



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого»
(ФГАОУ ВО «СПбПУ»)

ИНН 7804040077, ОГРН 1027802505279,
ОКПО 02068574

Политехническая ул., 29, С.-Петербург, 195251
Телефон (812) 297-20-95, факс 552-60-80
E-mail: office@spbstu.ru

В диссертационный совет
Д 205.003.01 при Санкт-
Петербургском университете
Государственной
противопожарной службы МЧС
России.

196105, Санкт-Петербург,
Московский проспект, д. 149.

_____ № _____

на № _____ от _____

ОТЗЫВ

официального оппонента о диссертации Широухова Александра Валерьевича на тему: “Методика синтеза оптимальных систем защиты узлов и агрегатов пожарно-спасательных автомобилей от динамических перегрузок”, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.26.03 – пожарная и промышленная безопасность (транспорт).

Актуальность темы. В периоды эксплуатации пожарно-спасательных автомобилей (ПСА) значительное время выпадает на передвижение с повышенными скоростями, в условиях низкого качества дорожного покрытия и езду по разбитым проселочным дорогам. В результате виброзащитные элементы автомобильного базового шасси подвергаются воздействию динамических нагрузок превышающих значения нормативных рабочих режимов во всевозможных ситуациях, связанных как с субъективными, так и объективными обстоятельствами.

Последнее приводит к существенному снижению надежности техники, отказу оборудования и неэффективности выполнения задач по локализации и ликвидации пожаров и последствий катастроф, а так же негативно влияют на физиологическое состояние экипажа.

Уменьшение отрицательного воздействия динамических перегрузок на элементы базового шасси и установленного оборудования традиционно решается путем применения виброзащитных систем (ВС).

Эффективная защита элементов пожарно-спасательных автомобилей от динамических перегрузок при их эксплуатации возможна лишь при условии анализа и синтеза существующих виброзащитных систем, результатом которого является их совершенствование посредством оптимизации параметров. С рассматриваемых позиций тема диссертации является актуальной.

В результате анализа предыдущих исследований автором формулируются цели и задачи исследований, состоящие в разработке методики синтеза виброзащитных систем пожарно-спасательных автомобилей с использованием обобщенной идеализированной динамической модели, составления частных математических моделей, анализ которых позволил обосновать критерии качества элементов виброзащитных систем и методы оптимизации их параметров.

Научная новизна полученных автором результатов исследований включает:

- разработку обобщенной идеализированной динамической модели пожарно-спасательного автомобиля, обоснование и аналитическое решение частных математических моделей;
- разработку методики синтеза систем виброзащиты ПСА, позволяющей с минимальными затратами проводить поиски и определять оптимальные параметрические характеристики элементов;
- научно аргументированные критерии качества, предъявляемые к виброзащитным системам ПСА, позволяющие оценить уровень соответствия проектируемых и имеющихся виброзащитных систем в зависимости от сочетания оптимизируемых параметров и условий возмущения колебаний применительно к конкретным условиям работы узлов и агрегатов.

Достоверность научных положений и выводов исследования базируется на фундаментальных законах теории колебаний; использовании современных математических методов при решении поставленных задач; проверкой предложенных теоретических рекомендаций по оптимизации параметров виброзащитных систем посредством физического эксперимента, подтверждающего удовлетворительную сходимость расчетных и экспериментальных данных.

Практическая значимость результатов работы.

Разработанны рекомендации по совершенствованию виброзащитных систем агрегатов ПСА, позволяющие улучшить технические параметры систем виброзащиты, применительно к конкретным условиям эксплуатации.

Результаты диссертационной работы, подтвержденные актами, внедрены в технологический и производственный процесс на 337 БХВТИ (МТО) , а также в учебный процесс ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС РОССИИ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 3-х глав, заключения, списка использованных литературных источников в количестве 147 наименований и трех приложений. Объем работы 145 страниц, в т.ч. 30 рисунков и 1 таблица.

Во введении обоснована актуальность темы, научная новизна и практическая ценность работы, сформулированы цели и задачи исследования, состоящие в улучшение эксплуатационных качеств виброзащитных систем элементов автомобильного базового шасси (АБШ) и монтируемого оборудования (МО) ПСА посредством оптимизации их параметров.

В первой главе проводится сравнительный анализ основных внешних факторов, влияющих на режимы динамического нагружения пожарно-спасательных автомобилей в процессе их функционального использования. В частности, характеристики дорожного покрытия и скоростные режимы. В результате изучения установлено, что при движении по дорогам со значительными неровностями ПСА совершают интенсивные линейные и угловые колебания. Данные обстоятельства должны учитываться при расчетах виброзащитных систем ПСА, что не всегда реализуется на практике, так как при массовом производстве в качестве базового шасси используются серийно выпускаемые, у которых технические характеристики виброзащитных элементов не отвечают предъявленным требованиям ПСА.

Основными статистическими характеристиками динамических нагрузок, действующих на элементы ПСА при движении по дорогам, являются законы распределения ускорений (интегральный $F(\ddot{z})$ и дифференциальный $f(\ddot{z})$), дисперсии ускорений $D_{\ddot{z}}$, корреляционные функции $K(\tau)_{\ddot{z}}$ и спектральные плотности ускорений $S(\nu)_{\ddot{z}}$.

Рассмотрение амплитудно-частотных характеристик и спектральный анализ элементов широко распространенного АБШ ПСА АЦ-5-40 позволил установить, что при известных режимах возмущений, основная часть значений

действующих ускорений находится в пределах $8,7...12,5 \text{ м/с}^2$, а основной спектр частот колебаний приходится на интервал $2...40 \text{ Гц}$.

Во второй главе автором с учетом анализа, представленного в первой главе, предлагается к дальнейшему рассмотрению в соответствии с поставленными задачами диссертации обобщенная идеализированная динамическая модель ПСА как многомасстная колебательная система с упруговязкими связями. В качестве базовой структурной схемы принято базовое шасси повышенной проходимости с колесной формулой 6×6 , например, КамАЗ-4310, как наиболее часто применяемые автомобильные базовые шасси.

Структурный анализ конструкций подвески подобных автомобилей показывает, что подвеска задней части шасси (задний и средний мост) выполнены по общей схеме, которая конструктивно объединяет упругие и демпфирующие элементы заднего и среднего мостов в один узел. В то же время задняя тележка имеет только упругие крепления.

Учитывая особенности колебаний ПСА, подтверждаемые практическими наблюдениями, автор считает возможным преобразовать сложную систему в ряд систем низших порядков (одну или несколько). Колебания ПСА целесообразно рассматривать применительно к колебательной системе, состоящей из поддрессоренных и неподдрессоренных масс, совершающих продольные перемещения в вертикальной продольной плоскости.

Анализируются несколько схем подвесок шасси. Зависимые подвески присущи для передних мостов большинства рассматриваемых автомобильных шасси и характеризуются линейными упругими и вязкими коэффициентами. Независимые - для задней балансирной (рычажной) подвески, которым свойственны нелинейные упругие коэффициенты, что является следствием влияния кинематических связей и конструкций рессор. Анализ предыдущих исследований, устанавливающих, что нелинейность не оказывает заметного влияния на конечный результат, поэтому автор принимает упругие элементы линейными характеристиками.

Для анализа предложенных динамических моделей составлены математические модели в виде дифференциальных уравнений с учетом особенностей виброизолирующей системы ПСА, полученных методом Лагранжа.

Следующим этапом рассматриваются колебания монтажного оборудования (МО), установленного на базовом шасси на четыре опоры.

Такая система, по мнению автора, наиболее целесообразна с точки зрения ее конструктивного решения и компоновки на автомобиле. При рассмотрении колебаний МО применяется прежняя методика.

Колебания МО рассматриваются в двух взаимно перпендикулярных плоскостях – продольной и поперечной. Анализируя ранее проведенные исследования, автор предлагает рассматривать колебания независимо друг от друга и описывать независимыми системами уравнений.

Для составления дифференциальных уравнений колебаний принимаются ограничения: МО движется прямолинейно и равномерно, амплитуда колебаний МО относительно малы, характеристики всех элементов опор линейны.

Разработанные дифференциальные уравнения движения механической системы АБШ и МО, позволяют исследовать динамические нагрузки различных типов ПСА, смонтированных на двух и трехосных базовых шасси.

В третьей главе изложены основные направления решения задач синтеза систем защиты агрегатов пожарно-спасательных автомобилей от динамических перегрузок, а также методы оптимизации параметров ВС ПСА.

На основе полученных автором систем дифференциальных уравнений колебаний АБШ и МО, получены математические модели виброзащитных систем закрепления узлов и агрегатов ПСА, работающие в разнообразных режимах, как при случайных, так и детерминированных возмущающих воздействиях. Задача оптимизации решается в соответствие с этими воздействиями. При этом основными целями оптимизации в зависимости от режима эксплуатации ПСА являются:

- 1) минимизация динамических нагрузок (ускорений), действующих на узлы и агрегаты АБШ, а также элементы МО при их эксплуатации;
- 2) максимизация допустимых и средних технических скоростей движения ПСА по дорогам;
- 3) максимизация продолжительности (времени, дальности перемещения) эксплуатации.

Для решения задач оптимизации автором предлагается использовать глобальные методы случайного поиска, основанные на шаговых алгоритмах для многомерных задач. Представлен подробный анализ этих методов: комбинированный метод случайного поиска; комбинированный градиентный метод; метод векторной оптимизации.

На основе приведенных методов оптимизации предложен путь синтеза виброзащитных систем агрегатов ПСА от динамических перегрузок включающий: выбор компоновки ПСА и элементов виброзащитных систем; составление дифференциальных уравнений колебаний, выбор критериев качества и метода оптимизации и т.д.

В качестве метода оптимизации автор выбирает комбинированный градиентный метод.

Снижение динамических нагрузок, действующих на узлы и агрегаты АБШ и МО при их эксплуатации, может быть достигнуто, как считает автор, за счет оптимизации характеристик подвесок базовых шасси, упругих опор МО и его компоновки на шасси.

На основе проведенных теоретических исследований получены следующие существенные рекомендации, обеспечивающие цели исследования:

- для снижения степени воздействия динамических нагрузок на элементы АБШ и МО наиболее эффективными являются применение регулируемых линейных виброзащитных систем монтируемого оборудования;
- оптимальные параметры систем упругого закрепления элементов АБШ и МО должны изменяться в зависимости от типа дорог, скоростей движения и веса ПСА и при допустимых деформациях упругих элементов в пределах $0,2...0,3$ м собственные частоты должны находиться в интервале $7...11$ Гц;
- при величинах допустимых нагрузок на МО до $(25...30)$ м/с² целесообразно использовать нерегулируемые виброзащитные системы для монтируемого оборудования;
- системы подрессоривания АБШ должны обеспечивать прогибы подвесок, составляющие не менее $0,2...0,3$ м;
- для монтажа специального оборудования целесообразно использовать базовые машины, имеющие рамную конструкцию. Компоновка МО на АБШ должна выбираться таким образом, чтобы виброизолирующие опоры МО размещались в средней части рамы АБШ.

В приложениях «А» и «Б» представлены результаты физических экспериментов, подтверждающие основные выводы диссертации.

В выводах и рекомендациях обобщены основные результаты исследований, которые отвечают поставленным задачам диссертации.

Оценивая оформление диссертации, следует отметить, что работа написана доступным и технически грамотным языком. Автор четко и ясно излагает суть научных и теоретических экспериментальных исследований. Все главы диссертации представляют собой законченные самостоятельные разделы.

ЗАМЕЧАНИЯ ПО РАБОТЕ

Отмечая научную и практическую значимость работы, высокую степень обоснованности основных ее результатов, следует также указать на некоторые недостатки, присущие диссертации:

1. При рассмотрении колебаний ПСА с подрессоренным монтажным оборудованием (МО) при передвижении имеет место динамическая модель в

виде двухмассной системы. К сожалению, автором не достаточно убедительно обосновывается рассмотрение возможных колебаний МО, как одномассной системы. Влияние второй массы в виде подрессоренного АБШ может оказать существенное влияние. Предположение о том, что МО может служить динамическим гасителем колебаний базового шасси не правомерно, так как это свойство присоединенной массы (МО) должно иметь собственную частоту колебаний равной частоте вынужденных колебаний АБШ. Сама же частота вынужденных колебаний АБШ непостоянна.

2. Как рекомендуется в диссертации “наиболее эффективными с точки зрения виброзащиты ПСА являются регулируемые вторичные ВС”. К сожалению, автор не приводит в качестве примера конструктивные исполнения возможных вариантов.

3. В диссертации отсутствуют конкретные рекомендации по выбору параметров виброзащитных систем (коэффициентов упругого и вязкого сопротивлений), обеспечивающих цели диссертации. Такие рекомендации необходимы для модернизации АБШ в случаях их использования в ПСА.

4. К сожалению, не уделено должного внимания на определение собственных частот колебаний АБШ и МО. Известно, что диссипативные силы не оказывают существенного влияния на величины собственных частот колебаний. Дифференциальные уравнения упрощаются, и определение собственных частот колебаний значительно обогатило бы содержание диссертации, и было полезным для практики.

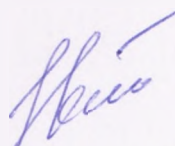
Переходя к общей оценке необходимо отметить, что диссертация представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, выполненную на актуальную тему, и, как квалификационная работа, соответствует п.9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного правительством РФ. В диссертации решена научная задача, имеющая существенное народнохозяйственное значение для МЧС РФ, направленная на совершенствование конструкций виброизоляции пожарно-спасательной технике, обеспечивающей повышение ее технических характеристик и безаварийное эксплуатирование в течение планового периода.

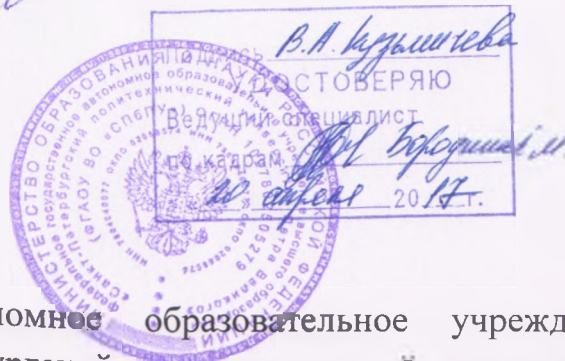
Основные положения опубликованы в 14 статьях, в том числе 4 статьи, в научных журналах и изданиях, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ. Результаты исследований доложены на 4-х МНПК.

Автореферат и публикации достаточно полно отражают основные положения диссертации.

Диссертация отвечает требованиям ВАК РФ, а ее автор Широухов Александр Валерьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.26.03 – пожарная и промышленная безопасность (транспорт).

Официальный оппонент доктор технических наук, профессор кафедры «Транспортные и технологические системы»

 / Кузьмичев Виктор Алексеевич/



Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», Институт металлургии, машиностроения и транспорта, кафедра транспортных и технологических систем.

195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, дом 29.

+7(812)297 20 95; office@spbstu.ru