

15.3.56233

Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана

На правах рукописи
УДК 629.028.

Рогозинников Анатолий Остапович

ВИБРОСГЛАЖИВАЮЩЕЕ ПОДРЕССОРОВАНИЕ МАЛОРАЗМЕРНОГО
ТЕЛЕУПРАВЛЯЕМОГО ГУСЕНИЧНОГО ВЕЗДЕХОДА –
МОБИЛЬНОГО РОБОТА

Специальность 05.05.03. Колесные и гусеничные машины

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук



Москва

1996

Работа выполнена в Московском государственном техническом университете имени Н.Э.Баумана.

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Наумов В.Н.

Официальные оппоненты: Кемурджиан А.Л. - д.т.н., профессор,
главный научный сотрудник ВНИИТМ
г. С.Петербург

Брилев О.М. - д.т.н., профессор,
АБТВ им. Р.Я.Малиновского г.Москва

Ведущая организация: НПО им. С.А.Лавочкина г. Москва

Защита диссертации состоится 16 декабря 1996 года в 14-00
на заседании Диссертационного Совета К 053.15.10. в Московском
государственном техническом университете им. Н.Э.Баумана по ад-
ресу: 107005, Москва, 2-я Бауманская ул., д.5.

Телефон для справок: 263-69-05.

Ваши отзывы в двух экземплярах, заверенные печатью, просим
высылать по указанному адресу.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Московского
государственного технического университета имени Н.Э.Баумана.

Автореферат диссертации " " 1996 г.

.С.

1553033

Подписано

р.100 экз.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Малоразмерные телеуправляемые гусеничные вездеходы – мобильные роботы, весьма эффективные в работе при чрезвычайных ситуациях, движутся, пользуясь видеоинформацией, поступающей от бортовых средств телевидения, качество которой во многом определяет успешное выполнение намеченных действий. Вождение в экстремальных условиях такой транспортной машины при помощи бортовой телекамеры даже по ровным, твердым подстилающим поверхностям бывает затруднено из-за возникающего на некоторых скоростных режимах снижения четкости видеоизображения обстановки. Поэтому важно еще на этапе проектирования уметь оценить скоростной диапазон, пригодный для телевизионного вождения и назначить характеристики системы подрессоривания в соответствии с используемыми на борту средствами технического зрения.

В существующей теории подрессоривания не учитываются особенности динамики малоразмерных телеуправляемых транспортных средств, такие, как совместное воздействие на систему подрессоривания с нелинейным сухим трением шероховатости подстилающей поверхности и межтраковых впадин беговых дорожек звенчатых гусениц движителя, влияющие на работу бортовых видеосредств, вызывая "смазывание" телевизионного изображения при движении.

Поэтому актуальным является исследование подрессоривания машины в таких условиях, разработка нового критерия плавности хода, исходя из условия отсутствия смазывания видеоизображения, математическое моделирование подрессоривания, учитывающее отмеченные особенности, позволяющее рассчитать скорость телевизионного вождения, а также характеристики системы подрессоривания в соответствии с параметрами бортовых видеосредств.

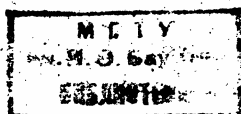
Предмет исследования: процесс вынужденных двухчастотных вертикальных колебаний подрессоренного корпуса малоразмерного-обликого по габаритам к размерам фигуры человека, – дистанционно-или самоуправляемого вездехода – мобильного робота, вызванных воздействием шероховатости ровных, твердых подстилающих поверхностей в присутствии стационарного воздействия звенчатых гусениц движителя на нелинейную систему подрессоривания корпуса во время управляемого, равномерного, прямолинейного движения при условии обеспечения отсутствия смазывания видеоизображения, используемого для вождения телеуправляемого гусеничного вездехода.

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана



1553033

Рогозинников А.О. Вибросгг



Цель исследования: создать методику расчета на стадии проектирования параметров системы поддрессирования и скорости вождения малоразмерного телеуправляемого гусеничного вездехода - мобильного робота.

Задачи исследования:

1. Оценить представительность рассматриваемой группы беспилотных вездеходов, изучить особенности их технического зрения, требования к качеству видеовизуализации обстановки, используемого для вождения таких машин.
2. Сформировать основную атрибутику теории поддрессирования малоразмерных телеуправляемых вездеходов:
 - классификацию особенностей поддрессирования;
 - описание внешних воздействий;
 - критерий плавности хода;
 - фундаментальную математическую модель, позволяющую определить исходные величины для расчета подвески машины и дающую возможность наглядно оценить ее будущее поведение.
3. Исследовать возможности виброгашающего поддрессирования, его динамическую устойчивость, оптимальные расчетные зависимости характеристик подвески в соответствии с параметрами бортовых видеосредств, а также дополнительных средств поддрессирования, используемых при необходимости, оценить область применимости математической модели.
4. Разработать метод расчета скорости телевизионного вождения дистанционно управляемой машины.
5. Экспериментально проверить правильность теоретических результатов.

Методы исследования:

1. Экспериментальный метод - метод аппаратного двухканального анализа колебаний с учетом взаимного влияния каналов, реализуемый двухканальным анализатором модели "2034" фирмы "Брюль и Кьер" (Дания).
2. Теоретический метод - детерминистический метод вибрационной линеаризации нелинейных дифференциальных уравнений динамики механических систем при нескольких внешних воздействиях, принципиальным достоинством которого перед квазилинейными методами является то, что малый параметр вводится не в уравнение динамики, а в искомое решение при линеаризации нелинейности.

Научная новизна:

- предложена типология подвески телеуправляемых вездеходов;
- в новом подходе разработан критерий плавности хода телеуправляемого транспортного средства - из условия отсутствия "смазывания" видеоизображения, формируемого бортовыми средствами технического зрения;
- впервые предложен метод расчета скорости телевизионного вождения при виброгладящем поддрессировании корпуса;
- дано описание воздействий звенчатых гусениц движителя и шероховатости ровных, твердых подстилающих поверхностей на систему поддрессирования малоразмерной машины;
- разработан новый метод аналитического исследования нелинейной системы поддрессирования при совместных двух отмеченных внешних воздействиях с различными частотами;
- разработана оригинальная математическая модель, дающая описание сглаживания ступенчатой характеристики сухого трения в подвеске вибрацией, генерируемой гусеничным движителем;
- впервые экспериментально обнаружены на амплитудной частотной характеристике подвески амплитудный провал, режим частотного захватывания, область неустойчивости амплитуды вынужденных колебаний.

Достоверность полученных результатов обеспечивалась:

- применением совершенных средств измерения и аппаратного анализа при проведении экспериментов;
- идентичностью результатов теоретических исследований экспериментальным данным; обоснованностью принятых допущений;
- практическим подтверждением результатов теоретического исследования при применении малоразмерного гусеничного вездехода - мобильного робота "Разведчик".

Практическая ценность работы заключается в создании методики проектного расчета скорости телевизионного вождения малоразмерного телеуправляемого транспортного средства - мобильного робота и характеристик его системы поддрессирования в соответствии с используемыми на борту средствами технического зрения.

Реализация результатов работы.

Результаты работы внедрены:

- I. - ЦНИИРТК г. С.Петербург - РТК "Разведчик" для наземной дозиметрической разведки на АЭС;

2. - НПО НИКИМТ г. Москва - РТК "Разведчик" для оснащения аварийно-технических центров объектов атомной энергетики;
3. - ЦНИИРТК г. С.Петербург - мобильный робот для борьбы против терроризма на авиатранспорте / ЦУМЗ ГА а.п. "ШЕРЕМЕТЬЕВО-2";
4. - ЦНИИРТК г. С.Петербург - мобильный робот для охраны ценного сырья на медеплавильном комбинате г. Кировград Свердловской обл.;
5. - ЦНИИРТК г. С.Петербург - мобильный робот для аварийно-технических работ внутри зданий;
6. - Видеофильм по теме исследования использован в качестве учебно-методического пособия на каф.СМ-9 МГТУ им.Н.Э.Баумана.

Апробация работы и публикации: результаты диссертационной работы заслушаны на научно-технических семинарах каф. СМ-9 МГТУ им.Н.Э.Баумана в 1993-1996 годах, на научно-техническом семинаре "Проблемы робототехники" в ИГиР РАН в 1994 году, на международной научно-технической конф."АМЭ-94" НГТУ г. Нижний Новгород в 1994 году, на научно-технической конф."СНВ-94" МГТУ им.Н.Э.Баумана в 1994 году (I место), на 4,5,6 международных научно-технических конф."Робототехника для экстремальных условий" ЦНИИРТК г.С.Петербург в 1993, 1994, 1996 годах, на Юбилейной научно-технической конф."165 лет МГТУ им. Н.Э.Баумана г. Москва в 1995 году, на международном научно-техническом семинаре каф.СМ-9 МГТУ им.Н.Э.Баумана в 1995 году, на научно-техническом семинаре "Проблемы виброзащиты" в ИМАИ им.А.А.Благодирова РАН г.Москва в 1995 году, на научно-технической конф. в МАДИ г.Москва в 1996 году, на Международном научно-техническом конгрессе молодых ученых "Молодежь и наука - третье тысячелетие" в МГТУ им.Н.Э.Баумана (Диплом I степени) в 1996 году. Мобильные роботы и перспективные проекты автора экспонировались на всероссийских и международных выставках "Металлообработки-89", "Роботы-92" г.С.Петербург, "Чернобыль-правда, уроки-91" ВДНХ г.Москва.

По теме работы имеется 12 публикаций, 5 внедрений.

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, перечня литературы из 51 наименований, а также приложений, она изложена на 135 страницах машинописного текста, содержит 43 рисунка и 6 таблиц, иллюстрирующих результаты работы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении к диссертации приведено определение мобильного робота, обоснована актуальность проблемы, обозначены объект и предмет исследования, сформулированы цель и методы исследования и перечислены новые научные положения, выносимые на защиту.

В первой главе анализируется состояние мирового парка мобильных роботов, проводится их систематизация и на основе предложенной автором размерной типологии (Рис.1) локализуется их исследуемая группа – малоразмерные, – близкие по габаритам к размерам фигуры человека. Далее анализируются особенности таких машин и их технического зрения, которыми являются сухое трение в подвеске, звенчатые гусеницы, установленная над центром масс телекамера, поэлементно формирующая видеоизображение, используемое для вождения машины, возможного по ровным, твердым, шероховатым подстилающим поверхностям. Выяснено, что совместное воздействие звенчатых гусениц и шероховатости пути вызывает снижение четкости видеоизображения, что требует разработки соответствующего критерия плавности хода и соблюдения определенной скорости движения. Затем анализируется назначение видеoinформации, требования к ее качеству и причины снижения четкости видеоизображения при движении машины. Выяснено, что такой причиной является эффект "смазывания" видеоизображения, условие отсутствия которого определяется формулой для скорости сдвига, представленной в диссертации. Это условие пригодно для формирования на его основе критерия плавности хода телеуправляемого транспортного средства.

Завершает главу анализ методов теории поддрессирования, в ходе которого выяснено, что существующие ее методы невозможно применить к малоразмерным телеуправляемым транспортным машинам, что вынуждает формировать математическую модель на основе методов, развитых в трудах А.А.Красовского и академика РАН Е.П.Попова. Это определяет направление исследования, изложенного в диссертации.

Во второй главе воздействия гусеничного движителя и подстилающей поверхности представляются гармоническими функциями вида:

$$\ddot{S}_{гус}(t) = N_{гус} \omega_{гус}^2 \sin \omega_{гус} t; \ddot{S}_{гр}(t) = N_{гр} \omega_{гр}^2 \sin \omega_{гр} t; \omega_{гус} = \frac{2\pi V_n}{l_{тр} m}, \text{ где:}$$

$S_{гус}, S_{гр}$ – кинематические воздействия гусеницы и "грунта" соответ-

ственно, которые позволяют принять в расчет $l_{тр}$ - шаг шарниров траков, n , m - количество и расположение опорных катков, а также $B_{гр}$ - виброускорение воздействия шероховатости подстилающей поверхности. На основе такого представления разрабатывается математическая модель нелинейной системы поддрессирования при двухсигнальном внешнем воздействии с кратными частотами сигналов. При этом приняты следующие ДОПУЩЕНИЯ:

1. Подвеска корпуса машины симметрична относительно его центра масс, над которым установлена телекамера.
2. Корпус, траки, опора телекамеры, ведущие колеса, опорные катки, подстилающая поверхность недеформируемы, гусеничная цепь невесома, толщиной траков пренебрегаем, дорожные условия под гусеницами одинаковы.
3. Отсутствуют скольжение и удары опорных катков по гусенице, гусеницы по дороге, в зацеплении ведущего колеса и гусеницы.
4. Движение машины прямолинейное, равномерное, телеуправляемое - отсутствуют продольные и поперечные угловые колебания машины, а также отрыв гусениц от подстилающей поверхности.
5. Статическая характеристика жесткости подвески линейна, все усилия приведены к оси опорного катка, прочие диссипативные свойства подвески учитываем величиной силы сухого трения.

Принятые допущения, обоснованные в главе, позволяют рассматривать расчетную схему (Рис.3) и построить нелинейное уравнение динамики вида:

$$M\ddot{z} + c\dot{z} + H\text{sign}\dot{z} = M\ddot{S}_{гус} + M\ddot{S}_{гр}, \quad \text{где:}$$

M - поддрессоренная масса; C - приведенная суммарная жесткость реорсор подвески; H - приведенная суммарная сила сухого трения; z - ход подвески.

Как показал Е.П. Попов, в ходе линеаризации это уравнение для нелинейной подвески можно представить в виде:

$$\begin{cases} M\ddot{z}_{гус} + c\dot{z}_{гус} + \frac{4H}{\pi A_{гус} \omega_{гус}} \dot{z}_{гус} = MB_{гус} \sin \omega_{гус} t \\ M\ddot{z}_{гр} + c\dot{z}_{гр} + \Phi(\dot{z}_{гр}) = MB_{гр} \sin \omega_{гр} t \end{cases} \quad (2) \quad \text{где:}$$

$B_{гр}, B_{гус}$ - виброускорения для воздействий; $\omega_{гр}, \omega_{гус}$ - частоты воздействий, а $\Phi(\dot{z})$ - новая нелинейная, "функция смещения". На основании данных А.А. Красовского получен вид этой функции для системы поддрессирования:

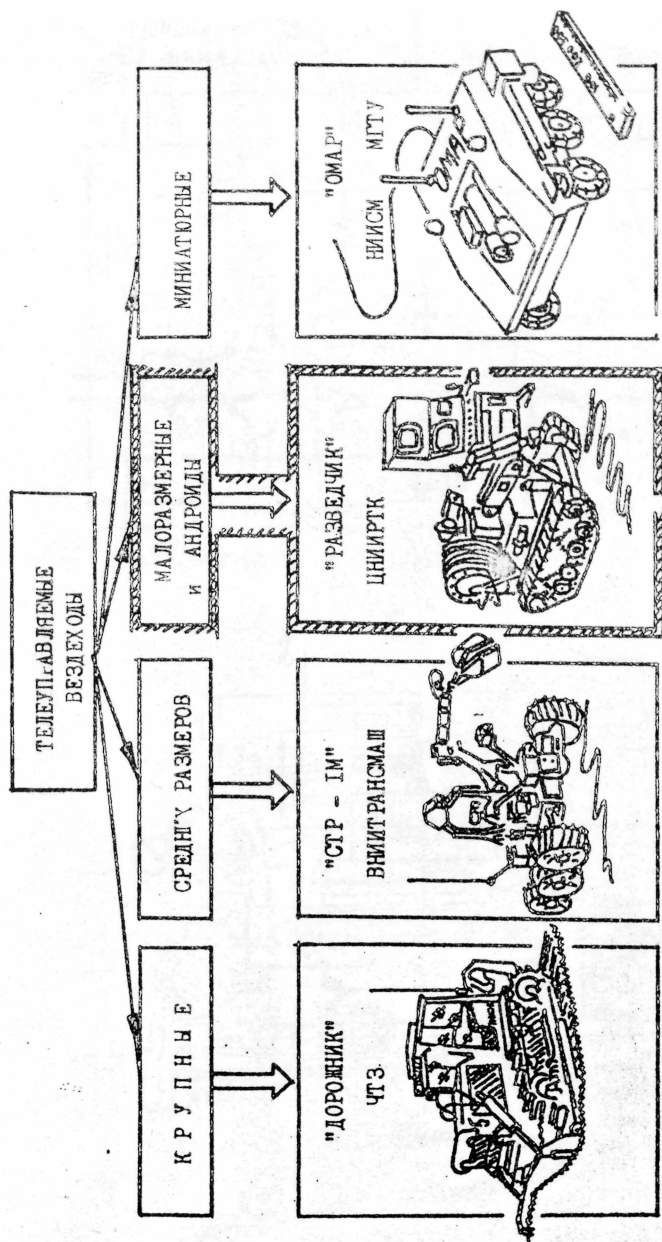


Рис. I

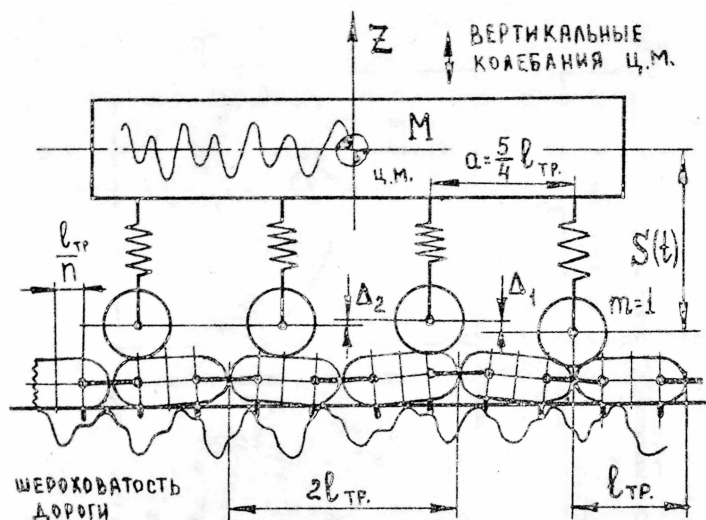


Рис. 2

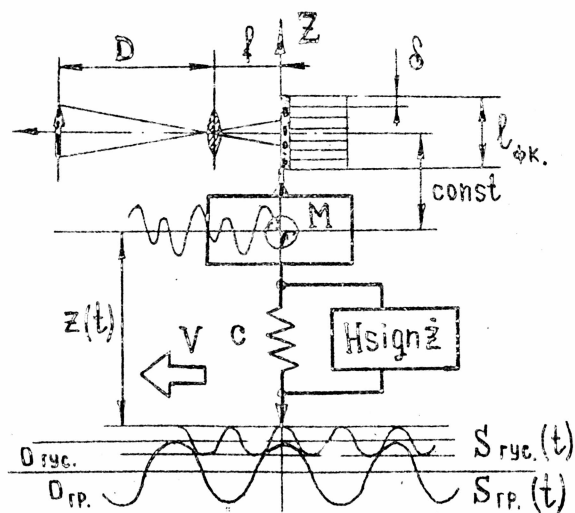


Рис. 3

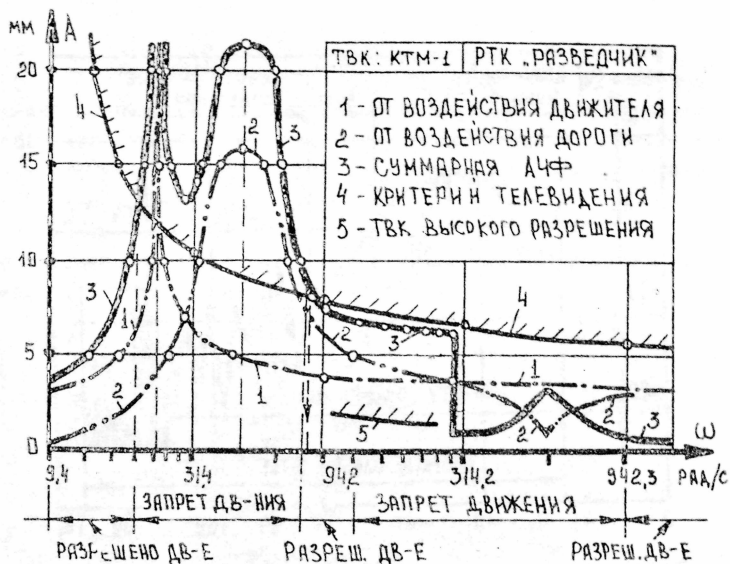


Рис. 4

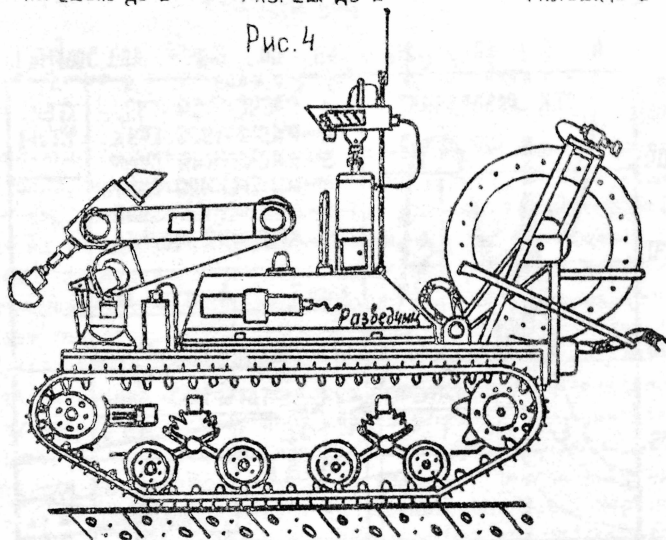


Рис. 5

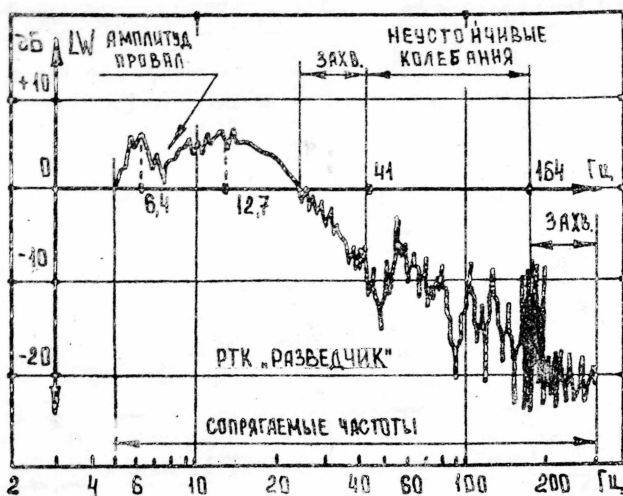


Рис. 6

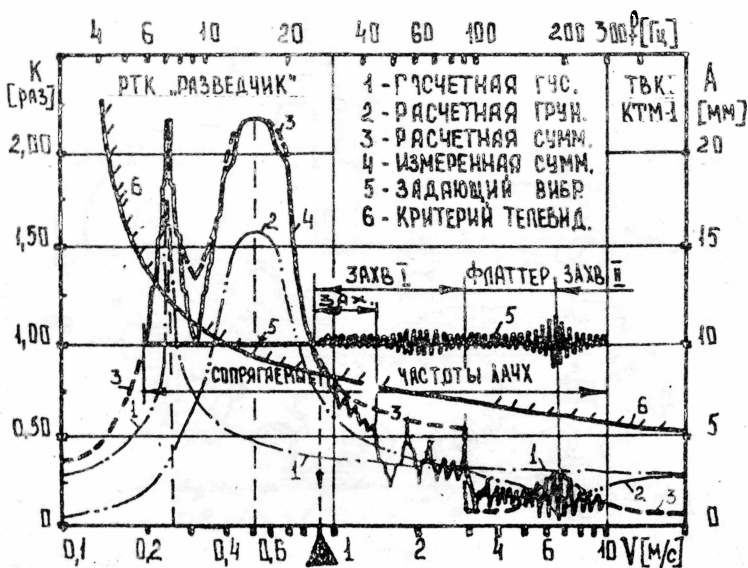


Рис. 7

$$\Phi(\dot{z}_{\Gamma P}) \cong \frac{2H}{\pi} \arcsin \frac{\dot{z}_{\Gamma P}}{A_{\Gammayc} \omega_{\Gammayc}},$$
 который описывает виброгладивание ступенчатой функции сухого трения воздействием движителя машины. Вид функции смещения – плавная, однозначная кривая, – позволяет выполнить повторную ее линеаризацию в виде:

$$\frac{2H}{\pi} \arcsin \frac{\dot{z}_{\Gamma P}}{A_{\Gammayc} \omega_{\Gammayc}} \cong \frac{2H}{\pi A_{\Gammayc} \omega_{\Gammayc}} \dot{z}_{\Gamma P}$$

После подстановки этого выражения в уравнение (2) получен линеаризованный вид уравнений динамики:

$$\begin{cases} M \ddot{z}_{\Gammayc} + c z_{\Gammayc} + \frac{4H}{\pi A_{\Gammayc} \omega_{\Gammayc}} \dot{z}_{\Gammayc} = M B_{\Gammayc} \sin \omega_{\Gammayc} t \\ M \ddot{z}_{\Gamma P} + c z_{\Gamma P} + \frac{2H}{\pi A_{\Gammayc} \omega_{\Gammayc}} \dot{z}_{\Gamma P} = M B_{\Gamma P} \sin \omega_{\Gamma P} t \end{cases}$$

которые дают решение в виде:

$$z_{\Gammayc} = \frac{\sqrt{N_{\Gammayc}^2 \omega_{\Gammayc}^4 - \frac{16H^2}{\pi^2 M^2}}}{|c - M \omega_{\Gammayc}^2|} \sin(\omega_{\Gammayc} t + \varphi_{\Gammayc}) \quad (3)$$

$$z_{\Gamma P} = \frac{B_{\Gamma P}}{\sqrt{\left(\frac{c}{M} - \omega_{\Gamma P}^2\right)^2 + \left(\frac{2H \omega_{\Gamma P}}{M \pi A_{\Gammayc} \omega_{\Gammayc}}\right)^2}} \sin(\omega_{\Gamma P} t + \varphi_{\Gamma P}) \quad (4)$$

Для обеспечения возможности вибролинеаризации необходимо выполнение условий, налагаемых на сглаживающий сигнал, рассмотренных в диссертации. Затем в главе выявляются условия астотного захватывания из рассмотрения свойства положительности выражений под радикалами в формулах (3) и (4). Рассмотрение условия захватывания собственной частоты системы частотой сигнала от движителя на выходе дает расчетную рекомендацию против блокирования подвески силами сухого трения, полученную в диссертации. При выполнении условий захватывания система поддрессирования входит в синхронный режим вынужденных колебаний, позволяющий рассматривать двухчастотные колебания поддрессированной массы, суммируя амплитудные частотные функции составляющих (3) и (4) решения. Границы диапазона неустойчивых колебаний получаются из рассмотрения точек перегиба АЧФ решения (4). Высокочастотная точка перегиба определяет положение пика флаттера в системе поддрессирования. Глава завершается формированием критерия плавности хода телеуправляемой машины.

В третьей главе исследуется прохождение сигналов воздействий движителя и подстилающей поверхности через мелинейную систему поддрессирования. Показано, что эти сигналы проходят не одинаковым образом (Рис.4). Для исследования возможностей виброгладявшего поддрессирования рассматриваются резонансные явления, а также влияние воздействия, генерируемого движителем, на вынужденные колебания поддрессированного корпуса машины. Кроме того, оценивается область применимости двухсигнальной модели. Показано, что воздействие движителя влияет на все параметры вынужденных колебаний в нелинейной системе поддрессирования. Затем исследуется виброустойчивость вынужденных колебаний, в результате чего выявлены локальные области неустойчивых колебаний - флаттера, имеющие место как для прямого, так и для заднего хода, равнозначных для мобильного робота. Отмечается, что именно двухсигнальная модель впервые дает описание флаттера в системе поддрессирования. Отмечается также, что двухсигнальная модель, применимая во всем скоростном диапазоне, наилучшим образом подходит для описания двухчастотных вынужденных колебаний до флаттера, - то есть там, где, как раз и осуществляется телевизионное вождение малоразмерного мобильного робота, в то время, как в зафлаттерной области, характерной для движения обычных (крупных) транспортных машин, двухсигнальная модель вырождается в односигнальную - существующую модель. Это свидетельствует о том, что созданная математическая модель является более общей и универсальной, чем известная - односигнальная.

Созданная модель и новый критерий плавности хода дают возможность разработать метод проектного расчета скорости телевизионного вождения малоразмерного мобильного робота, который дает диапазон наивыгоднейших скоростных режимов движения для обеспечения качественного изображения окружающей обстановки (Рис.4).

В случае применения на борту телекамеры с высокой разрешающей способностью необходимо использование дополнительных средств демпфирования. В главе рекомендуются методы расчета таких устройств, и, в частности, - использовать опорные катки в качестве динамических гасителей неустойчивых колебаний в системе поддрессирования при одновременной коррекции последней по полезному сигналу относительно воздействия движителя.

В четвертой главе описываются натурные и численные эксперименты. В качестве объекта натурных экспериментов взят малоразмерный телеуправляемый вездеход — мобильный робот "Разведчик", созданный по проекту автора (Рис.5), имеющий звенчатые металлические гусеницы, обрезиненные опорные катки, систему поддрессирования с существенным сухим трением релейного типа и линейной статической характеристикой жесткости системы поддрессирования, телекамеру, служащую для телевизионного вождения и установленную над центром масс поддрессоренного корпуса. В главе излагается программа, методика и организация натурных экспериментов, среди которых главными являются полигонное акселерометрирование и вибрационные стендовые испытания. Кроме того проведены вспомогательные эксперименты по определению фактического положения центра масс поддрессоренного корпуса и измерению статической характеристики жесткости подвески. Далее в главе описываются измерительные средства. Основным измерительным инструментом является двухканальный анализатор периодических сигналов фирмы "Брюль и Кьер" (Дания), позволяющий производить анализ по двум каналам колебаний с разнесенными частотами, учитывая взаимное влияние каналов. Затем приведены результаты экспериментов, показывающие, что вынужденные колебания поддрессоренного корпуса машины являются двухчастотными, мало отличающимися от гармонических вследствие небольшой амплитуды и высокой частоты; на измеренной амплитудной частотной характеристике видны амплитудный провал, резонансные амплитуды пиков равны, а частоты, соответствующие этим пикам, кратны как 1:2; видны области захватывания, область неустойчивых колебаний (Рис.6), выражающихся в подпрыгивании опорных катков и дребезжании корпуса. Отмечается, что такие явления характерны именно для малоразмерной, тихоходной машины и поэтому подлежат описанию специально теорией поддрессирования таких машин, в то время, как обычные (крупные) машины, движущиеся в зафлаттерной области частот, хорошо удовлетворяют классической теории поддрессирования. Отмечается также, что снабжение опорных катков упругими шинами не достаточно для предотвращения неустойчивых колебаний корпуса, — это диктует необходимость введения в подвеску дополнительных упругих элементов.

Идентификация и сравнение результатов натурных и численных экспериментов с теоретическими результатами (Рис.7) подтверждает правильность созданного двухсигнального метода.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Анализ многообразия телеуправляемых вездеходов – мобильных роботов привел к созданию размерной типологии, отражающей особенности их поддрессирования.
2. Учет воздействия звенчатых гусениц движителя совместно с воздействием шероховатости подстилающей поверхности позволил принять в расчет шаг шарниров звенчатых гусениц, количество и расположение опорных катков, виброускорение подстилающей поверхности и послужил основой для создания нового теоретического метода исследования систем поддрессирования – при двухсигнальном внешнем воздействии с разнесенными частотами.
3. Создан новый критерий плавности хода телеуправляемого транспортного средства – из условия отсутствия смазывания видеозаписи при движении.
4. Разработанная математическая модель системы поддрессирования с сильной нелинейностью релейного типа позволила описать:
 - виброгладживание ступенчатой характеристики сухого трения воздействием звенчатой гусеницы;
 - частотное захватывание вынужденных колебаний поддрессированного корпуса малоразмерного транспортного средства;
 - режим неустойчивых колебаний (флаттер) в нелинейной системе поддрессирования;
5. Двухчастотное исследование вынужденных колебаний малоразмерной транспортной машины позволило выявить принципиальное отличие нелинейной подвески от линейной, выраженное в том, что внешние воздействия от движителя и от подстилающей поверхности проходят через нелинейную систему поддрессирования различным образом, причем воздействие движителя влияет на все параметры вынужденных колебаний поддрессированного корпуса машины.
6. Создан метод проектного расчета скорости телевизионного вождения дистанционно управляемого вездехода без средств стабилизации телекамеры, а также расчета характеристик его подвески и корректирующих устройств в соответствии с бортовыми видеосредствами.
7. Рекомендованы расчетные соотношения параметров движителя и подвески, предотвращающие ее блокирование силами сухого трения и обеспечивающие действие виброгладящего эффекта.
8. Экспериментально обнаружены на амплитудной частотной харак-

теристике амплитудный провал, области захватывания и неустойчивости вынужденных колебаний поддрессоренной массы машины; полигонное акселерометрирование показало двухчастотный характер вынужденных колебаний поддрессоренного корпуса робота.

9. Развитие теоретических результатов работы позволяет применить их гораздо шире - применительно к большинству телеуправляемых вездеходов, а также и к обычным (крупным) гусеничным и колесным машинам.
10. Достоверность новой методики подтверждена идентичностью экспериментальных и теоретических результатов, обоснованностью принятых допущений, опытом создания и применения малоразмерных телеуправляемых вездеходов, совершенством использованных средств измерения и аппаратного анализа колебаний.
11. Результаты исследования внедрены при создании малоразмерных телеуправляемых роботов в ЦНИИРТК г. С.Петербург, НПО НИКИМТ г. Москва, ЦУМБС ГА а.п."Шереметьево-2" г. Москва, КМК г. Кировград Свердловской обл.
12. Расчет рациональных характеристик системы поддрессирования и скорости движения мобильного робота позволяет свести к минимуму апостериорную обработку видеoinформации - это упрощает устройство, экономит габариты и массу, повышает надежность машины, снижает ее себестоимость.

Затраты на создание малоразмерных телеуправляемых гусеничных вездеходов - мобильных роботов окупятся благодаря их эффективности в работе при чрезвычайных ситуациях для предотвращения возможной катастрофы, способной нанести огромный материальный и экономический ущерб.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОТРАЖЕНЫ В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ

1. Экспериментальная отработка робототехнического комплекса "Разведчик-К": Отчет о НИИ ОКР / МНТК "Прогресс", ЦНИИРТК; Руководители: В.В.Вечкалов, В.В.Василюцкий; Исполн.: Рогозинников А.О. и др. - 75 КРТ "Разведчик-К" НТО; Пост. Сов. Мин. СССР № 1288-31 от 13.II.87г., Док. №501-90 МНТК "Прогресс" - ЦНИИРТК - М.-Д., 1992.- 181с.
2. Наумов В.Н., Рогозинников А.О. Типоразмерные группы мобильных роботов по проходимости // Робототехника для экстремальных условий: Научн.-техн.сб. №4 - Спб., 1993.-125с.
3. Наум В.Н., Рогозинников А.О. Элементы классификации мо-

- бильных роботов // АМТ-94: Научн.-техн.сб. Международной научн.-техн.конф. - Нижний Новгород, 1994. - С.108.
4. Rogozinnikov A.O. Особенности устройства и функционирования мобильных роботов // Проблемы робототехники: Научн.-техн.сб. / ИПМ РАН.- М., 1994. - С.6-10.
 5. Rogozinnikov A.O. Исследование и выбор параметров системы поддрессирования мобильного робота, обеспечивающих работу бортовых видеосенсорных средств // СНВ-94 : Научн.-техн.сб. - М., 1994.-С.48-63.
 6. Rogozinnikov A.O. Особенности условий осуществления технического зрения мобильных роботов // 165 лет МГТУ им.Н.Э. Баумана : Научн.-техн.сб. - М., 1995. - Т.1.-С.178.
 7. Rogozinnikov A.O. Мобильный робот для антитеррористического вмешательства на авиатранспорте // Научн.-техн.сб. Международного семинара / МГТУ. - М., 1995. - С.5.
 8. Rogozinnikov A.O. Виброзащита бортовых видеосенсорных средств мобильного робота // Проблемы виброзащиты : Научн.-техн.сб.- ИМЛШ РАН.- М., 1995. - С.15-19.
 9. Наумов В.Н., Rogozinnikov A.O. Использование эффектов виброослаживания и частотного захватывания в системе поддрессирования мобильного робота для повышения четкости видеокартинки, формируемой бортовой телекамерой мобильного робота// Научн.-техн.сб. Международного научно технического конгресса УСТМ-96 - М., 1996.-С.61-77.
 10. Наумов В.Н., Rogozinnikov A.O. Особенности движения и технического зрения малоразмерных мобильных роботов // Научн.-техн.сб. / МАДИ.- М., 1996. - С.16-18.
 11. Наумов В.Н., Rogozinnikov A.O. Особенности условий осуществления технического зрения малоразмерных мобильных роботов // Робототехника для экстремальных условий: Научн.-техн.сб.- Спб., 1994.- С.58-66.
 12. Наумов В.Н., Rogozinnikov A.O. Эффекты виброослаживания сухого трения и частотного захватывания в системе поддрессирования мобильного робота // Робототехника для экстремальных условий : Научн.-техн.сб. - Спб., 1996. - С.12-19.