

Лучшие отечественные и зарубежные образцы автоколебательных (амплитудных) вибрационных вискозиметров на изгибных колебаниях стержней или камертонов имеют погрешность $0,3 \div 1,0$ % [3-5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Крутин В.Н. Колебательные вискозиметры и пути их совершенствования//Сборник научных трудов. Под ред. Чл. корр. АН СССР С.С. Кутателадзе.- Новосибирск: 1976. - С. 8-28.
2. Крутин В.Н., Смирницкий И.Б. К методике расчета колебательных крутильных вискозиметров с сосредоточенными параметрами // Зав. лаборатория. 1975.- № 4. - С.461-466.
3. Дзюба А.П., Крутин В.Н., Ушаков Л.А. и др. Разработка вибрационного вискозиметра общепромышленного назначения и опыт его внедрения//Сборник научных трудов. Под ред. Чл. корр. АН СССР С.С. Кутателадзе.- Новосибирск: 1976. - С. 78-87.
4. Колешко В.М., Сунка В.Я. Электронный прибор для измерения плотности-вязкости нефтепродуктов-//Серия Материалы, технология, инструменты. 1997. - №1. - С. 96-99.
5. Колешко В.М., Сунка В.Я. Реанимация нефтегазовых скважин.- Мн.: 1996.- 60 с.
6. Лойцянский А.Г. Механика жидкости и газа. - М.: Наука. 1987.

УДК 612.821.8:331.46

Колешко В.М., Воробей Е.А., Азизов П.М., Худницкий А.А.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА С АНАЛИЗОМ МОЗГОВЫХ ВОЛН НА ПРОИЗВОДСТВЕ

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Разработка интеллектуальных систем управления объектом на основе синхронной активности нейронов приобретает в настоящее время существенную значимость в биоинформатике, здравоохранении, экологической, промышленной, индивидуальной и национальной безопасности, где развитие нейрокомпьютерных технологий открывает широкие практические возможности применения для:

- улучшения и обеспечения безопасности жизни, как здоровых людей, так и тех, кто лишен способности нормального существования;
- осуществления чтения мыслей у чиновников-коррупционеров;
- содействия в комбинации с методами чтения мыслей у согласных на это людей (магистров, аспирантов, докторантов, профессоров) лучшему пониманию функций и тайн мозга человека;
- обеспечения связи с людьми, уворованных террористами, погребенными под руинами после взрывов, землетрясений и других чрезвычайных ситуаций;
- предотвращения незаметной передачи информации охраняемому объекту;
- интеллектуальной поддержки чиновников власти на их публичных выступлениях и пресс-конференциях;
- упорядоченного поведения массы людей при чрезвычайных ситуациях, например, посылая предупреждения о надвигающихся катастрофах;
- профилактики и лечения некоторых патологических недостатков в головном мозге и снятия стрессовых ситуаций;
- интеллектуального управления бытовой и специальной техникой, а также множество различных применений благодаря творчеству умных людей.

Однако основные проблемы при реализации подобных систем связаны прежде всего с эффективной обработкой данных, например, электроэнцефалограммы (ЭЭГ) головного мозга, которая активно применяется в мозговом компьютерном интерфейсе, а также в создании интеллектуальных оптимизированных методов их классификации для достижения высокой точ-

ности распознавания. На сегодняшний день нет достаточно достоверных методов извлечения информативных признаков вызванных мозговых потенциалов и математических приемов их распознавания, поэтому нами была разработана интеллектуальная программа “НЕЙРО-ДФС”, которая применяет комплексные гибкие алгоритмы анализа для выделения скрытой функциональности мыслительных процессов, например, при воображаемом управлении курсором “мыши” на дисплее компьютера (рис. 1).



Рис. 1. Интеллектуальная нейрокомпьютерная система управления курсором “мыши”

На первом этапе обработки исходных данных мозговой активности, как показано на рис. 2 а, б для случая функциональных состояний мозга в канале ЭЭГ С4 (фронтальный), были устранены тренды нулевого порядка (вычитание среднего значения из каждого канала ЭЭГ), что позволило привести данные к удобному единому пространству измерения мыслительных процессов для эффективности распознавания (рис. 2 в, г). Чтобы обеспечить высокую скорость обработки, было выполнено нормирование данных каналов ЭЭГ с приведением показателей к нулевому математическому ожиданию и единичному стандартному отклонению (рис. 2 д, е). Для успешной классификации данных ЭЭГ большое значение играет не количество выделенных каналов регистрации, а качество их взаимодействия, которое фактически определяется независимостью или декорреляцией каналов между собой. В этом случае происходит проектирование каждого канала-признака на плоскость, составленную из оставшихся признаков, так что образуется ортонормированное пространство данных, которое является пригодным для дальнейшей обработки и обнаружения функциональности работы мозга. Поэтому декорреляция позволяет исключить взаимодействие каналов ЭЭГ, выделить существенные неявные информативные характеристики с учетом взаимного влияния каждого признака (рис. 2 ж, з).

Поскольку математическая модель формирования сигнала ЭЭГ не известна, то были применены непараметрические методы расчета спектральной плотности мощности ЭЭГ, которые используют только информацию, заключенную в отсчетах сигнала, как, например, метод Томсона, основанный на использовании вытянутых сфероидальных функций, обеспечивающих максимальную концентрацию энергии в заданной полосе частот [8]. Таким образом, в результате декорреляции каналов ЭЭГ в частотной области сигналов были выделены явно присутствующие компоненты артефакта 50 Гц и его первая гармоника 100 Гц, которые вызваны частотой переменного тока в сети, а также признаки мозговой активности от сенсорного восприятия, например, зрения на частотах 10-12 Гц (рис. 2 и, к).

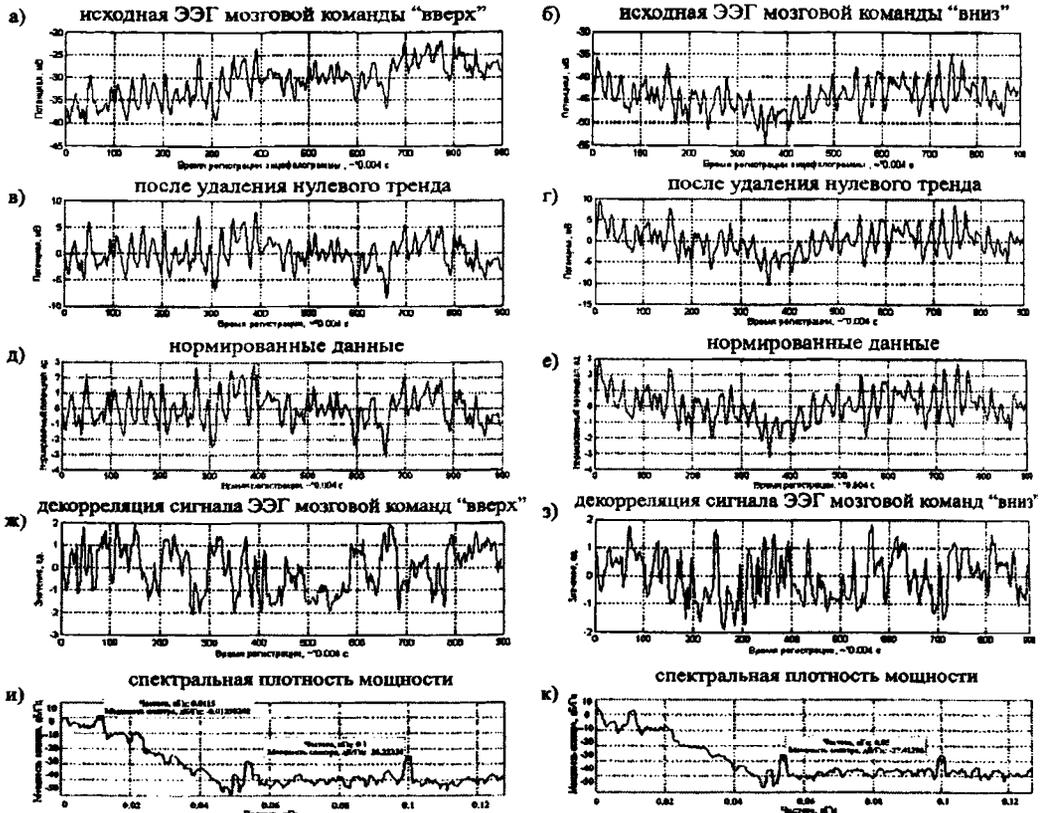


Рис. 2. Обработка данных мозговой активности в канале ЭЭГ С4 с обнаружением артефактов и сенсорных влияний

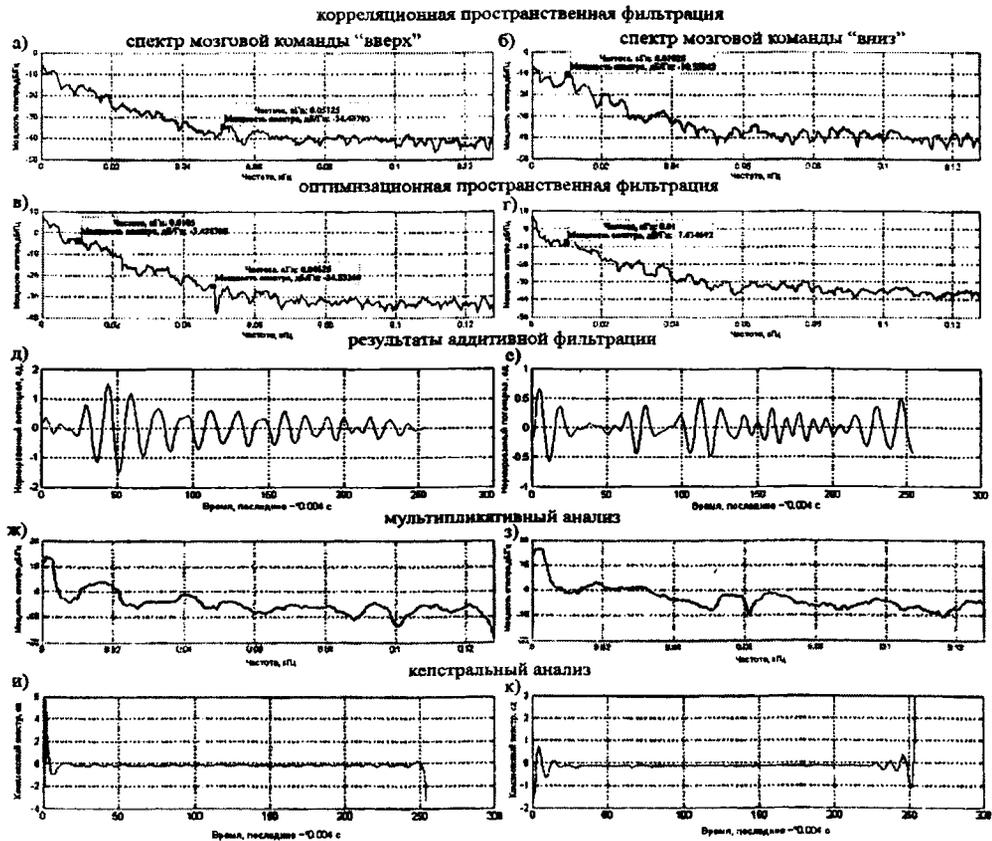


Рис. 3. Подавление артефактов, сенсорных влияний и анализ синхронной активности нейронов мозга

Для полного подавления артефактов и влияния сенсорных систем организма в целях проявления мозговой активности “высшего порядка”, были применены методы пространственной фильтрации данных ЭЭГ (рис. 3).

При использовании корреляционного метода пространственной фильтрации, который позволяет устранить суммарный сигнал от артефактов и сенсорных систем организма человека, подавляемые частотные компоненты по-прежнему присутствуют, но в меньшей силе (рис. 3 а, б). Чтобы устранить влияние электрических и сенсорных частотных компонент, был разработан оптимизационный метод пространственной фильтрации, который заключался в поиске оптимальной матрицы вычитания из каналов ЭЭГ посредством нахождения коэффициента минимума функции одной переменной для фиксированного частотного интервала. Оказалось, что электрические наводки (50 Гц) и визуальный потенциал (10-12 Гц) были полностью устранены (рис. 3 в, г). Исключение аддитивных шумов проводилось с использованием полосового фильтра с диапазоном пропускания 14-30 Гц, выбранным на основании исследований функциональности мозговой активности при мыслительных процессах (рис. 3 д, е). Оценка формирования мозговых команд в различных участках мозга и при несинхронном взаимодействии нейронов в результате задержек распространения сигналов ЭЭГ при формировании мыслей проводилась с привлечением мультипликативного (рис. 3 ж, з) и кепстрального анализом (рис. 3 и, к), результаты которых не отразили присутствие мультичастот и эхо-эффектов во временной области в процессе мозговой деятельности, что свидетельствует о синхронном характере активности нейронов и нейронных сетей при создании мысленного образа.

При распознавании мыслительных образов мозговых команд возникает проблема снижение точности из-за недостатка априорных данных, которая решается путем применения дискретного вейвлет-анализа с вычислением одномерных коэффициентов аппроксимации и детализации, что позволяет не только снизить, но и выделить оптимально лучшее пространство признаков в соответствие с заданным порогом классификации (рис. 4 а, б, в).

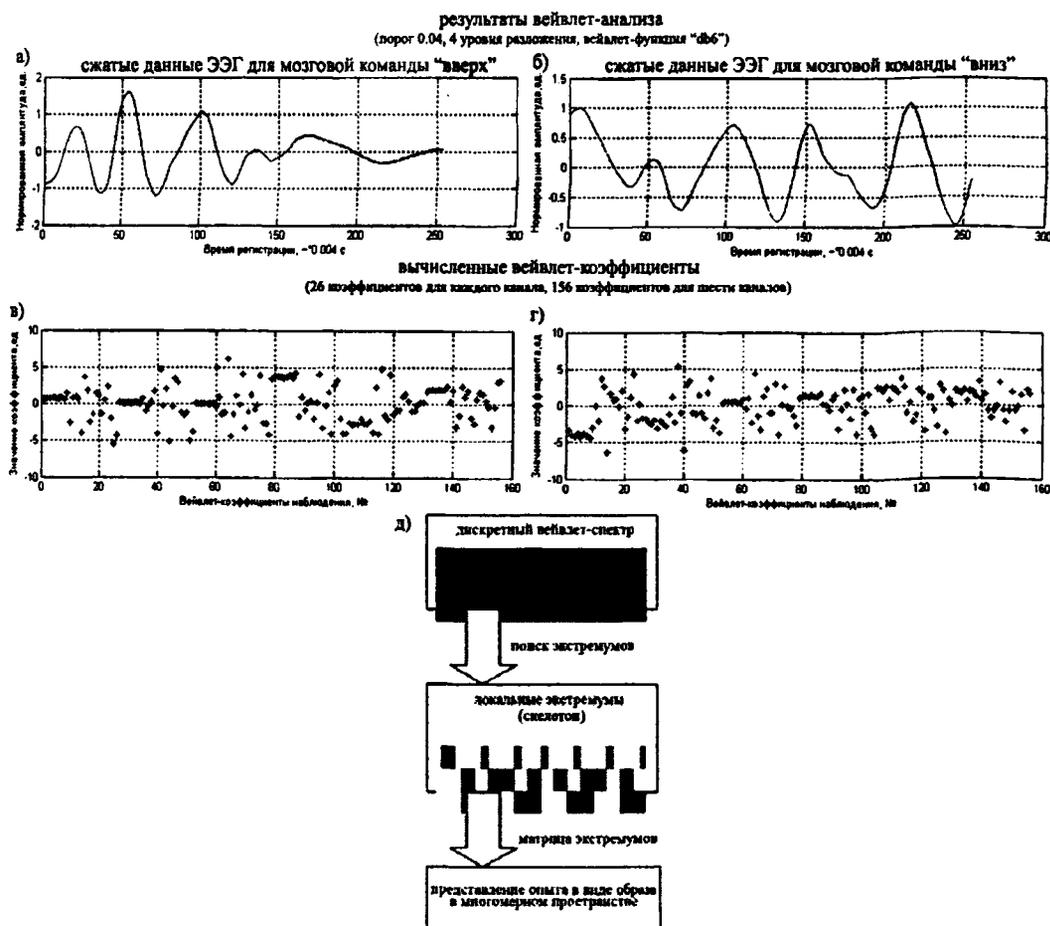


Рис. 4. Использование вейвлет-анализа для сжатия данных

При этом выбор ортогональной вейвлет-функции, количество уровней разложения и соответствующего порога проводился таким образом, чтобы обеспечить приемлемое пространство размерности при последующей обработке данных мыслительных процессов анализом главных компонент с получением максимальной дисперсии распределения проекций нейронных активностей, представленных в виде образов в многомерном пространстве головного мозга (рис. 4 г, д). В результате выполнения анализа главных компонент были получены информативные данные для шести каналов ЭЭГ. Таким образом, при проведении опытов с группой субъектов, у которых посредством ЭЭГ с частотой дискретизации 256 Гц в течении 3.5 секунд регистрировалась мозговая активность мыслительных процессов, был установлен механизм временной динамики в шести каналах ЭЭГ (областях мозга) при обработке мозговых образов.

Для анализа силы синхронного взаимодействия нейронов головного мозга был выполнен кластерный анализ, который позволил отобразить все образы опытов в многомерном пространстве головного мозга с вычислением соответствующих расстояний между образами (кластерных расстояний) (рис. 5).

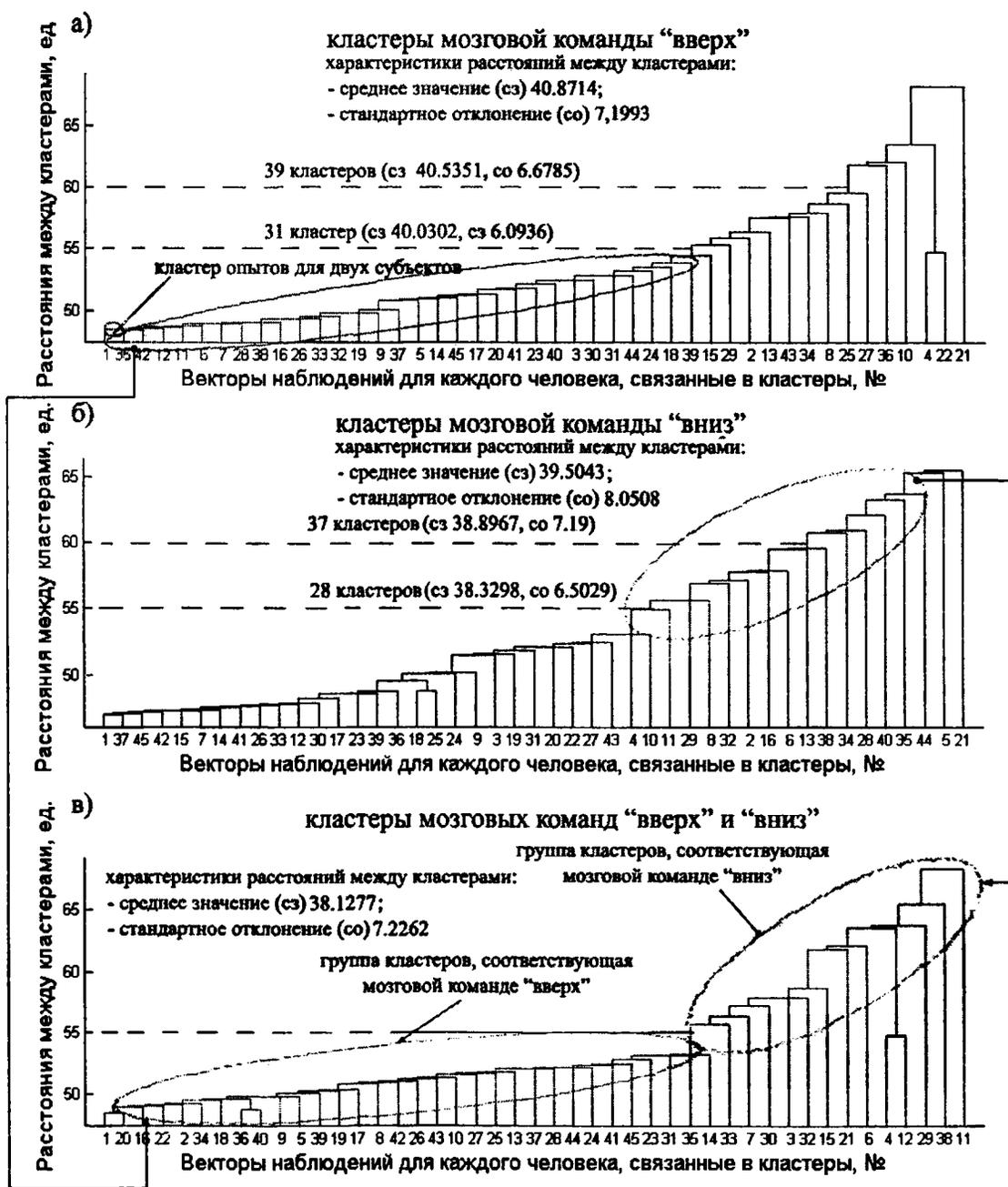


Рис. 5. Кластерный анализ функциональных состояний по шести каналам ЭЭГ мозга

Приведенная древовидная диаграмма кластерного анализа на рис. 5 указывает на более сильную синхронную активность нейронов при исполнении мозговой команды движения курсора “вверх”, которая характеризуется большим количеством нейронных кластеров и меньшим значением стандартного отклонения межкластерных расстояний в многомерном пространстве головного мозга как для всех опытов, так и, например, для установленных порогов (рис. 5 а, б). Близость средних значений кластерных расстояний при различных мозговых командах указывает на проявление гибкости работы головного мозга в формировании мыслительных процессов, так что одни и те же группы нейронов могут участвовать в проявлении различных функциональных активностей. При этом высокие показатели дисперсии распределения кластерных расстояний характеризуют структурированный подход при обработке информации нейронами мозга. При пространственном отображении всех проведенных опытов становится очевидным выделение определенных групп кластеров, соответствующих мозговым командам управления “вверх” и “вниз”, которое может быть использовано в распознавании мыслительных процессов (рис. 5 в). Стоит отметить, что не достаточно хорошо выраженная форма различия кластеров может быть обусловлена их сложным пространственным представлением, например, в виде эллипсоидной, шаровой форм. Поэтому при использовании оптимизационных подходов классификации в решении задач декодирования функциональных состояний мозга была использована кластеризация на основе итерационных методов минимизации внутрикластерной суммы расстояний объектов кластера до его центра. Это позволило выбрать методологию оптимизационных алгоритмов для распознавания функциональных состояний мыслительной активности в головном мозге.

Созданная интеллектуальная система извлечения функциональности мозга “НЕЙРО-ДФС” на примере данных ЭЭГ функциональной активности мозга позволила провести интеллектуальную комплексную обработку сигналов, что обеспечило проведение классификации вероятностными, радиально-базисными нейронными сетями, нейронными сетями с обратным распространением ошибки, а также созданными специально их оптимизированными структурами с улучшенными методами группового учета аргументов для достижения максимальной точности прогнозирования. Полученные результаты со средней ошибкой распознавания 45% подтвердили достоверность выдвинутых положений о гибкости работы мозга, а также о формировании мозговой активности “высшего порядка” без влияния артефактов и сенсорных систем организма. Включение сенсорных систем, например, зрения позволяет оценить функциональность работы головного мозга со средней ошибкой ~ 20 %.

Современные представления о технологии передачи мыслей для обеспечения промышленной безопасности и защиты человека от опасных производственных факторов в чрезвычайных и аварийных ситуациях нацелены на то, чтобы обеспечить бесконтактную запись и передачу электрической активности мозга. Для решения подобной проблемы в настоящее время разработан новый класс беспроводных сенсорных микро-наносистем и сетей на поверхностных акустических волнах (ПАВ) с радиочастотной идентификацией (RFID). ПАВ сенсорная микро-наносистема состоит из антенны и ПАВ сенсора, функционирующего как линия задержки, либо как ПАВ резонатор, и электрической схемы обработки сигналов от ПАВ сенсора и передачи информации на антенну. Измерения “слышимости” микроволн показывают, что наиболее пригодными для модуляции сигналов в частоты носителя являются частоты в диапазоне 1 Гц - 100 ГГц. Микроволны в этом диапазоне частот распространяются линейно, их можно сфокусировать, они проникают сквозь воздух и стены зданий и индуцируют токи во внутренних слоях тела человека. Для эффективной передачи носители частот должны совпадать с резонансными частотами частей тела, например, определенных нервных клеток мозга. В таблице ниже приведены основные параметры функционирования ПАВ сенсорной наносистемы e-языка и e-носа с ретранслятором сигнала. Для коэффициента сигнал-шум в антенне ридера, равном 100, максимальное расстояние взаимодействия ридера и ПАВ ретранслятора составит $r_{\max} \approx 500$ м. В микросхеме измеряется фазовый набег ПАВ, зависящий от внешних параметров окружающей среды, и преобразуется в двоичный код, который далее с помощью антенны передается на ридер. Для передачи информации используется амплитудная модуляция, а несущей является электромагнитная волна с частотой, равной резонансной частоте колебательного контура. Для генерации несущей частоты может использоваться накопленная энергия первичного электромагнит-

ного импульса, либо встроенный в микросхему источник энергии. Активная ПАВ сенсорная антенна позволяет увеличить максимальное расстояние $r_{\max} \approx 50$ км.

Реализация подобных высоких технологий на основе биотестирования функциональности мыслительных процессов в головном мозге человека с интеллектуальными алгоритмами обработки и защиты информации может найти широкое применение, в частности, в предотвращении чрезвычайных и аварийных ситуаций на дороге, а также способствовать (рис. 6):

- оптимальному управлению транспортным средством без необходимости механизированного контроля, что позволяет избежать различных обремененных энергетических затрат управления;
- стопроцентному обеспечению безопасности человека благодаря мгновенному распознаванию мыслительной команды управления в производственных процессах, в промышленности, а также в непредсказуемых случаях опасности принесения вреда здоровью человека;
- полному сокращению показателя травматизма в промышленности, строительстве, дорожно-транспортных происшествий за счет анализа мысленных кодов других объектов, например, мозговых процессов водителя и пешехода, и принятие интеллектуальной системой оптимального решения выполнения действия.
- абсолютному предотвращению случаев чрезвычайных ситуаций на производстве, например, при управлении транспортным средством в состоянии алкогольного или наркотического опьянения, посредством анализа мозговой активности мыслительной деятельности человека;
- суперзащите, например, транспортного средства от угона или полной безопасности человека от неправомерных и корыстных целей других людей через декодирование злого умысла недоброжелателя в скрытых мыслительных процессах мозговой активности;
- совершенному управлению объектом на расстоянии при использовании разработанной технологии передачи мысли, а также применению эффективного недорогого оборудования для анализа мозговых команд
- созданию умных машин нового поколения без активного участия человека в эксплуатации и в принятии решений, действий в контролировании экологической безопасности, охраны труда в организациях, опасных и вредных производственных факторов, устойчивости функционирования промышленных объектов и систем, прогнозирования чрезвычайных и сложных аварийных ситуаций природного и техногенного характера.

Таблица – Основные параметры функционирования 2.4 ГГц беспроводной пассивной ПАВ сенсорной наносистемы е-языка и е-носа с ретранслятором сигнала

Материал подложки ПАВ ретранслятора	128°LiNbO_3	
Рабочая частота ПАВ ретранслятора, f	2.4 ГГц	
Мощность, излучаемая ридером, P_p	10 Вт	
Коэффициенты усиления антенны ПАВ ретранслятора, $G_{\text{ант}}$	6.3 (8 дБи)	
Коэффициенты усиления антенны ридера, G_p	6.3 (8 дБи)	
Входное сопротивление антенны ПАВ ретранслятора, $R_{\text{ант}}$	50 Ом	
Входное сопротивление антенны ридера, R_p	50 Ом	
Расстояние между ридером и ПАВ ретранслятором, $r_{\text{ант}}$	10 м	500 м
Ширина электрода ВШП, a	0.433 мкм	
Период ВШП, d	0.808 мкм	

Апертура ВШП, W	844.9 мкм	
Проводимость 4-х электродного ВШП, $Y_{ВШП}$	0.0017-0.0127 Ом ⁻¹	
Модуль Фурье преобразования от электростатической плотности зарядов на электродах ВШП при единичном приложенном напряжении, $\bar{p}_c(k_0)$	5.7596 · 10 ⁻¹⁰ Кл / м	
Напряженность электрической составляющей ЭМ волны на расстоянии $r_{ант} = 10$ м, $E_{пр}$	6.1482 В/м	0.1230 В/м
Сила тока в цепи ПАВ ретранслятора, возбуждаемая ридером, $I_{пр}$	0.0025-0.0032i А	4.97 · 10 ⁻⁵ – 6.37 · 10 ⁻⁵ i А
Напряжение, возбуждаемое на ВШП ридером, $U_{ВШП}$	0.2721 + 0.1592i В	0.0054 + 0.0032i В
Электрический потенциал ПАВ, возбуждаемый ридером, $\varphi_{пр}$	0.0871 + 0.0510i В	0.0017 + 0.0010i В
Мощность, излучаемая антенной ПАВ ретранслятора ридеру, $P_{из}$	1.5702 мкВт	6,281 · 10 ⁻¹⁰ Вт
Сила тока, наводимая ПАВ ретранслятором в ридере, I_p	1, 5706 мкА	6,2823 · 10 ⁻¹⁰ А
Мощность, выделяемая ПАВ ретранслятором в нагрузку ридера, $P_{возл}$	6,1668 · 10 ⁻¹¹ Вт	9,8669 · 10 ⁻¹⁸ Вт
Коэффициент ослабления по мощности, K_p	-112 дБ	- 180 дБ

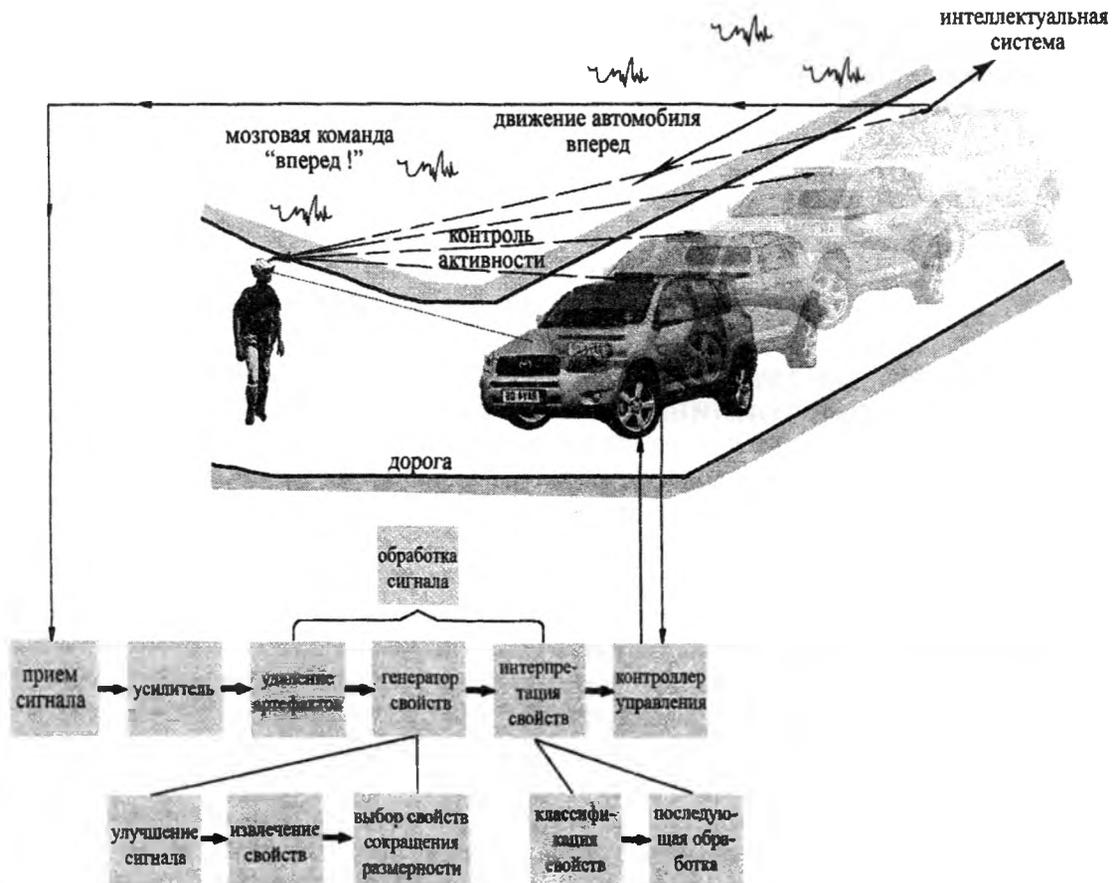


Рис. 6. Управление объектами на расстоянии с помощью мозговых команд

Поэтому разработанная нами программа “НЕЙРО-ДФС”, основанная на мощных методах обработки и оптимизационной классификации решает эффективно важные технические и общечеловеческие проблемы безопасности, существенно облегчает познание тайн функционирования работы головного мозга и приближает нас к созданию эффективных интеллектуальных систем биотестирования мыслей. Однако следует сказать, что на сегодняшний день еще нет достаточно достоверных методов регистрации функциональных состояний нейронов головного мозга и математических приемов декодирования функциональных состояний мозговых волн, что является нашей дальнейшей задачей в развитии интеллекта, проектировании умных машин и обеспечения безопасности жизни людей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Koleshko V. M. Acoustic – electronic phenomenon of a brain and principles of designing of machines and mechanisms // Col “The congress on theoretical and applied mechanics”. – Minsk, 1996. – P. 47 – 49.
2. Koleshko V. M. Acoustic – electronic phenomenon and electric activity of a brain of the person // International seminar “Transfer processes in biomedical problems”. – Minsk, 1995. – P. 17 – 19.
3. Колешко В.М., Апанасевич А.В. Моделирование мозговых волн и управление объектами // Proceedings of the International Conference “Advanced Information and Telemedicine Technologies for Health”. – November 8 – 10, 2005, Minsk, Belarus, Academy of Science of Belarus, 2005. – P. 228 – 232.
4. Колешко В.М., Снигирев С.А. Модель системы управления объектом на основе биоэлектрических сигналов человека // Материалы научно-практической конференции “Научная мысль информационного века”. – Киев, 2007. – С. 35 – 38.
5. Колешко В.М., Снигирев С.А. Нейрокомпьютерный интерфейс управления машиной силой мысли [электронный ресурс] // Режим доступа: www.rusnauka.com, свободный, яз.- рус., 2007.
6. Колешко В.М., Воробей Е.А. Декодирование функциональности мыслительных процессов мозговой активности для управления объектом // VI Белорусско-российская научно-техническая конференция “Технические средства защиты информации”. – Мн., 2008. – С. 35-36.
7. Николенко С. Алгоритмы кластеризации // Машинное обучение. – ИТМО, 2006. – 33 с.

УДК 543.544:543.8

Колешко В.М., Сунка В.Я., Худницкий А.А.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ЭКСПРЕСС-КОНТРОЛЯ МОТОРНОГО ТОПЛИВА ВЫСОКОЧАСТОТНЫМИ МЕТОДАМИ

*Белорусский национальный технический университет,
Минск, Беларусь*

Интенсивное развитие современной автомобильной техники постоянно диктует особые требования к качеству используемого моторного топлива, от которого зависит безаварийная эксплуатация, долговечность автомобилей и чистота окружающей среды [1]. Обеспечение высокого качества моторного топлива требует от его производителей, поставщиков и продавцов очень серьезного подхода к процессу создания продукции, ее обработки и оказания сервисных услуг.

Качество моторного топлива (бензин и дизтопливо) - это определенная совокупность физико-химических свойств нефтепродуктов, зависящих как от химического состава (плотность; вязкость; температура кипения, замерзания, вспышки, самовоспламенения и др.), так и от внешних условий (содержание воды, химических, механических и пр. примесей). Качество бензина и дизтоплива определяется системой количественных показателей, отражающих тот или иной параметр качества топлива. Современная техника предъявляет все новые требования к эксплуатационным свойствам нефтепродуктов, что влечет за собой и возрастающее значение систематического контроля их качества [2].