

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ  
ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ  
КӨЛІК – ЭНЕРГЕТИКА ФАКУЛЬТЕТІ



***«КӨЛІК ЖӘНЕ ЭНЕРГЕТИКАНЫҢ ӨЗЕКТІ МӘСЕЛЕЛЕРІ:  
ИННОВАЦИЯЛЫҚ ШЕШУ ТӘСІЛДЕРІ» X ХАЛЫҚАРАЛЫҚ  
ҒЫЛЫМИ-ТӘЖІРИБЕЛІК КОНФЕРЕНЦИЯСЫНЫҢ БАЯНДАМАЛАР  
ЖИНАҒЫ***

***СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ  
X МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО – ПРАКТИЧЕСКОЙ  
КОНФЕРЕНЦИИ: «АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТА И  
ЭНЕРГЕТИКИ: ПУТИ ИХ ИННОВАЦИОННОГО РЕШЕНИЯ»***

***PROCEEDINGS OF THE X INTERNATIONAL SCIENTIFIC-PRACTICE  
CONFERENCE «ACTUAL PROBLEMS OF TRANSPORT AND ENERGY:  
THE WAYS OF ITS INNOVATIVE SOLUTIONS»***

**Нұр-Сұлтан, 2022**

УДК 656/621.31  
ББК 39/31  
А43

**Редакционная коллегия:**

Председатель – Мерзадинова Г.Т., Член Правления – Проректор по науке, коммерциализации и интернационализации ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, д.т.н., профессор; Заместитель председателя – Султанов Т.Т., заместитель декана по научной работе, к.т.н., доцент; Сулейменов Т.Б. – декан транспортно-энергетического факультета ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, д.т.н., профессор; Председатель «Әдеп» – Ахмедьянов А.У., к.т.н., доцент; Арпабеков М.И. – заведующий кафедрой «Организация перевозок, движения и эксплуатация транспорта», д.т.н. профессор; Тогизбаева Б.Б. – заведующий кафедрой «Транспорт, транспортная техника и технологии», д.т.н. профессор; Байхожаева Б.У. – заведующий кафедрой «Стандартизация, сертификация и метрология», д.т.н. профессор; Жакишев Б.А.– заведующий кафедрой «Теплоэнергетика», к.т.н., доцент.

**А43 Актуальные проблемы транспорта и энергетики:** пути их инновационного решения: X Международная научно – практическая конференция, Нур-Султан, 17 марта 2022 /Подгот. Г.Т. Мерзадинова, Т.Б. Сулейменов, Т.Т. Султанов – Нур-Султан, 2022. – 597с.

**ISBN 978-601-337-661-5**

В сборник включены материалы X Международной научно – практической конференции на тему: «Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения», проходившей в г. Нур-Султан 17 марта 2022 года.

Тематика статей и докладов участников конференции посвящена актуальным вопросам организации перевозок, движения и эксплуатации транспорта, стандартизации, метрологии и сертификации, транспорту, транспортной техники и технологии, теплоэнергетики и электроэнергетики.

Материалы конференции дают отражение научной деятельности ведущих ученых дальнего, ближнего зарубежья, Республики Казахстан и могут быть полезными для докторантов, магистрантов и студентов.



© ЕНУ имени Л.Н.Гумилева, 2022

## ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКЦИИ ПОДВЕСКИ АВТОМОБИЛЕЙ НА БЕЗОПАСНОСТИ ИХ ДВИЖЕНИЯ НА ПОВОРОТЕ И ДРУГИХ МАНЕВРАХ

Бекенов Т.Н., Маратқызы А.

Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

(E-mail: maratova\_alya\_99@mail.ru)

**Аннотация.** В статье рассматриваются виды подвесок легковых автомобилей и их конструкции и характеристики, которые влияют на безопасности движения при поворотах и других маневрах на дорожном полотне. В результате представлены данные характеристики определяющие мягкость или жесткость подвесок, которые влияют на управляемость и устойчивость автомобиля.

**Ключевые слова:** подвески автомобиля, динамика на поворотах, жесткая подвеска, мягкая подвеска.

Конструкция и рабочие характеристики подвески автомобиля влияют на такие параметры как:

- управляемость;
- устойчивость;
- плавность хода;
- и др. свойства автомобиля.

Эти параметры в свою очередь определяют комфортность, экономичность, безопасность и надежность автомобиля.

Основные нагрузки получаемые в процессе эксплуатации ложатся на подвески и колеса автомобиля которые в контакте с дорожным покрытием. От них в основном зависит надежность при эксплуатации автомобиля. Ведь кинематические силы прилагаемые на подвеску влияют на такие характеристики автомобиля как устойчивость, динамичность и управляемость. Также состояние подвески влияет на эмоциональное и физиологическое состояние водителя с пассажирами. Это влияние передается через вибрацию кузова и салона от двигателя и подвески автомобиля, раскачивание и внезапные изменения положения тела людей во время движения автомобиля. Все эти факторы усиливают усталость и утомляемость человека, которые имеют прямую зависимость к частоте колебания и переменности ускорения.[1, 2]

В конструировании автомобильных подвесок основной решаемой проблемой является нахождение необходимого баланса между управляемостью, устойчивостью и комфортностью, которые являются противоречивыми к друг-другу.

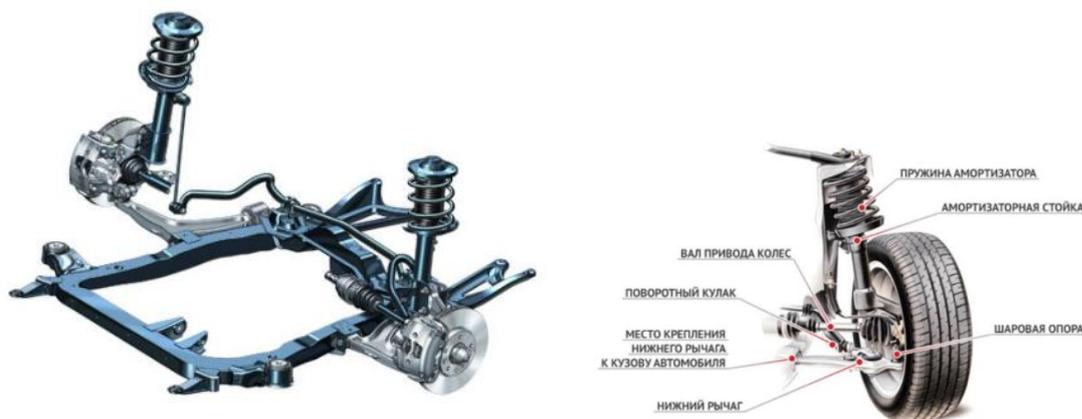


Рисунок 1 – Подвеска автомобиля

Ведь мягкая подвеска позволяет исключение отрыва от дорожной поверхности колес автомобиля, при наезде на неровную дорожную поверхность. Что увеличивает комфортность сидящих людей и сохранности груза в автомобиле. Хотя для высокой управляемости и устойчивости автомобиля необходима жесткая подвеска, устраняющая крены при опасных поворотах и клевательное качение корпуса при торможении или разгоняемости автомобиля, которые разгружают оси автомобиля.

Такие характеристики как упругость пружинных частей и вязкость амортизационной конструкции определяют свойства автомобильной подвески.

Нахождение компромиса между основными требованиями отличающиеся своими противоречивостями зависит от среднестатистических условий работы автомобиля. Этими условиями могут быть дорожная поверхность по которой предназначен ездить автомобиль, учитывающее качество и характер полотна. Свойства динамики автомобиля зависима от предназначимости автомобиля (для перевозки груза или пассажиров, спортивный или специальный автомобиль).

Если не учитывать изнашиваемость по сроку службы деталей подвески во время эксплуатации характеристика разработанной подвески не изменчива.

Для конкретного предназначения автомобиля, дороги по которой должен передвигаться автомобиль и его динамические особенности, при общих условиях эксплуатации подвески хоть является оптимальным, тем не менее не оптимален для конкретной текущей ситуации. Так как текущая ситуация может отличаться от среднестатистической. Потому что, если жесткая подвеска более оптимальна для гладкой дороги, то мягкая подвеска оптимальна для движения автомобиля по неровной поверхности. Также мягкая подвеска применима на более прямых участках дороги обеспечивающее плавность хода, а жесткая подвеска более эффективна по траектории с наибольшими поворотами, где необходима устойчивость от изменения крена и опрокидывания на поворотах. К тому же жесткость подвески зависит и от веса груза и самого автомобиля, которые могут также меняться в процессе эксплуатации. При этом есть и другие факторы влияющие на характеристику подвески. В идеале для любых ситуаций оптимальной подвеской могло бы изменяемая по жесткости и мягкости конструкция подвески, но данная конструкция оказывается усложненной и менее надежной в эксплуатации.

Но тем не менее предлагались различные конструкции подвесок с ручным или автоматическим регулированием характеристик предлагаемых конструкций подвесок. Одним из первых решений предложенных ведущими автомобилестроительными компаниями во второй половине XX века, это настройка подвески в зависимости от планируемой поездки или маршрута.

То есть, предварительно зная запланированный маршрут движения заранее настроить характеристики подвески. К предварительным настройкам предложены такие решения как изменение высоты клиренса автомобиля (дорожный просвет) или предварительный выбор жесткой (спортивный режим) или мягкой (обычный режим) подвески. В качестве примера можно привести установленные на автомобилях CitroenXM подвески «Hydroactive», которая регулировалась по упругости подвески пневматическими амортизаторами[3]. Имелись три резервуара работающие амортизаторами для пневматической системы. Водитель, регулируя кран, задействует два или три резервуар, что изменяет по жесткости или мягкости подвеску автомобиля. После была предложена ручная настройка свойств подвески во время движения автомобиля, что участило аварийность на дороге, так как отвлекало внимание водителя от дороги. Усовершенствуя управляемость к более адаптивной автоматизации настроек подвески в пути, дало решение данной проблемы. Данные подвески стали называть активными, а более продвинутые решения адаптивными подвесками.

Все наработки по направлению автоматизации изменения характеристик подвески в зависимости от текущей ситуации на дороге разделяют на три класса.

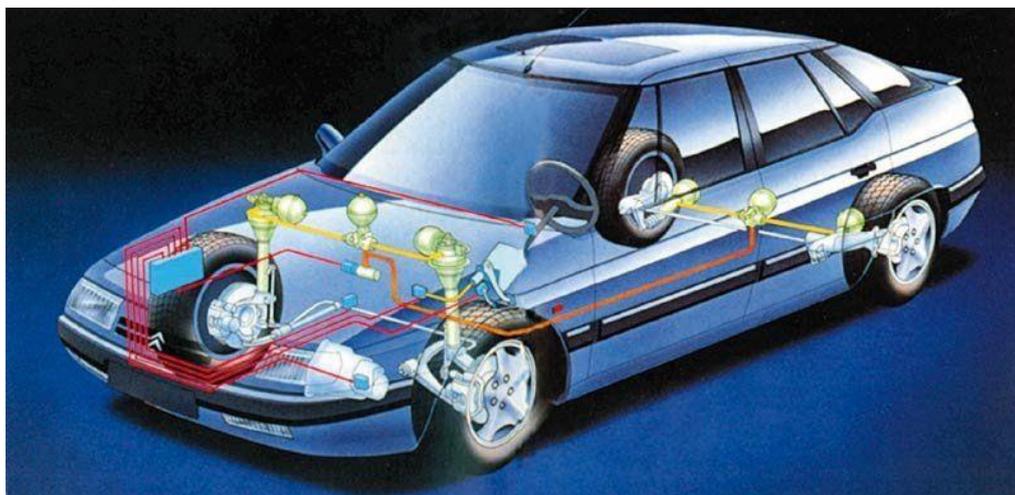


Рисунок 2 – Автомобиль Citroën XM с регулируемой по упругости пневматическими амортизаторами подвески «Hydroactive»

Один класс связан с механической, гидравлической или пневматической регулировкой конструкции подвески. Примером можно привести амортизаторы Roadmaster с пружинно-листовым специальным устройством, по мере увеличения веса автомобиля усиливающаяся по жесткости подвеска.[4]

Также есть пример подвески Monroe Kinetic, которые называют «активно-реактивный» или «активно-пассивный» подвесками гидравлическими диагональными связями. Они не применяя процессоры, датчики и приводные механизмы, воздействие на одно или нескольких колес в виде препятствий на дороге дает реакцию на эффективную коррекцию смещения других колес, что противодействует опрокидыванию, неуправляемости на поворотах, тряске на неровности дороги или другим ситуациям во время движения. Этот эффект достигается через связь подвесок всех колес, в виде гидравлической диагональной взаимосвязью между ними. По функциональности такие подвески имеют ограничения, но в тоже время приводит к установке дополнительных технических или гидравлических систем, что усложняет, утяжеляет конструкцию и уменьшает надежность.[5]

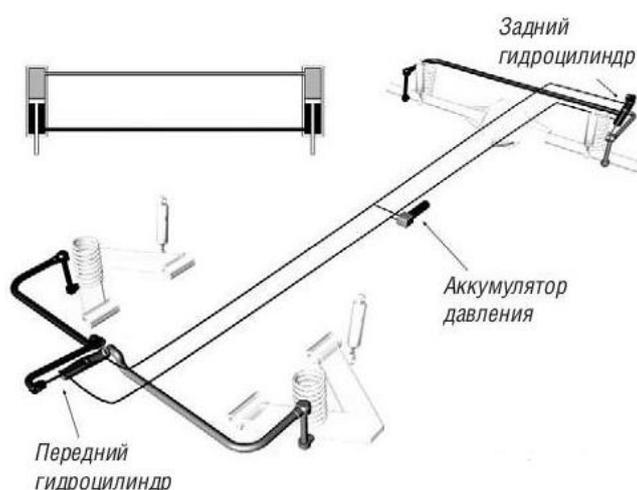


Рисунок 3 – «Активно-реактивные» или «активно-пассивные» подвески Monroe Kinetic

Следующий класс подвесок связан с системой управления подвесок через электронные схемы или контроллеры, которые работают на основе детерминированного закона. Данные электронные системы состоят из определенных датчиков и исполнительных устройств, которые

оснащают в конструкции подвесок. Датчики передают фиксированные показания контроллеру, который отправляет определенные заранее команды на исполнительные устройства регулирующие характеристики подвески под необходимую ситуацию движения на дорожном полотне. Данный класс имеет ряд преимуществ, перед предыдущим классом основанный на механизмах гидравлики, механики и пневматики. Это более эффективный и точный контроль динамики процесса подвесок по сравнению с человеком-водителем. Но частыми сложностями этого класса являются необходимость нахождения точных решений и математических моделей интегрируемых подвесок в конструкцию автомобилей, путем создания или подбора специального исполнительного устройства-актуатора.

Автоматические системы, поскольку позволяют регулировку выбора не двух или трех команд, а более, то предлагается возможность создания подвески, учитывающая множества дискретных вариантов, с разными параметрами изменяющиеся в динамике характеристик.

Одним из примеров такого управления механизмами в качестве исполнительных устройств-актуаторов может быть амортизатор имеющий переменную вязкость. Учитывая что, достижение демпфирующего свойства у амортизатора происходит путем сжатия или растяжения его в результате, которого идет переход жидкости из одного резервуара в другой через клапан с узким проходом отверстия. В зависимости от изменения диаметра отверстия пропускного клапана, возможно, значительно расширить изменяемость характеристик амортизатора. Клапан с регулируемым отверстием, как видим, делает амортизатор с удобным актуатором.

Впервые такие амортизаторы были применены в подвесках шасси самолетов, изготовленные ведущими авиастроительными компаниями, что в дальнейшем начали применять и автомобилестроители.

Данные актуаторы отличаются восприимчивостью высоких нагрузок и быстродействием, благодаря, механического переключающегося устройства, регулирующего отверстие клапана. Данный механизм, тем не менее, ограничен определенным диапазоном регулировки. В связи с этим разработаны более быстродействующие актуаторы. Это амортизаторы (рисунок 4) имеющие переменную вязкость жидкости. Одним из таких жидкостей является магнито-реологическая жидкость (MRF). Данная жидкость является суспензией в виде масла с наличием внутри мелкодисперсионные магнитные металлические частицы – диполи. Эти диполи управляются соленоидом, создающий внешнее магнитное поле, которое регулирует частицы в жидкости в необходимое направление. При этом изменяется вязкость MRF по необходимому направлению. Быстродействие вышеприведенного актуатора позволяет изменять параметры за секунду до 1000 раз. Одним из таких высокоэффективных с актуатором подвеской является MagneRide, применные на автомобиле марки CadillacCatera.[6]

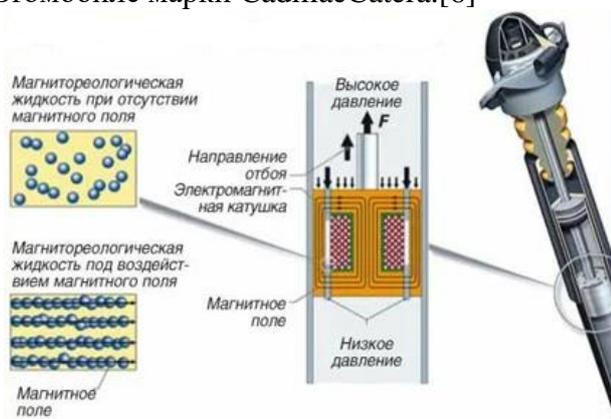


Рисунок 4 – Амортизатор с переменной вязкостью (магнито-реологической жидкостью)

Кроме ранее приведенных пассивных элементов управления подвесками, были предложены и подвески с активными элементами управления. Среди них амортизатор, в котором задействован внешний резервуар, откуда в рабочие резервуары амортизатора под

высоким давлением впрыскивается или наоборот выкачивается жидкость во внешний резервуар. Амортизаторы с активным элементом управления воздействуют на автомобиль, приводя его под необходимые параметры движения. Одним из таких систем является активная подвеска «ActiveBodyControl» (ABC). Данная система впервые применена в автомобильных моделях CL 500, CL 600 марки «MercedesBenz», начиная с 2002 года (рисунок 5).[7]

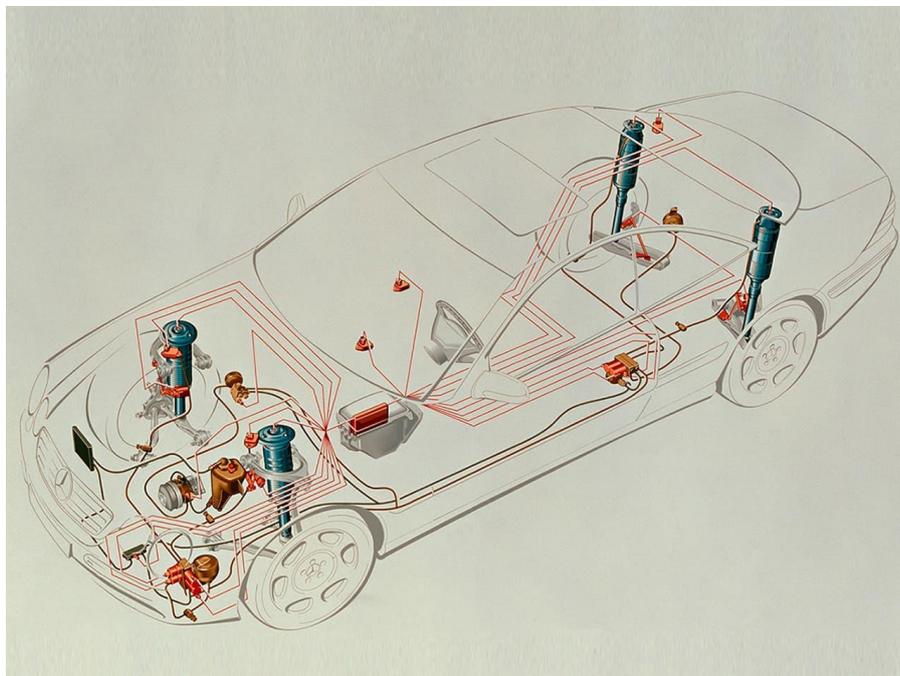


Рисунок 5 – MercedesBenzCL 500 с активными подвесками «ActiveBodyControl» (ABC)

Гидравлика с высоким давлением, множество датчиков, мощные микропроцессоры данной активной подвески моментально подстраивают под образовавшуюся дорожную ситуацию пружинные подвески кузова. Система ABC уменьшила смещение кузова при разгоне, торможении и на поворотах при движении на 68%. Также, значительно уменьшились крены, при поворотах тестируемого MercedesBenzCL 500, по сравнению с предыдущей моделью. Что показал тест «змейка» с улучшением результатов на 50%. Единственный недостаток данной системы является увеличение расхода топлива на 5 – 8%, затрачиваемое на работу подвески.

Еще одна проблема второго класса подвесок касательно сложностей в управлении подвесками. По показателям датчиков, получаемые сигналы контроллером должны быть заранее заложены в программу по закону управляемости системы актуатором. Данный закон действует путем предварительного формирования динамической модели объекта, которым в данном случае является подвеска и в целом корпус автомобиля при движении в различных условиях и ситуациях. Математический анализ данной модели позволяет сформировать какие характеристики и их диапазон необходимо иметь актуатору для удовлетворения динамического процесса. Для построения математической модели описывается большая система нелинейных дифференциальных уравнений, которые описывают процесс движения автомобиля и осциллирующие показатели элементов. Путем осуществления стендовых испытаний определяем значения всех необходимых коэффициентов. Но построение более точной математической модели и в целом объекта очень сложная задача и иногда даже не поддающаяся математическим расчетам. Тем самым качество и точность построения модели имеют свои ограничения. То есть при всей развитости данной теории имеется предел построения модели ограниченный возможностями и развитостью классической математики на текущий момент.

Третий класс подвесок являются активными в управлении, которые построены не на основе математических моделей, а по задачам управления «по прецедентам». Это характерно для анализа задач «черного ящика». Данные системы нового поколения, построенные путем применения нейронных сетей, нечеткой логики и других гибридных систем, основываются на автоматизации систем распознавания, систем управления знаниями, формирования алгоритмов самообучения и другое. Все передовые автомобильные компании в данное время ведут разработки подвесок нового поколения, основанные на данных технологиях, которые по анонсируемости являются конфиденциальными. Закон управления системами такого рода основан на перенесении знаний эксперта данной области исследований, путем заложения в программу или по результатам полученных прецедентов сталкивающиеся в процессе действия путем заложенных программ автоматического обучения. Каждая из этих систем управления имеют свои недостатки.

Система эксперта основанные на знаниях человека-эксперта ограничиваются знаниями этого эксперта и имеют основания образования нечетких систем управления и необходимость частого ручного управления при корректировке.

Следующая система управления, основанная на нейронные сети, значительно устраняет недостатки предыдущей системы, но также имеет свои недостатки. Так как распознавание ситуаций и образцов основаны на выборку обучений заложенных в начале, в случае выявления противоречивой информации потребуется переобучение нейронных сетей, что является весьма усложненной задачей.

Тем самым ученые в поиске комбинированных решений систем управления подвесками. Одним из них является метод автономного адаптивного управления, который является эффективной системой управления активной подвеской. [8]

**Выводы.** Происходит постоянное совершенство системы управления и конструкции подвесок автомобиля которые влияют на их изменяющиеся в динамике характеристики. Новые технологии применяемые в конструкционных материалах и в самой конструкции, системы управления применяемые нейронные сети и другие наработки в комбинации создают новые виды подвесок улучшающие характеристики движения автомобиля на поворотах и других маневрах в процессе эксплуатации.

#### Список использованных источников

1. Круглов С.М. Справочник автослесаря по техническому обслуживанию и ремонту легковых автомобилей. — М.: Высшая школа, 1995. — 304 с.
2. Жданов А.А. Метод автономного адаптивного управления // Известия Академии наук РФ. Теория и системы управления. — 1999. - №5. — С. 127-134.
3. Кузнецов В.А, Дьяков И.Ф. Конструирование и расчет автомобиля. Подвеска автомобиля: Учебное пособие.— Ульяновск: УлГТУ, 2003. — 64 с.
4. Жданов А.А., Земских Л.В., Беляев Б.Б. Система стабилизации углового движения космического аппарата на основе нейроподобной системы автономного адаптивного управления. // Космические исследования. — 2004. — Т. 42. - №3. — М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. — С. 1-15.
5. Жданов А.А., Норкин Н.А., Гуриев М.А. Некоторые практические приложения метода автономного адаптивного управления. // Сб. научн. Тр. Искусственный интеллект в технических системах. — №19. — М.: Гос. ИФТП, 1998. — С. 72-99.
6. Савостьянов А.М., Ермаков В.Ю., Пронин М.А. Наведение электрического тока в индукторе магнитожидкостного виброизолятора при механических воздействиях. // Магнитная гидродинамика, 1991, №1. — С. 107-113.
7. ДэсХаммилл. Подвеска и тормоза. Как построить и модифицировать спортивный автомобиль. / Перевод с английского. — М.: Легион-Автодата, 2005. — 96 с.
8. «Зарулем», 2000, №6. — Живая вода «Московская».