

6. Применение метода последовательного анализа для моделирования процесса выработки решения в оперативной деятельности МЧС России / Н.В. Каменецкая [и др.] // Проблемы управления рисками в техносфере. 2016. № 3 (39). С. 73–81.
7. Обоснование выбора эффективных тактических приемов по тушению пожаров и проведению аварийно-спасательных работ методом последовательного анализа / Н.В. Каменецкая [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. 2017. Т. 26. № 5. С. 5–12.
8. Вентцель Е.С. Исследование операций. Задачи, принципы. М.: Наука, 2009. 207 с.
9. Волгин Н.С., Махров Н.В., Юровский В.А. Исследование операций. Л.: ВМА, 1981. 605 с.
10. Динер И.Я. Исследование операций. Л.: ВМОЛУА, 1969. 606 с.
11. Вентцель Е.С. Теория вероятностей: учеб. 11-е изд., стер. М.: КНОРУС, 2010. 664 с.
12. Калинина Е.С. Применение математических методов в задачах проектирования сложных технических систем // Фундаментальные и прикладные исследования: гипотезы, проблемы, результаты: сб. материалов I Междунар. науч.-практ. конф. Новосибирск, 2017. С. 64–69.

ВЛИЯНИЕ КОМПОНОВОЧНОЙ СХЕМЫ БАЗОВОГО ШАССИ НА ДИНАМИКУ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ В ПОДВЕСКАХ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

**К.С. Иванов, кандидат технических наук, доцент;
А.В. Широхов, кандидат технических наук.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассматривается зависимость влияния примененной компоновочной схемы базового шасси специального автомобиля на значения и характер возникающих динамических нагрузок в подвесках в результате колебательных процессов, а также рекомендации по изменению элементов конструкций в целях снижения данных нагрузок.

Ключевые слова: компоновочная схема, виброзащитные системы, вертикальные и угловые колебания, парциальные коэффициенты частот

THE RANDOM SEARCH METHOD IN THE SOLUTION OF THE OPTIMIZATION PROBLEM OF SYNTHESIS OF VIBRATION ISOLATION SYSTEMS

**K.S. Ivanov; A.V. Shirokhov.
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia**

The article discusses the dependence of the impact applied to the layout scheme of the basic chassis of a special vehicle on the values and nature of the arising dynamic loads in suspensions, the result of oscillating processes, and recommendations for change element structures in order to reduce data loads.

Keywords: layout diagram, vibration isolation system, vertical and angular oscillations, partial coefficients of frequencies

В настоящее время при проектировании многоосных базовых шасси, предназначенных под монтаж специального оборудования, используются как базовые несколько типовых компоновочных схем. Обусловлено это существующими наработками инженерных решений при конструировании, а также отработанностью процессов производства комплектующих агрегатов (систем рулевого управления, элементов подвески, редукторов раздаточных и бортовых передач и т.д.), используемых в данных машинах. Поскольку выбор компоновочной схемы шасси ограничивается возможностью размещения на нем вышеуказанных компонентов и силовой установки, то разнообразие конструкций сводится к нескольким решениям. В данной статье не рассматриваются двух и трехосные шасси, как наиболее распространенные, и шасси с пятью и более осями из-за крайне редкого (штучного) использования. Так же следует учесть, что рассматривается шасси классической рамной конструкции, так как хребтовые и каркасные рамы и другие экзотические конструкторские решения не характерны для массового производства. Как правило, среди четырехосных шасси выделяют несколько компоновочных схем: 1-1-1-1 (рис. 1 а), 2-2 (рис. 1 б), 1-2-1 (рис. 1 в). Помимо различия компоновочных схем следует варьировать четырехосные шасси и по общей габаритной длине L – до 8 м и более.

Варианты монтируемых надстроек могут быть весьма разнообразны (от грузовых платформ до комплексов космического мониторинга и т.п.) и обуславливаются характером применения специального оборудования, смонтированного на базовом шасси. При эксплуатации подобного оборудования немаловажным аспектом становится его виброустойчивость – способность сохранять работоспособное состояние при воздействии динамических нагрузок в результате колебаний, возникающих при движении по дорогам.

Если при эксплуатации грузовых (и им подобных) версий надстроек данная характеристика является второстепенной, то при монтаже виброчувствительного оборудования встречается большое количество отказов, связанных с воздействием вибраций. Снижение количества отказов по данной причине является актуальной задачей, особенно в узкоспециализированном направлении (техника МЧС России, Министерства обороны Российской Федерации и т.п.).

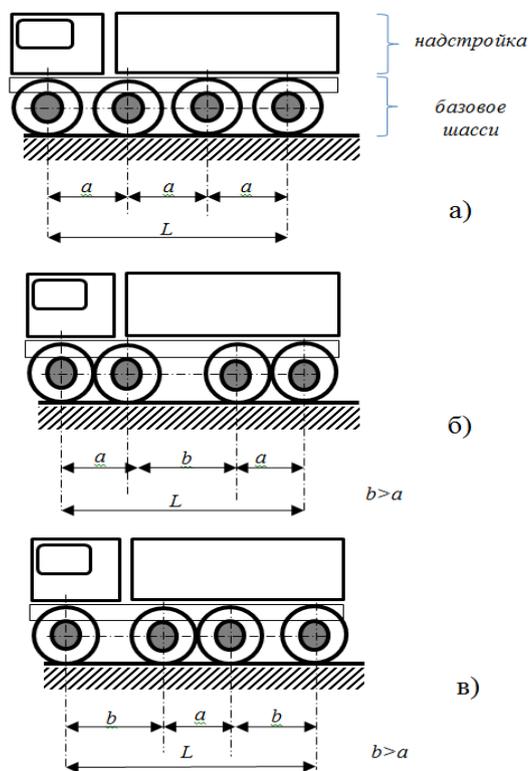


Рис. 1. Компоновочные схемы многоколесных базовых шасси

Улучшение данной характеристики оборудования возможно при применении как первичных виброзащитных систем, так и вторичных. В первичных виброзащитных системах наиболее действенным способом снизить влияние возникающих динамических нагрузок является применение подвесок шасси с большими значениями деформации по сравнению с типовыми базовыми шасси. Это приводит к увеличению коэффициентов аperiodичности и уменьшению парциальных собственных частот колебаний их подрессоренных частей [1]. Результаты исследований [2] показывают, что оптимальные динамические параметры первичных виброзащитных систем многоопорных шасси по вертикальным перемещениям z_0 и продольно-угловым α_0 колебаниям корпуса (рис. 2) должны быть примерно равны, то есть значения парциальных коэффициентов затуханий и частот, соответственно:

$$\omega_z^* \approx \omega_\alpha^* \text{ и } h_z^* \approx h_\alpha^*,$$

где $\omega_z^*, \omega_\alpha^*$ – парциальные коэффициенты частот линейных и угловых колебаний осей шасси; h_z^*, h_α^* – парциальные коэффициенты затухания линейных и угловых колебаний осей шасси.

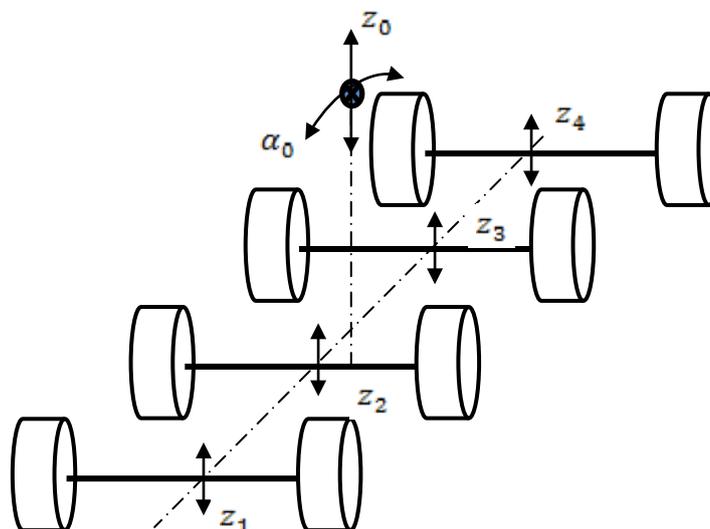


Рис. 2. Схема колебательной системы многоопорного шасси

Это объясняется тем, что частоты дорожных возмущений, действующих на агрегаты по координатам и α_0 близки по своим величинам. Так, для условий движения по дорогам IV или V категорий со скоростью 60 км/ч были получены следующие оптимальные характеристики первичных виброзащитных систем [3, 4]:

$$\omega_z^* \approx \omega_\alpha^* \approx 7,5 - 8,5 \text{ Гц, } h_z^* \approx h_\alpha^* \approx 2,8 - 3,5 \text{ Гц.}$$

Для выполнения этих условий необходимо увеличение жесткостей и коэффициентов неупругого сопротивления крайних подвесок по сравнению с подвесками средних мостов, что, кроме того, уменьшает вероятность «пробоев» упругих элементов крайних подвесок при интенсивных продольно-угловых колебаниях шасси. Данное требование может противоречить требованиям, предъявляемым к системам подвесок при оптимизации значений характеристик последних в ходе изменений условий эксплуатации шасси. Решение данного противоречия становится возможным при применении инвариантных систем подвесок, позволяющих

изменять жесткостные и демпфирующие характеристики подвесок мостов в зависимости от требований, обусловленных условиями эксплуатации. Применение подобных систем связано с большими затратами на проектирование и эксплуатацию, и, как следствие, ограничивает их применение. Таким образом, применение инвариантных систем подвесок становится достаточно затратным. Тем не менее применение подвесок с оптимальными характеристиками (при ограниченном спектре условий эксплуатации) и рациональном размещении агрегатов позволяет снизить степень динамических нагрузок на узлы и агрегаты шасси, тем самым повысив виброустойчивость всей конструкции в целом и смонтированного оборудования в частности.

Проведенные исследования [1] показывают, что значительное влияние на динамические нагрузки подрессоренных частей многоопорных агрегатов оказывает порядок размещения их мостов по длине базы. Причем это влияние во многом определяется основными длинами неровностей дорог, по которым движется агрегат. При сравнительно коротких длинах неровностей 1...4 м, что характерно для грунтовых дорог и в ряде случаев для булыжных шоссе, вертикальные \ddot{z}_0 и продольно-угловые $\ddot{\alpha}_0$ ускорения четырехосного шасси при длине его базы $L=7,7$ м достигают наибольших величин в случае равномерного размещения мостов по схеме 1-1-1-1 (на примере МАЗ-543) (рис. 3 а, б). При переходе на схемы 2-2 (на примере МАЗ-7911) и особенно на 1-2-1 (на примере ЗиЛ-135) ускорения по указанным координатам снижаются. Это приводит к значительному уменьшению ускорений \ddot{z}_p (рис. 3 в).

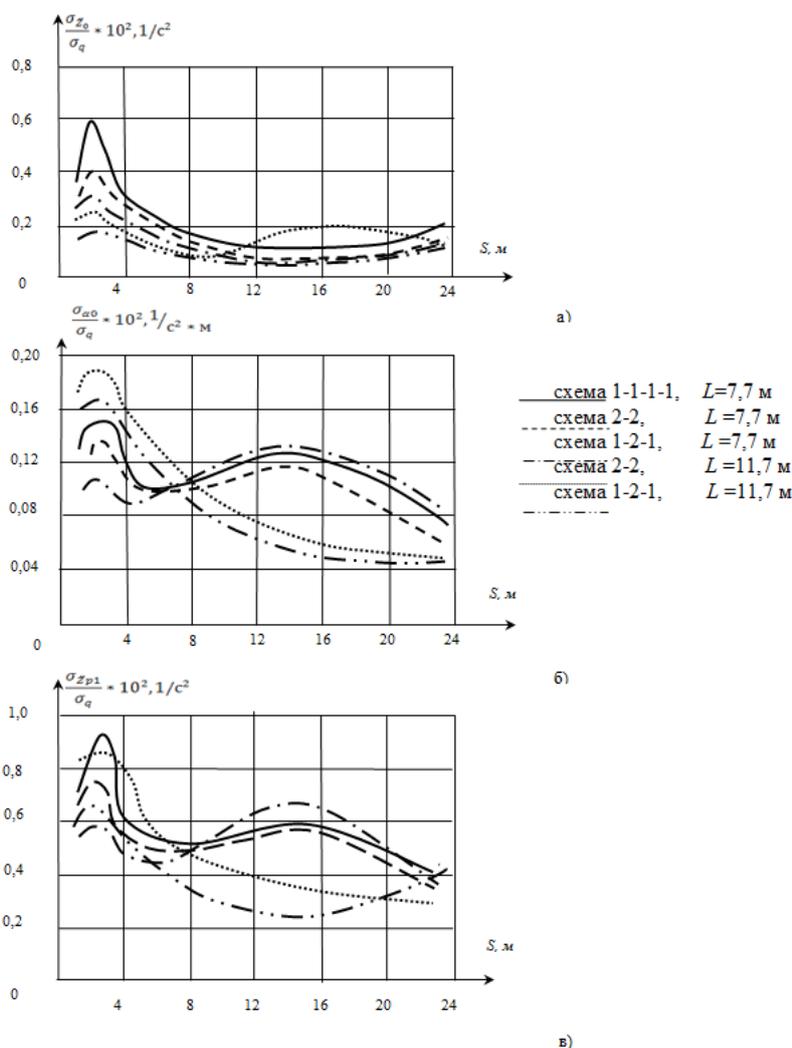


Рис. 3. Зависимости относительных средних квадратических отклонений ускорений изделий от длины основных неровностей дорог для различных схем шасси

Увеличение базы агрегата до 11,7 м вызывает увеличение угловых $\ddot{\alpha}_0$ и уменьшение вертикальных \ddot{z}_0 ускорений шасси (рис. 3 а, б). При этом сохраняются преимущества схемы 1-2-1. Для условий движения по дорогам с длинными неровностями схема размещения мостов 1-2-1 по условиям динамического нагружения элементов шасси имеет определенные преимущества перед другими схемами. Исключение составляют продольно-угловые ускорения корпуса $\ddot{\alpha}_0$, которые в данном случае несколько увеличиваются, что вызывает рост ускорений \ddot{z}_p . При движении по длинным неровностям увеличение базы шасси приводит к значительному уменьшению ускорений $\ddot{\alpha}_0$ и ускорений \ddot{z}_p .

Вместе с рациональным размещением осей шасси одним из действенных мер по снижению динамических нагрузок является применение первичных виброзащитных систем с большими значениями демпфирующих характеристик. Добиться данного эффекта позволяет применение шин с меньшими показателями жесткости. Снижение жесткости шин приводит к уменьшению ускорений рамы шасси, особенно в области высоких частот [1]. В связи со сравнительно небольшими коэффициентами неупругого сопротивления шин, что особенно характерно для шин нормального профиля, уменьшение жесткости может вызвать некоторое увеличение низкочастотных ускорений подрессоренных частей шасси. Вместе с тем анализ результатов оптимизации параметров плавности хода свидетельствует о том, что использование для монтажа специального оборудования полуподвесных и бесподвесных схем колесных шасси нецелесообразно, так как шины без наличия подвесок колес не могут обеспечить оптимальную защиту от воздействия дорожного полотна.

Возникает необходимость поиска оптимального сочетания параметров первичных и вторичных виброзащитных систем, что влечет существенное снижение степени динамического воздействия на элементы шасси (рис. 4) [1].

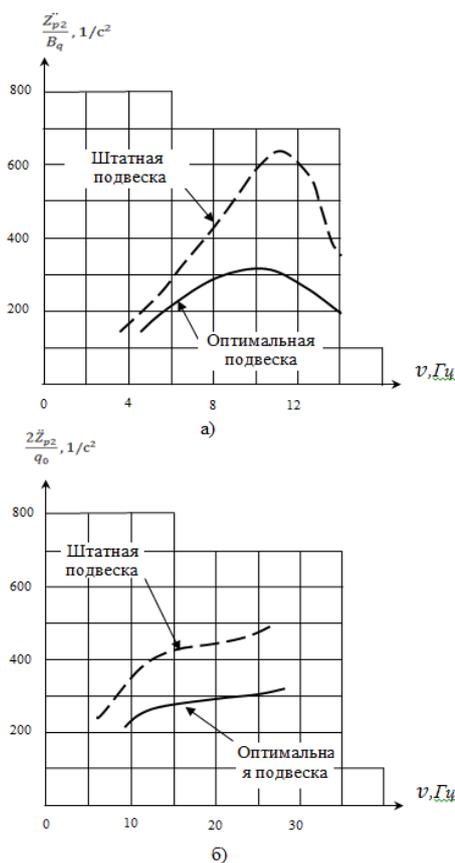


Рис. 4. Экспериментальные данные по величинам относительных ускорений с оптимальной первичной виброзащитной системой при периодических (а) и единичных (б) воздействиях

Таким образом, анализ показывает, что, поскольку основные типы дорог имеют неровности сравнительно небольшой длины, то с точки зрения уменьшения динамической нагруженности элементов шасси и надстройки при их движении по дорогам схема размещения мостов базовых шасси 1-2-1 является наиболее целесообразной. Так же на базовых шасси, предназначенных для монтажа спецоборудования, целесообразно использовать широкопрофильные или арочные шины соответствующей грузоподъемности с возможно меньшей жесткостью и повышенными демпфирующими качествами.

Литература

1. Широухов А.В. Методика синтеза оптимальных систем защиты узлов и агрегатов пожарно-спасательных автомобилей от динамических перегрузок: дис. ... канд. наук. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2017. 164 с.
2. Широухов А.В. Пути совершенствования конструкций элементов подвесок базовых шасси пожарно-спасательных автомобилей // Природные и техногенные риски (физико-математические прикладные аспекты). 2015. № 3. 78 с.
3. Афанасьев В.А., Васильев В.С., Ачатуров А.А. Спектральные характеристики поверхностей некоторых участков дорог. М., 1972. С. 120–183.
4. Проектирование полноприводных колесных машин: учеб. / под общ. ред. А.А. Полунгяна: в 2-х т. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. Т. 2. 640 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОНЕНТОВ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ОГНЕЗАЩИТНЫХ ВСПУЧИВАЮЩИХСЯ КОМПОЗИЦИЙ МЕТОДОМ АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ

А.А. Боева;

А.В. Иванов, кандидат технических наук;

Г.Л. Шидловский, кандидат технических наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Представлено исследование огнезащитных вспучивающихся композиций методом атомно-силовой микроскопии, модифицированных в условиях электрофизической и реагентной модификации.

Ключевые слова: огнезащитное вспучивающееся покрытие, атомно-силовая микроскопия, адгезия, переменный частотно-модулированный потенциал

INVESTIGATION OF COMPONENTS OF MODIFIED FIRE-PROTECTIVE RECOVERY COMPOSITION BY THE ATOM-FORCE MICROSCOPY METHOD

A.A. Boyeva; A.V. Ivanov; G.L. Shidlovsky.

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

In this paper, a study is made of flame retardant intumescent compositions by atomic-force microscopy, modified under conditions of electrophysical and reagent modification.

Keywords: flame-retardant swelling coating, atom-force microscopy, adhesion, variable frequency-modulated potential