

V. Nazarov

WORKING LIFE INCREASE OF DRUM-TYPE BRAKE MECHANISMS OF MOTOR CARS UNDER OPERATION CONDITIONS

The regularity of technical condition change of drum-type brake mechanisms of the motor car during operation depending on the change of brake forces distribution between the axes, their geometrical parameters and the operating modes are determined.

---

УДК 629.33:574:004.8

*Никонов О.Я., д-р техн. наук; Подоляка О.А., канд. техн. наук;  
Середина А.И.*

**БИОНИКА АВТОМОБИЛЯ НА ОСНОВЕ ГИБРИДНЫХ НЕЙРОФАЗЗИ СЕТЕЙ**

**Постановка проблемы.** Главное отличие современных инженерных конструкций от тех, что создала природа, состоит в энергоэффективности. Совершенствуясь и эволюционируя в течение миллионов лет, живые организмы научились жить, передвигаться и размножаться с использованием минимального количества энергии. Этот феномен основан на уникальном метаболизме животных и на эффективном обмене энергией между разными формами жизни. Природные материалы относительно недороги и распространены в достаточном количестве, а их «качество» значительно лучше произведенных человеком. Таким образом, заимствуя у природы инженерные решения, можно существенно повысить энергоэффективность современных технологий. В автомобилестроении уже используются такие решения, как парковочный радар, системы управления конструкцией отдельных узлов и т.д. Перспективные биоинтеллектуальные системы автомобиля смогут самостоятельно совершенствовать собственный дизайн и менять свою форму самыми разнообразными способами, например, добавляя недостающий материал в определенные части конструкции, изменяя химический состав отдельных узлов и т.д.

В последнее время разработано достаточно большое количество методов, позволяющих синтезировать высококачественные системы управления динамическими объектами с неизвестными или переменными параметрами. Однако, эти системы, как правило, сложны и в них требуется измерять или идентифицировать все изменяющиеся параметры.

**Анализ последних исследований и публикаций.** В последнее десятилетие бионика получила значительный импульс к новому развитию. Это связано с тем, что современные технологии переходят на гига- и наноуровень и позволяют копировать миниатюрные природные конструкции с повышенной точностью. Современная бионика в основном связана с разработкой новых материалов, копирующих природные аналоги, робототехникой и искусственными органами. Повышенный интерес к бионике и у автомобилестроителей [1-6]. Например, компания DaimlerChrysler в 2005 г. продемонстрировала концепт-кар, раскрывающий возможности применения бионики в автомобильной промышленности – Mercedes-Benz Bionic почти идеален с точки зрения аэродинамики и очень экономичен. Инженерам удалось найти почти идеальный эквивалент аэродинамического, безопасного, комфортабельного и экономичного автомобиля, способный выступить прообразом такого автомобиля не только в деталях, но и как структурное целое [4-6]. Форма кузовных панелей была создана на основе природных прин-

ципов «костеобразования». Подобный подход позволил добиться увеличения жесткости панелей на 40%, одновременно снизив их вес почти на 20%. Коэффициент аэродинамического сопротивления автомобиля всего 0,19. В движение Mercedes bionic приводится дизельным мотором мощностью 103 кВт, который в среднем потребляет всего 4,3 литра топлива на сто километров пути, а при движении со скоростью 90 км/ч – всего 2,8 литра топлива. Для снижения токсичности выхлопных газов автомобиль оснащен уникальной системой Selective Catalytic Reduction, в состав которой входит жидкость «AdBlue». Эта жидкость впрыскивается в выпускную систему и помогает расщеплять ряд вредных веществ на воду и кислород. В результате, силовая установка Mercedes bionic оказывается на 80% «чище» аналогичной серийной. Стоит отметить, что компания Mercedes-Benz намеревается использовать подобную систему на серийных автомобилях уже в обозримом будущем.

Поистине революционный концепт автомобиля в ноябре 2010 г. представили дизайнеры студии Mercedes-Benz Advanced Design Studio. В подражание природе спроектирован автомобиль, который, начиная с момента «рождения» и до конца своей «жизни» полностью интегрирован в экосистему. Бионический (природный) концепт-кар Mercedes-Benz Biome выполнен из сверхлёгкого материала под названием BioFibre («биоволокно») и весит всего лишь около 394 кг (рис. 1).



Рис. 1. Внешний вид Mercedes-Benz Biome

Этот материал гораздо легче металла и пластика, но при этом прочнее стали. BioFibre – это растение с запатентованной ДНК, набирая солнечную энергию, запасает её в жидком химическом соединении под названием BioNectar4534. В конце жизни Biome можно переработать или использовать волокно в качестве стройматериала [4-6]. Вызывает сомнение в проработанности таких технологий, но намерения ведущих автомобилестроителей двигаться к созданию «настоящего» концептуального бионического автомобиля сомнений не вызывает.

Для управления бионических автомобилей целесообразно использовать искусственные нейронные сети (ИНС) – математические модели, а также их программные или аппаратные реализации, построенные по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей – сетей нервных клеток живого организма. Среди ИНС наибольший интерес представляют так называемые гибридные нейрофаззи (нейро-нечеткие) сети [7-11]. Алгоритм формирования этих сетей построен на основе системы нечеткого вывода, требующей ручной настройки параметров. Это является главным препятствием применения нечетких регуляторов в адаптивных системах. С другой стороны, рассматривая систему нечеткого вывода как нейронную сеть, можно применить метод обратного распространения ошибки с целью поиска оптимальных коэффи-

циентов нечеткой системы вывода, удовлетворяющих условию адекватного отображения тестовых (обучающих) данных. Это значительно облегчает практическое решение задачи формирования указанных регуляторов. Применение алгоритмов автоматической настройки параметров нейрофаззи сети на основе обратного распространения ошибки позволяет избежать процесса ручной настройки. Однако в этом случае в процессе настройки параметров указанной сети все же требуются достаточно большие временные затраты. Так как вычислительная сложность алгоритмов настройки ИНС пропорциональна количеству используемых обучающих данных, то при введении локальной оптимизации можно существенно понизить объем этих постоянно обновляемых обучающих данных и тем самым существенно уменьшить мощность используемых вычислительных средств, решая задачу настройки сети в реальном масштабе времени.

Поскольку нейрофаззи системы относительно легко настраиваются и обладают свойством робастности, то эти свойства могут позволить обеспечить их эффективное использование для управления сложными нелинейными динамическими объектами с неопределенными и существенно (непредсказуемо) изменяющимися параметрами. В данной статье такие системы предполагается использовать для интегрированной интеллектуальной информационно-управляющей системы автомобиля.

**Формулировка цели.** Целью работы является создание структуры (концепции) интеллектуального автомобиля на основе бионики и гибридных нейрофаззи сетей, что позволит качественно повысить энергоэффективность автомобиля и снизить вредные воздействия на экосистему.

**Разработка структуры биоинтеллектуального автомобиля.** На рис. 2 приведен пример структуры биоинтеллектуального автомобиля с информационно-управляющей системой на основе гибридной нейрофаззи сети.



Рис. 2. Пример структурной схемы биоинтеллектуального автомобиля с информационно-управляющей системой на основе гибридной нейрофаззи сети

В основе управления такой системой целесообразно использовать концепцию синтеза синергетических оптимальных законов регулирования на основе макроинформации о поведении системы – агрегированных макропеременных. Агрегированные макропеременные конструируются на основе измеряемых векторов состояния динамической системы, и с их помощью задают желаемые диссипативные структуры в расширенном фазовом пространстве системы управления. Множество таких многообразий определяет «виртуальные» – промежуточные и конечную структуры динамических систем управления в процессе их эволюции.

Ключевой идеей синтеза синергетических оптимальных законов управления является преднамеренное введение в пространстве состояний синтезируемых систем желаемых многообразий, на которых естественные свойства объекта согласуются с требованиями задачи управления и способствуют выполнению требования минимального вмешательства в естественное течение процессов в системе, что эквивалентно требованию «минимального» управления для достижения цели. Основную идею этого подхода к синтезу систем управления можно определить как формирование и возбуждение внутренних сил взаимодействия, порождающих в фазовом пространстве системы устойчивые диссипативные структуры, отвечающие заданным целям управления.

Рассмотрим более подробно структуру гибридной нейрофаззи сети (рис. 3). Первый слой сети распределяет входные сигналы по функциям принадлежности второго слоя, производящего фаззификацию переменных, а третий слой реализует логические операции над нечеткими множествами. В последних двух слоях реализуется вычисление линейной комбинации входов и выходов слоя правил. В данной сети необходимо осуществлять настройку параметров входного слоя (слоя функций принадлежности), при этом в качестве функции принадлежности используется функция Гаусса. Ширина и центр этой функции определяются в дальнейшем в ходе настройки параметров методом обратного распространения ошибки (генетическими алгоритмами). Коэффициенты линейной комбинации в выходном слое сети целесообразно находить с помощью метода наименьших квадратов.

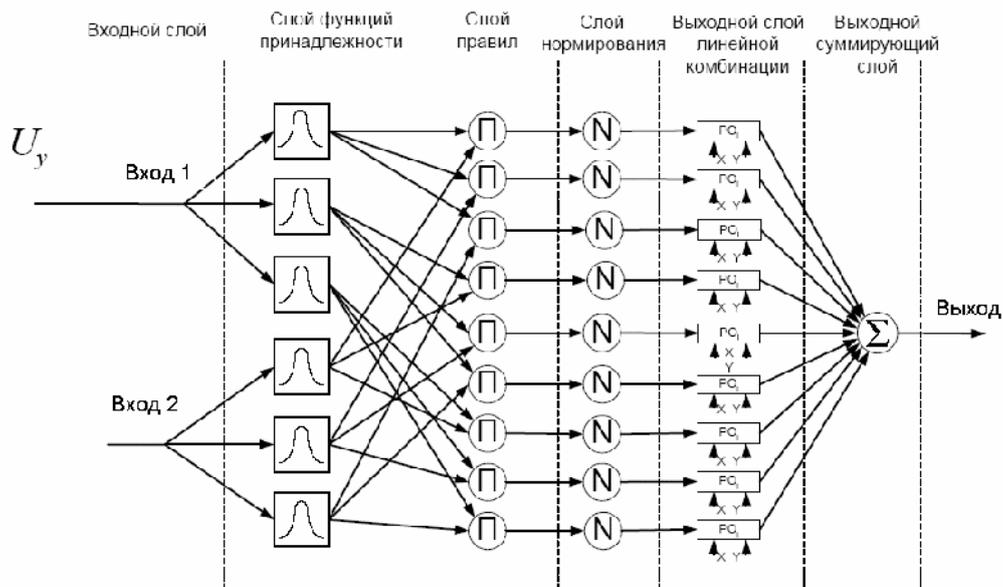


Рис. 3. Пример структуры гибридной нейрофаззи сети

Для вычисления параметров сети необходимо сформировать обучающее множество, состоящее из тестового и целевого векторов. Тестовый вектор представляет собой совокупность последовательно подаваемых на вход сети сигналов, отличающихся амплитудой и продолжительностью. Целевой вектор представляет собой совокупность значений выходной координаты в дискретные моменты времени. Размерности целевого и тестового векторов совпадают. Число тестовых данных должно быть достаточно большим для получения достоверной информации о динамических свойствах объекта управления. В системах, работающих в реальном времени, размерность этих векторов ограничивается производительностью управляющей ЭВМ.

Можно полагать, что поставленная задача состоит, прежде всего, в том, чтобы глубже познать принципы обеспечения относительно стабильной стационарности энергетического состояния окружающей среды, научиться правильно объяснять и осознанно управлять изменениями энергетических состояний объектов.

**Выводы и перспективы дальнейших исследований.** Концептуальной основой предлагаемых в статье исследований являются фундаментальные науки. Прежде всего – это физика, математика, биология, химия. В качестве прикладных использованы достижения инженерных, фармакологических, медицинских, сельскохозяйственных и других наук.

Не представляющие особой сложности, а по существу простейшие наблюдения показывают, что в окружающем мире растения и животные черпают данную им природой энергию практически бесплатно и неограниченно. И только человек, из всех живых существ, по тем или иным причинам оказался один на один перед решением им созданных собственных энергетических проблем. Исходя из общепризнанных широко известных научных и практических представлений о решении энергетических проблем, надежды не только на ближайшую, но и на более дальнюю перспективу, пока еще весьма далеки от обнадеживающих.

В работе построена структура (концепция) интеллектуального автомобиля на основе бионики и гибридных нейрофаззи сетей, что позволит качественно повысить энергоэффективность автомобиля и снизить вредные воздействия на экосистему.

**Литература:** 1. Информационные технологии на автомобильном транспорте / [Власов В.М., Николаев В.Б., Постолит А.В. и др.] – М.: МАДИ (ГТУ), 2006. – 283 с. 2. Алексієв О.П. Телематика, мехатроника та синергетика на автомобільному транспорті / О.П. Алексієв, В.О. Алексієв, О.І. Туренко // Автомобільний транспорт. – 2009. – №25. – С. 266–270. 3. Никонов О.Я. Интегрированные информационно-управляющие телематические системы транспортных средств / О.Я. Никонов, В.Н. Шуляков // Автомобильный транспорт. – 2010. – №27. – С. 83–87. 4. <http://autonews.ru>. 5. <http://conceptcar.ee>. 6. <http://avtomersedes>. 7. Borgelt Ch. Neuro-Fuzzy-Systeme: von den Grundlagen kuenstlicher Neuronaler Netze zur Kopplung mit Fuzzy-Systemen / Ch. Borgelt. – Wiesbaden: Vieweg, 2003. – 434 p. 8. Nelles O. Nonlinear system identification with local linear neuro-fuzzy models / O. Nelles. – Aachen: Shaker, 1999. – 179 p. 9. Ross T.J. Fuzzy logic with engineering applications / T.J. Ross. – Chichester: Wiley, 2004. – 628 p. 10. Liu G.P. Nonlinear identification and control: a neural network approach / G.P. Liu. – London: Springer, 2001. – 210 p. 11. Vas P. Artificial-intelligence-based electrical machines and drives: application of fuzzy, neural, fuzzy-neural and genetic-algorithm-based techniques / P. Vas. – Oxford: Oxford Univ. Press, 1999. – 625 p.

**Bibliography (transliterated):** 1. Informacionnyye tehnologii na avtomobil'nom transporte / [Vlasov V.M., Nikolaev V.B., Postolit A.V. i dr.] – M.: MADI (GTU), 2006. – 283 s. 2. Aleksiev O.P. Telematika, mehatronika ta sinergetika na avtomobil'nomu transporti /

O.P. Aleksiev, V.O. Aleksiev, O.I. Turenko // *Avtomobil'nyj transport*. – 2009. – №25. – S. 266–270. 3. Nikonov O.Ja. Integrirovannye informacionno-upravljajuwie telematicheskie sistemy transportnyh sredstv / O.Ja. Nikonov, V.N. Shuljakov // *Avto-mobil'nyj transport*. – 2010. – №27. – S. 83–87. 4. <http://autonews.ru>. 5. <http://conceptcar.ee>. 6. <http://avtomersedes>. 7. Borgelt Ch. Neuro-Fuzzy-Systeme: von den Grundlagen kuenstlicher Neuronaler Netze zur Kopplung mit Fuzzy-Systemen / Ch. Borgelt. – Wiesbaden: Vieweg, 2003. – 434 p. 8. Nelles O. Nonlinear system identification with local linear neuro-fuzzy models / O. Nelles. – Aachen: Shaker, 1999. – 179 p. 9. Ross T.J. Fuzzy logic with engineering applications / T.J. Ross. – Chichester: Wiley, 2004. – 628 p. 10. Liu G.P. Nonlinear identification and control: a neural network approach / G.P. Liu. – London: Springer, 2001. – 210 p. 11. Vas P. Artificial-intelligence-based electrical machines and drives: application of fuzzy, neural, fuzzy-neural and genetic-algorithm-based techniques / P. Vas. – Oxford: Oxford Univ. Press, 1999. – 625 p.

Ніконов О.Я., Подоляка О.О., Середина Г.І.

#### БІОНІКА АВТОМОБІЛЯ НА ОСНОВІ ГІБРИДНИХ НЕЙРОФАЗЗИ МЕРЕЖ

У роботі запропонована структура (концепція) інтелектуального автомобіля на основі біоніки і гібридних нейрофаззи мереж, що дозволить якісно підвищити енерго-ефективність автомобіля і знизити шкідливі впливи на екосистему.

Nikonov O.J., Podolyaka O.A., Seredina A.I.

#### AUTOMOBILE BIONICS ON THE BASIS OF NEURO-FUZZY HYBRID NETWORKS

The structure (concept) of the intelligent automobile is offered on the basis of bionics and neuro-fuzzy hybrid networks that will allow to increase qualitatively energy efficiency the automobile and to lower harmful influences on ecosystem.

---

УДК 629.3.018

*Подрігало М. А., д-р. техн. наук; Коробко А. І., Клець Д. М., канд. техн. наук; Мостова А. М.*

### УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ КОМПОНЕНТІВ СИЛИ ОПОРУ РУХУ АВТОМОБІЛЯ

**Постановка проблеми.** Визначення опору коченню і фактору обтічності автомобіля є важливими задачами теорії автомобіля. В даній статті удосконалено раніше запропонований спосіб визначення указаних параметрів методом дорожніх випробувань.

**Аналіз останніх досягнень та публікацій.** В [1] визначення параметрів опору руху здійснювалось шляхом розв'язку алгебраїчних рівнянь, отриманих із диференціального рівняння руху автомобіля при вибігу

$$m_a \dot{v}_a = -\left(m_a g \psi + k F v_a^2\right), \quad (1)$$

де  $m_a$  – маса автомобіля, кг;

$\dot{v}_a$  – лінійне прискорення автомобіля, м/с<sup>2</sup>;

$F_k$  – тягова сила на колесі, Н;

$g$  – прискорення вільного падіння,  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>;