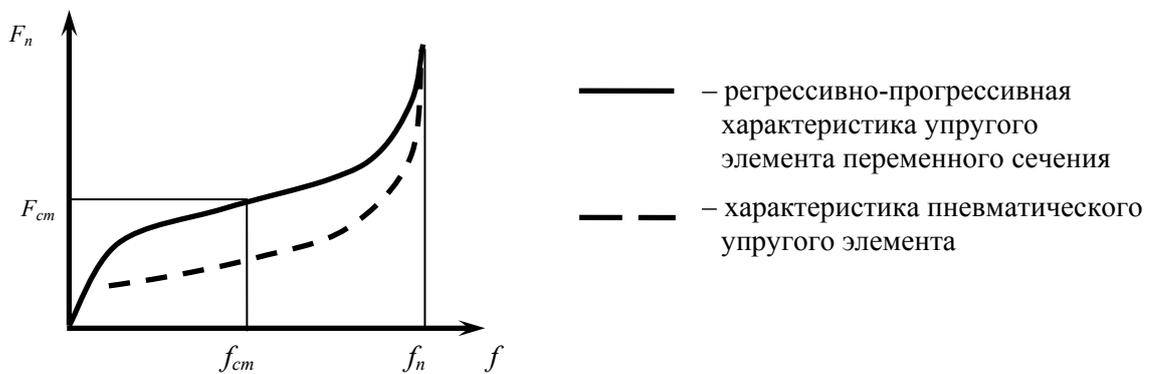


Рис. 3. Характеристики подвесок

Уменьшение жесткости шин C_{III} (рис. 2 б) мало влияет на максимальные ускорения в области низкочастотного резонанса, но приводит к значительному их уменьшению в области высокочастотного резонанса и в межрезонансной области. При этом уменьшается собственная частота колебаний неподресоренных масс.

Жесткость шин может быть уменьшена за счет применения на колесах АБШ широкопрофильных и арочных шин низкого давления [3], жесткость которых в 1,5–2 раза меньше, чем жесткость штатных шин высокого давления. При этом собственная частота колебаний неподресоренных масс ПСА, например АЦ-5-40 (шасси КамАЗ 43114) уменьшается с 55 Гц до 40...45 Гц.

Кроме того, широкопрофильные шины обеспечивают нивелирование, сглаживание коротких дорожных неровностей, значительно уменьшая их возмущающее действие. Широкопрофильные шины, имея большую площадь контакта с грунтом, повышенное сцепление колес с грунтом, обеспечивают высокую проходимость ПСА на мягких и заболоченных грунтах.

Влияние на максимумы АЧХ демпфирующих характеристик амортизаторов подвески показано на рис. 2 в. При этом в качестве характеристики демпфирования колебаний на графике использован коэффициент аperiodичности ψ , который равен [2]:

$$\psi = \frac{h_p}{\omega}$$

Зависимость ускорений подрессоренных масс от коэффициента аperiodичности ψ имеет сложный характер. При увеличении коэффициента ψ максимальные ускорения в области низкочастотного резонанса уменьшаются до $\psi = 0,6...0,8$, а затем начинают увеличиваться. В области высокочастотного резонанса и в межрезонансной области ускорения начинают быстро возрастать при $\psi \geq 0,3...0,4$. В связи с этим в качестве целесообразного значения можно рекомендовать $\psi = 0,4...0,5$.

При собственной частоте колебаний подрессоренных масс $\omega = 8 \Gamma\text{ц}$ коэффициент демпфирования колебаний будет равен: $h_p = 3,5...4,0 \Gamma\text{ц}$.

Анализ показывает, что при рекомендуемых значениях характеристик подвески средние квадратические отклонения вертикальных ускорений ПСА АЦ-5-40 (шасси КамАЗ 43114) при движении по дорогам низкого качества могут быть значительно уменьшены (рис. 4).

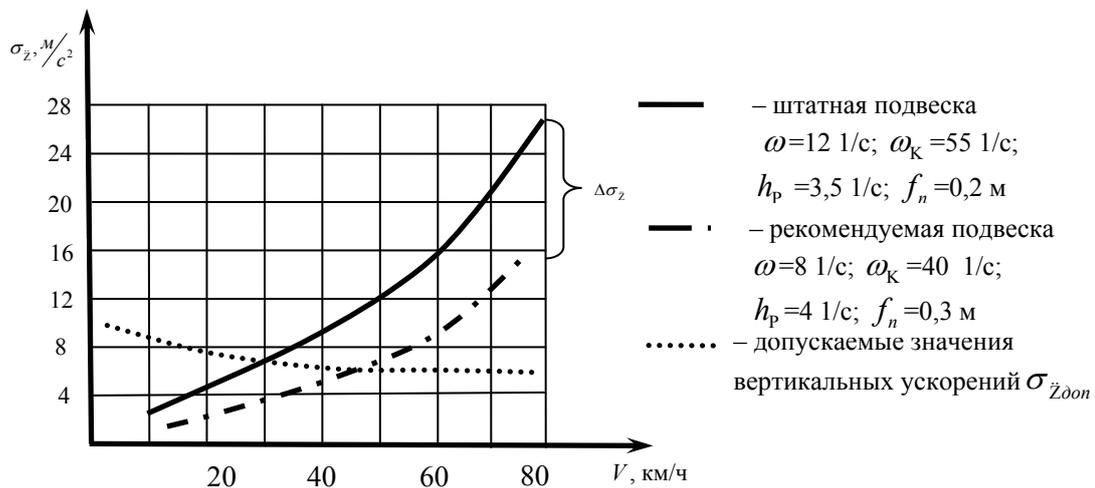


Рис. 4. Зависимости средних квадратических отклонений вертикальных ускорений АЦ-5-40 (шасси КамАЗ 43114) от скорости движения по дорогам категории «Б»

При этом максимально-допустимые скорости движения АЦ-5-40 (шасси КамАЗ 43114) могут быть увеличены с 20...25 км/ч до 45...50 км/ч.

Одним из путей развития ПСА является монтаж оборудования на многоосные колесные шасси (МКШ), что позволяет значительно повысить эффективность их применения для тушения природных и техногенных пожаров на труднодоступных территориях.

МКШ, имеющие привод на все колеса, независимую подвеску колес, широкопрофильные или арочные шины с централизованной подкачкой воздуха, системы изменения дорожного просвета позволяют значительно повысить проходимость ПСА при движении по дорогам низкого качества, а так же вне дорог по лесистой и заболоченной местности. При этом ПСА будет иметь достаточно высокую маневренность при наличии рулевого привода на все колеса.

Большая грузоподъемность и удлиненная рама МКШ позволяют монтировать на них цистерны большего объема.

Динамические нагрузки, действующие на ПСА, смонтированные на МКШ при движении по грунтовым дорогам, в 1,5–2 раза меньше, чем на двух и трехпорные колесных шасси. При этом скорости движения таких шасси по дорогам низкого качества достигают 60...70 км/ч. Это объясняется тем, что у МКШ упругие элементы подвески распределены вдоль подрессоренной рамы, широкопрофильные шины низкого давления имеют жесткость меньшую, чем шины высокого давления. При этом общая приведенная жесткость системы подвески уменьшается, что приводит к уменьшению собственных частот вертикальных ω_{z0} и угловых $\omega_{\alpha 0}$ колебаний (рис. 1) подрессоренных масс до 7,5...8,5 Гц при значениях коэффициента аperiodичности $\psi = 0,35...0,45$.

Значительное влияние на ускорения подрессоренных масс оказывает размещение колес МКШ по длине рамы корпуса. Для МКШ с колесной формулой 8x8 возможны три основных схемы размещения колес: равномерная (1-1-1-1), сближены четыре передних и задних колеса (2-2), сближены четыре средние колеса (1-2-1). С точки зрения снижения динамических нагрузок наиболее целесообразна схема 1-2-1, так как в этом случае снижается угловая жесткость, уменьшаются угловые ускорения, что приводит к снижению вертикальных ускорений передней и задней частей корпуса ПСА.

Таким образом, среди всего спектра направлений совершенствования элементов подвесок АБШ ПСА необходимо выделить следующие решения, направленные на обеспечение минимизации действующих значений ускорений при движении и, как следствие, увеличение скорости передвижения ПСА:

- конструктивное уменьшение жесткости упругих элементов подвески как дальнейшее направление – использование упругих элементов с нелинейными регрессивно-прогрессивными характеристиками или регулируемыми характеристиками, что позволит создать ПСА с изменяемым клиренсом;

- применение демпфирующих элементов с регулируемыми характеристиками (изменяемым коэффициентом демпфирования);

- создание автоматических комплексов управления характеристиками элементов подвески в зависимости от качества дорожного покрытия, скорости движения, степени загрузки ПСА и т.д.;

- применение шин низкого давления для АБШ ПСА, использование которых предполагается в местностях с низким качеством дорожного покрытия либо без такового;

- использование в качестве базы для монтирования оборудования ПСА многоосных колесных шасси.

Литература

1. ГОСТ Р 50597–93. Автомобильные дороги и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».

2. Ротенберг Р.В. Подвеска автомобиля. М.: Машиностроение, 1972. 355 с.

3. Некоторые пути снижения динамических нагрузок оборудования при транспортировке / Е.В. Грачев [и др.] // Исследования и испытания вооружения. 1969. № 1.