

Данные преимущества предлагаемого устройства позволяют оптимизировать технико-экономические показатели бортовых информационно-измерительных систем, а также систем автоматического управления и контроля с волоконно-оптическими каналами передачи данных, что будет способствовать их широкому применению в авиационной промышленности.

#### Список использованной литературы

1. Гиниятулин Н.И. Волоконно-оптические преобразователи информации. – М.:Машиностроение, 2004. – 328 с.
2. Леонович Г.И. Оптоэлектронные цифровые датчики перемещений для жестких условий эксплуатации. – Самара: Изд-во Самарского государственного аэрокосмического университета, 1998. – 265 с.
3. Молотов П.Е., Зеленский А.В. Маховичные накопители энергии.- М.:Машиностроение, 2002. – 278 с.
4. И.В.Голубятников, В.А.Зеленский, В.Е.Шатерников. Системы мониторинга сложных объектов. – М.:Машиностроение, 2009. – 172 с.

### ОСНОВНЫЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ И ПОДХОДЫ К ИХ РЕШЕНИЮ ПРИ СОЗДАНИИ РАДИОТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ АВТОНОМНЫХ МОБИЛЬНЫХ ПЛАТФОРМ

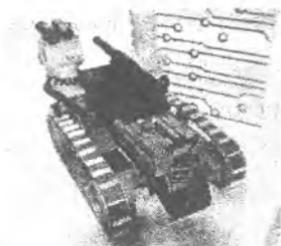
Г.И.Леонович, В.В.Кишов, В.И.Соловьев, Н.А.Ливочкина

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

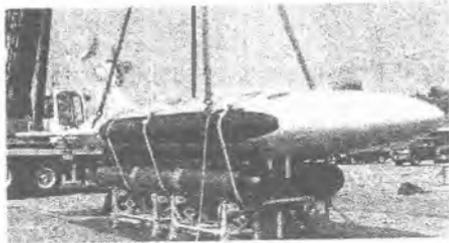
В настоящее время одним из перспективных направлений развития информационных сетей различного назначения является создание автономных мобильных платформ (АМП).

В качестве АМП рассматривают (рис.1) [1-6]:

- автономные космические платформы (АКП) - Autonomous Space Platform (ASP);
- беспилотные летательные аппараты (БПЛА) – Unmanned Air Vehicles (UAV);
- мобильные (самоходные) наземные роботы (МНР) – Unmanned Ground Vehicles (UGV);
- безэкипажные наводные платформы (безэкипажные надводные корабли и маломерные суда – БНК) – Unmanned Surface Vehicles (USV);
- необитаемые подводные аппараты (НПА) – Unmanned Underwater Vehicles (UUV), которые делятся на дистанционно-управляемые НПА (Remotely Operated Vehicles – ROV) и автономные НПА (Autonomous Underwater Vehicles – AUV);
- многопрофильные (универсальные) автономные мобильные платформы (МАМП) - Autonomous Universal Platform (AUP).



а)



б)



в)



г)

Рис. 1. Примеры АМП: а - микроМНР; б - миниНПА; в - пикоАКП; г - БПЛА

Фундаментальные исследования и НИОКР по проектированию АМП активно ведутся во всех технически передовых странах мира. Обилие теоретических и экспериментальных работ указывает на несомненную актуальность проблемы. Например, оборонное ведомство США планирует к концу 10-х годов иметь более половины парка подвижных средств наземного и воздушного применения в виде сетцентрической структуры АМП. Экспериментальные варианты систем обеспечения безопасности движения на основе АМП уже сейчас эксплуатируются в Германии при управлении транспортными потоками на автомагистралях. В нашей стране имеется опыт использования дистанционно управляемых БПЛА при мониторинге газо- и нефтепроводов, в геологоразведке, при охране границ. Успешно апробированы радиоуправляемые роботы для экстремальных условий эксплуатации.

Одной из критических проблем, рассматриваемых зарубежными и отечественными учеными, является обеспечение максимально возможной незаметности как самой АМП, так и внешних признаков ее функционирования, что немаловажно для ведения боевых и контртеррористических операций, охраны границ, контроля наркотрафика и т.п. Известные меры, предпринимаемые для снижения заметности АМП, заключаются в миниатюризации габаритов платформы и в поиске радиопрозрачных или радионезаметных материалов, используемых при создании оболочки (фюзеляжа), рамы, оперения, двигательных установок, бортовых систем энергообеспечения, управления, навигации, мониторинга и т.д. Особое внимание уделяется методам, конструкциям и схмотехническим

решениям, обеспечивающим низкие уровни электромагнитного, акустического и теплового излучения.

Другая серьезная проблема – увеличение времени автономного функционирования АМП. Здесь уже имеются отдельные эффективные решения по созданию экономичных двигательных установок и энергопотребляющей аппаратуры. Компания LaserMotive объявила о намерении создать БПЛА с электродвигателем, элементы питания которого подзаряжаются в воздухе при помощи наземной или бортовой (базовый самолет) лазерной установки. При этом БПЛА на электромоторах отличаются сниженным уровнем производимого шума и компактностью [4]. Интересное направление – минимизация энергозатрат на высокоскоростные пространственные эволюции. Один из вариантов решения данной проблемы – управление силой сопротивления, подъемной силой и аэро(гидро)динамическим качеством АМП на основе изменения параметров закрученного потока создаваемого с применением неравновесного ВЧ- и постоянного тока разряда [7].

Третья проблема, напрямую связанная с понятием автономности, заключается в интеллектуализации АМП. Программа функционирования платформы должна предусматривать все возможные внешние воздействия, принимать решения при возникновении поисковых и нештатных ситуаций без запроса дополнительной информации с пункта управления (т.е. работать в режиме радиомолчания), корректировать исходную программу по совокупности признаков и т.д. Здесь рассматриваются варианты работы АМП как отдельной единицы, так и части мультиагентной мобильной централизованной или децентрализованной сети с различными способами и формами обмена информацией. Передача критически важных данных на землю по радиоканалу должна осуществляться в радиусе от 100 до 400 км (концепция Matrics).

В схеме бортовой аппаратуры микроАМП, показанной на рис. 2, подсистемы энергоснабжения поддерживают критическую электронику, сенсоры, аппаратуру управления полета и двигатель [8].

Проблема комплексирования бортовой аппаратуры связана с габаритами АМП и функциональной сложностью комплектующих. Трудности проявляются, начиная с размерности  $\leq 15$  см. Вместе с тем современные электронные технологии позволяют создать бортовые процессор и линии связи как ядро системы, которое обеспечивает критические радиоканалы между бортовым источником данных и наземной станцией, а также системы управления двигателем. Многофункциональные возможности достигаются высокоинтегрированной конструкцией с физическими компонентами, выполняющими несколько функций. Например, крыло может служить в качестве антенны или апертуры датчика. Источник питания интегрируют с конструкцией фюзеляжа и т.д.

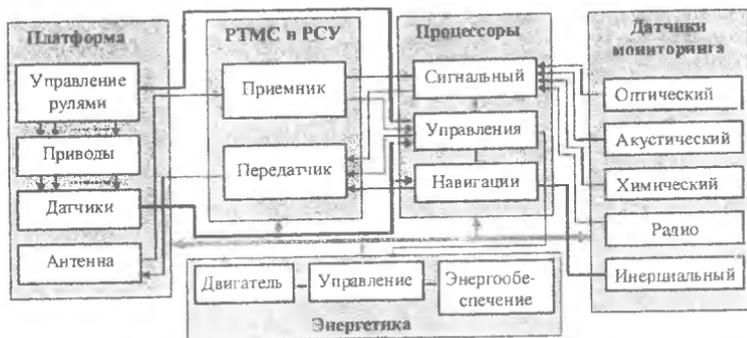


Рис. 2. Обобщенная структурная схема бортового комплекса микроАМП

Радиотелеметрические системы (РТМС) являются основными.. средством получения информации о процессах, происходящих на борту и в зоне функционирования АМП. В результате обработки радиотелеметрической информации определяют правильность и надёжность функционирования бортовых систем и агрегатов, получают данные специального, научного и технического характера.

Среди задач, которые ставятся перед разработчиками бортовых РТМС с учетом приведенных выше проблем, можно выделить следующие.

1. Поиск и развитие эффективных способов технической реализации пассивных методов очувствления АМП (исключение или минимизация активного и отраженного излучения).
2. Минимизация энергозатрат при сборе и передаче информации на уровне бортовой сети и при мониторинге фоно-целевой обстановки.
3. Обеспечение высокой надежности бортовой телемеханической сети и РТМС в течение длительного периода автономной работы.
4. Разработка новых и развитие известных алгоритмов обработки и передачи данных по радиоканалу, направленных на сокращение общего и сеансового времени работы передатчика при высоком битрейте, повышение скрытности канала, крипто- и имитостойкости.
5. Использование альтернативных способов доставки телеметрической информации.

Актуальность одной из перечисленных задач при применении АМП (в данном случае БПЛА) можно представить сложностями, имевшимися при проведении США операций в Косово и Афганистане. В ходе косовской кампании, названной «войной в прямом эфире», командование коалиционных сил оперировало двумя БПЛА MQ-1 «Предатор». Каждый передавал информацию со скоростью  $r_b=6$  Мбит/с, перегружая каналы интегрированной сети передачи данных МО США и требуя отключения низкоприоритетных каналов во время его полета. Перегруженность РТМС привела к отмене некоторых планируемых действий. Применение БПЛА RQ-

4 «Глобал Хок» и MQ-1 «Предатор» в операции в Афганистане свидетельствует о продолжающемся росте потребностей в используемых частотах, которые, как показывает практика, удваиваются ежегодно [4].

В документе «БЛА: Дорожная карта 2005-2030», подготовленном МО США, отмечается, что успешному применению АМП препятствует недостаточное количество каналов (рабочей полосы частот  $\Delta f_p$ ) на всех потенциальных ТВД и ограничения пространственного (географического) характера на некоторых из них. Там же отмечается, что инфраструктура военных коммуникаций с учетом арендованных у коммерческих структур должна расширяться в связи с тем, что в перспективе количество одновременно используемых АМП в составе сетевой структуры будет возрастать. Выходом считается более эффективное использование доступной  $\Delta f_p$  [9].

ВВС США начали пересмотр требований к БПЛА нового поколения MQ-X. Кроме защищенных спектрально-эффективных РТМС и линий управления, предполагается оснастить аппарат пассивными системами ухода от столкновений в воздухе и надежным источником питания, который на протяжении длительного времени обеспечивает питанием многочисленные сенсоры бортовой телемеханической системы и РТМС [10].

По результатам анализа публикаций, можно сделать вывод, что успешному решению всех вышеперечисленных задач способствуют следующие достижения мировой науки и техники.

1. Технологии микро- и наноэлектромеханических систем (МЭМС и НЭМС). Важнейшая составная часть большинства МЭМС – микроактюатор. Обычно данное устройство преобразует энергию в управляемое движение. Все методы активации (движение, деформация, приведение в действие) в таких устройствах кратко можно свести к следующим: электростатический, магнитный, пьезоэлектрический, гидравлический и тепловой. Наиболее перспективные направления использования МЭМС - создание исполнительных устройств, сенсоров, ПЗУ, топливных элементов и генераторов питания.

Сотрудники Sandia National Laboratories (США) разработали МЭМС-датчик линейного перемещения с разрешающей способностью  $\leq 1$  нм (рис. 3). Основная часть устройства представляет собой решетку, изготовленную из двух перекрывающихся гребенок (поперечный размер 50 мкм): одна неподвижная, другая прикреплена к пружине. Расстояние между зубцами гребенки составляет 600...900 нм. При перемещении прибора подвижная гребенка совершает колебания, расширяя или сужая решетку, образованную пересекающимися зубцами. Изменение зазоров решетки влияет на ее оптические свойства, и лазерный луч, отражаясь от перекрывающихся зубцов, меняет яркость. Считается возможным использовать такой сенсор как основу навигационного прибора.

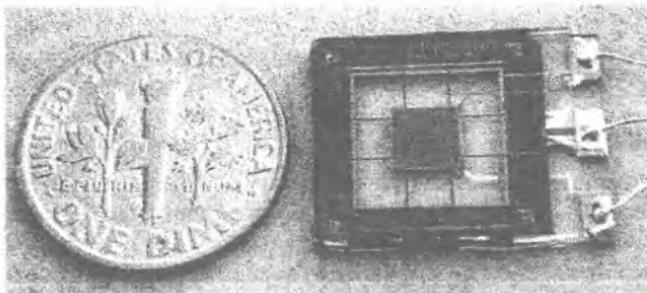


Рис. 3. МЭМС- датчик перемещения

Исключительная миниатюрность отдельных элементов МЭМС позволяет интегрировать их в многофункциональные модули, рассредоточивать в виде бортовой телемеханической нейросети по всему объему платформы. Вариант бортового МЭМС-комплекса показан на рис. 4 [11].

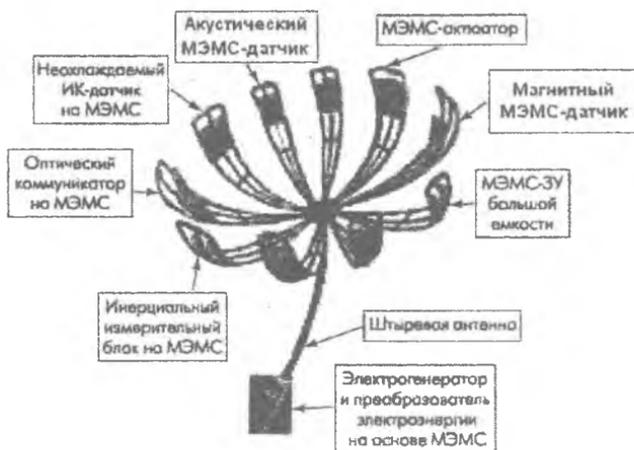


Рис. 4. Бортовой МЭМС-комплекс

Размеры НЭМС на два – три порядка меньше габаритов МЭМС и имеют выраженную тенденцию к сопряжению с молекулярными структурами вплоть до перехода на них при построении функциональных узлов. Рабочие частоты НЭМС достигают терагерцового диапазона, а уровень интеграции -  $10^{12}/\text{см}^2$  при чрезвычайно низкой потребляемой мощности и теплоемкости. В качестве конструктивной основы наносенсоров могут быть использованы углеродные нанотрубки. Например, датчики для обнаружения боевых отравляющих веществ получают спеканием углеродных нанотрубок толщиной 1 нм в высокочувствительную сетчатую структуру

общей площадью  $\sim 2 \text{ мм}^2$  внутри кварцевой трубки. Компания CombiMatrix разработала датчик HANAA (Handheld Advanced Nucleic Acid Analyzer), позволяющий в полевых условиях определять различные химические и бактериологические вещества в концентрациях от 10 молекул (бактерий) на  $100 \text{ см}^3$  [12]. Корпорация Intel и компания Micron Technology освоили 34-нм технологию памяти 3bpc NAND (И-НЕТ) на базе многоуровневой структуры ячеек, при которой каждая ячейка способна хранить три бита данных. Один чип емкостью 32 Гбит имеет площадь  $126 \text{ мм}^2$  [13]. Ученые Колумбийского университета (США) создали из молекул ДНК и запрограммировали паукообразного робота с  $d=4 \text{ нм}$ , способного самостоятельно передвигаться в двухмерном пространстве [14].

2. Расширение диапазона функциональности МЭМС и НЭМС за счет использования интеллектуальных материалов, которые адаптивно изменяют свои свойства под воздействием факторов окружающей среды и управляющих манипуляций, восстанавливают свойства после прекращения их действия. По сути – это композиты, составляющими которых могут быть сплавы с памятью формы, магнестрикционные сплавы, магнитные и вязкие жидкости, электролюминесцентные материалы, пьезоэлектрики, бифункциональные сополимеры, электропроводящие полимеры. На основе интеллектуальных материалов реализуются многофункциональные устройства, состоящие из слоев в один или несколько атомов, выполняющие, например, функции датчика, процессора и исполнительного органа [15, 16].

4. Разработка и совершенствование методов передачи и обработки радиотелеметрических сигналов, к которым можно отнести следующие направления исследований [17, 18, 19]:

- сигнально-кодовые конструкции с большими евклидовым и хемминговым расстояниями;
- ортогональная частотная модуляция (Orthogonal frequency-division multiplexing - OFDM) и технологии на ее основе;
- сверхкороткие импульсы (сверхширокополосные сигналы);
- комбинация алгоритмов компрессии и канального кодирования;
- комбинация алгоритмов канального кодирования и модуляции;
- мощные алгоритмы шифрования и протоколы защищенного доступа;
- технологии MIMO (Multiple Input Multiple Output);
- интеллектуальные антенны;
- адаптивная модуляция и управление мощностью передатчика;
- реализация когнитивных технологий.

Когнитивные технологии фактически включают в себя все перечисленные направления. Когнитивная РТМС сканирует электромагнитный спектр радиоканала и оперативно корректирует свои характеристики в динамике его изменения с целью реализации оптимального режима передачи данных. При этом учитываются все физические,

функциональные, юридические и организационные ограничения, связанные с пространственным расположением АМП [20].

4. Эффективные алгоритмы обработки первичных данных. Здесь необходимо отметить ряд научных разработок Самарских ученых, которые могут быть успешно реализованы при создании телеметрических систем для АМП. Например, в СГАУ и ИСОИ РАН получена технология адаптивного анализа, обработки и распознавания пространственно-распределенной информации, увеличивающая скорость распознавания на 20-50% в сравнении с известными алгоритмами при повышении вероятности безошибочной идентификации с 0,97 до 0,9996 [21]. В СамГУ и СФ ФИАН разработан принципиально новый метод описания и компрессии сложных контурных изображений фоно-целевой обстановки, позволяющий совместить операции распознавания, сжатия и шифрования информации путем криптостойкого преобразования двумерной функции в одномерную [22]. В СамГТУ совместно с институтами С6О РАН получены значительные результаты в области методологии функционализации изображений применительно к задаче определения ориентации АМП по изображениям окружающей сцены [23].

3. Оптические и волоконно-оптические технологии – радикальный способ снижения энергопотребления и заметности АМП.

Оптические телекоммуникационные системы в видимом (Visible Light Communications - VLC) и инфракрасном (Infrared Communication - IrC) диапазонах - одно из многообещающих направлений при формировании мультиагентных сетей из АМП [24 - 26]. Оптические ТМС (ОТМС), основанные на лазерных технологиях, могут передавать информацию на два-три порядка быстрее, чем лучшие перспективные РТМС. Бортовые ОТМС, основанные на маломощных полупроводниковых лазерах, имеют значительно меньшую вероятность обнаружения противником, весят на 30-50% меньше, и потребляют значительно меньше энергии. Помимо увеличения битрейта создаются возможности для создания «Малой операционной группы ситуационной осведомленности» (Small Unit Operations Situational Awareness - SUO SAS) с адаптивной пропускной способностью. Динамическое изменение параметров ОТМС и узлов управления позволит пользователям сохранять низко-, средне- или высокоскоростные соединения в зависимости от складывающейся обстановки. Недавно в IBM Research разработан нанофотонный лавинный фотодетектор (NAP), который может получать оптические информационные сигналы с  $r_b=40$  Гбит/с и одновременно усиливать их в десять раз. NAP работает от напряжения питания 1,5 В, т.е. в 20 раз меньше, чем обычные ЛФД [27]. Специалисты из UC Davis анонсировали новую технологию сверхширокополосной оптической связи на основе управления интенсивностью и фазой светового сигнала, в которой реализуется

разложение цифрового сигнала на спектральные составляющие. Максимально достижимая скорость составляет до 100 Тбит/с [28].

Пассивные датчики мониторинга с низкой демаскирующей сигнатурой имеют важное значение для повышения малозаметности БЛА. Прогресс отмечается в следующих направлениях – гиперспектральное наблюдение (Hyper-spectral Imaging - HSI), лазерный радар (Laser Radar - LADAR) в сочетании с РЛС с синтезированной апертурой антенны (Synthetic Aperture Radar) для обнаружения движущихся целей (Moving Target Indicator).

Бурное развитие технологий: волоконно-оптической передачи информации способствует развитию оптоволоконной измерительной техники, удешевлению и миниатюризации устройств. При этом волоконно-оптические датчики (ВОД) в составе бортовых телемеханических систем в полной мере соответствуют требованиям к жестким условиям эксплуатации, а именно, на помехозащищенность, надежность, точность и пр. [29]. Одно из направлений в продвижении ВОД для миниАМП – интегрированные с РТМС (ОТМС) и микро-опто-электрическими исполнительными системами – МОЭМС (Micro-opto-electromechanical systems - MOEMS) мультисенсорные волоконно-оптические сети [30]. МОЭМС обеспечивают выполнение различных функций за счет управления оптическим сигналом или преобразования оптического воздействия с помощью электромеханического устройства. Достижения в области опто- и нанотехнологий позволяют реализовать прокладку волокна с радиусом изгиба  $\sim 7$  мм, транспортировать по нему энергетические световые потоки для исполнительных устройств [31]. Вариант построения интегрированной мультисенсорной телеметрической системы АМП на основе МОЭМС, ВОД и волоконно-оптических каналов передачи данных показан на рис. 5 [32].



Рис.5. Интегрированная телеметрическая система АМП

Существенную нишу начинают занимать ВОД с закрытым оптическим каналом, основанные на рециркуляции импульсов в измерительном контуре [33]. Часть контура рециркуляции – оптическая, часть – электрическая. В системе используются лавинные фотодиоды или PIN-фотодиоды. Основной причиной изменения оптического пути, т. е. периода и частоты

рециркуляции сигнала, является изменение коэффициента преломления и удлинение сенсорного участка ОВ вследствие воздействия измеряемого параметра на волокно или нанесенное на него редуцирующее покрытие. Структура позволяет вводить опорный канал, реализовывать дифференциальные измерительные схемы, формировать сложные оптические контуры с волновым мультиплексированием для измерений разных величин, использовать отрезки специальных ОВ в качестве сенсоров и др. В результате возможно достижение высокой стабильности измерений, разрешающей способности, зависящей от ширины импульса и длины ОВ, большого динамического диапазона, определяемого коэффициентом деформации ВОС.

Для формирования мультисенсорных сетей наиболее эффективным представляется спектрально-временное разделение ВОС в общем контуре рециркуляции (рис.6). Каждый измерительный контур по параметру  $\alpha_i$  функционирует на индивидуальной длине волны  $\lambda_i$  (наборе волн), для чего сформирован блок источников излучения (БИИ), согласованных с узкополосными интерференционными фильтрами (УИС) сенсоров. Для надежного разделения импульсов во времени между ВОС вводятся оптические линии задержки (ЛЗ). Задержанные на разное время импульсы через оптический демультиплексор (ОДМ) направляются на фотоприемное устройство (ФПУ), с выхода которого электрические импульсы через коммутатор и пороговое устройство (ПУ) поступают на цифровые частотомеры (ЦЧМ) и формирователь импульсов (ФИ) для соответствующих источников излучения. В контроллере формируются цифровые коды измеряемых величин. Такая структура позволяет формировать высоконадежные бортовые телемеханические сети, измеряющие разнообразные физические величины.

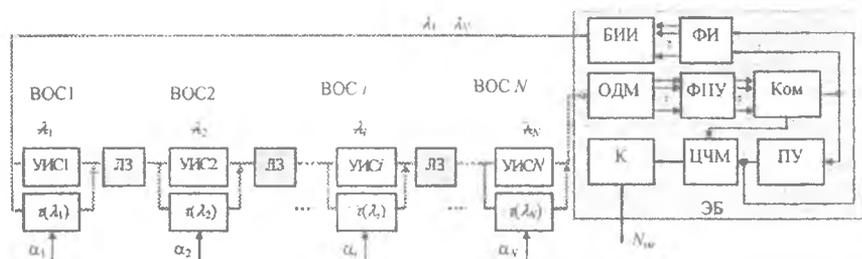


Рис. 6.. Бортовая рециркуляционная мультисенсорная ТМС на основе ВОД

Применение оптического волокна для передачи сигналов изначально предполагает функциональное резервирование каналов для последовательно-параллельного соединения сенсоров, функционирующих в различных участках спектра светового потока осветителя. Это означает, что в спектре имеется ряд резервных поддиапазонов и каналов, которые могут

использоваться для снятия информации от двух и более сенсоров, обслуживающих один объект измерения.

#### Список использованных источников

1. <http://trs-new.jpl.nasa.gov/dspace/bitstream/2014/14514/1/>
2. <https://www.cnrc.navy.mil/navycnrc/groups/public/>
3. <http://www.aviaport.ru/digest/2006-2010/>
4. <http://bp-la.ru/>
5. <http://forums.airbase.ru/2009/12/t54451--avtomaticheskie-i-upravlyaemye-neobitaemye-podvodnye-apparat.6411.html>
6. <http://www.youtube.com/watch?v=9хupOQSvns>
7. Завершинский И.П., Коган Е.Я., Кнестяпин В.Н. Нелинейный критический слой в неравновесном газе // Теплофизика высоких температур, 2008. Т.46. № 2. С.262-270.
8. [http://www.uav.ru/articles/mav\\_abroad.pdf](http://www.uav.ru/articles/mav_abroad.pdf)
9. [http://www.militaryparitet.com/perevodnie/data/ic\\_perevodnie/783/](http://www.militaryparitet.com/perevodnie/data/ic_perevodnie/783/)
10. <http://www.mqxshow.com/Public/About/index.cfm>
11. Блинов А., Гамкрелидзе С. и др. Датчики нового поколения для вооружения и военной техники / Электроника: наука, технология, бизнес. – 2003, №2.
12. <http://www.globalsecurity.org/security/systems/hanaa.htm>
13. <http://www.simmtester.com/page/news/shownews.asp?num=12662>
14. <http://digester.ru/Cluster.aspx?uid=2010051420Hitech&id=0&rc=41&pid=2010051420>
15. <http://dl30.4tivo.com/download/4123>
16. <http://www.smart-material.com/>
17. <http://www.eng.buffalo.edu/~weifeng/publication.html>
18. Леонович Г.И., Логвинов Л.М. Космические и наземные системы радиосвязи и сети телерадиовещания. - Самара: Изд-во Сам. научн. центра РАН, 2008. - 332 с.
19. Мелентьев В.С., Батищев В.И., Леонович Г.И. Оценка погрешности определения среднеквадратического значения сигнала, обусловленная несоответствием гармонической модели виду реального сигнала/ Известия Самарского научного центра РАН. 2009, №3. т. 11. - С. 90-93.
20. <http://www.fcc.gov/sptf/reports.html>.
21. Sergeev V.V., Timbay E.I. Universal method for controlling maximum errors in image compression // Pattern Recognition and Image Analysis. Advances in Mathematical Theory and Applications, 2008, Vol. 18, No. 4, pp. 691–69320ф.
22. Abramochkin E. and Volostnikov V. Spiral-type beams: optical and quantum aspects // Optics Comm., 1996, v.125, pp.302-323.
23. <http://www.centrmag.ru/iindex.php?book2=800141&pag=31>
24. <http://cictr.ce.psu.edu/workshop-owa/>
25. <http://www-ee.stanford.edu/~jmk/research/fso.html>
26. [http://nvo.ng.ru/armament/2010-05-14/8\\_robots.html](http://nvo.ng.ru/armament/2010-05-14/8_robots.html)
27. <http://green.blorge.com/2010/03/ibms-new-nano-device-promises-energy-efficient-extremely-fast-computers/>
28. <http://www.sciencedaily.com/releases/2010/03/100301165744.htm>
29. <http://www.opticalfibersensors.org/>

30. <http://www.sintef.no/Home/Information-and-Communication-Technology-ICT/Microsystems-and-Nanotechnology/Competence-and-services-/Micro-electro-mechanical-systems-MEMS/Micro-opto-electro-mechanical-systems-MOEMS/>

31. <http://popnano.ru/news/show/1789>

32. Леонович Г.И., Гречишников В.М., Лукин А.С., Ливочкина Н.А. Мультисенсорные волоконно-оптические преобразователи транспортных систем/ Известия Самарского научного центра РАН. Специальный выпуск «Перспективы и направления развития транспортной системы», 2007.-С. 95 - 99.

33. Леонович Г.И., Ливочкина Н.А. Сенсорные сети на основе волоконно-оптических датчиков с рециркуляцией оптических импульсов/ Тезисы Всеросс. конф. по волоконной оптике/Научн.-техн. журнал «Фотон-экспресс».№6(78)//Москва-Пермь, октябрь 2009.-С. 239-240.

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ РЭС С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОМИТАТОРА МНОГОСЛОЙНОГО ПЕРСЕПТРОНА**

С.В. Елизаров, М.Н.Пиганов

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

В докладе рассматривается решение вопросов прогнозирования показателей надежности радиоэлектронных средств (РЭС) с помощью нейросетей. Разработана методика прогнозирования, реализованная в программном комплексе, приведены результаты обработки выборов РЭС.

Современные радиоэлектронные средства (РЭС) представляют собой сложный комплекс взаимосвязанных элементов. Выход «из строя» одного из них может привести к потере работоспособности всего устройства, что приведет к серьезным материальным затратам, поэтому целесообразно предупреждать отказы, нежели расплачиваться в будущем за неисправное устройство. Это материально обосновано. Есть много направлений предупреждения отказов. Одним из эффективных является классификация изделий по уровням качества и прогнозирование их отказов и надежности.

В настоящее время для решения задач классификации и прогнозирования представляет интерес использование нейроматематики. Наиболее часто используемой архитектурой нейросети является многослойный персептрон, который представляет собой обобщение однослойного персептрона. Основными достоинствами многослойного персептрона являются простота в использовании, гарантированное получение ответа после прохода данных по слоям, хорошо апробированные и широко применяемые алгоритмы обучения, способность моделирования функции любой степени сложности. Для решения задачи прогнозирования была выбрана сеть со структурой, представленной на рис.1.

Выбранная сеть состоит из ряда входных узлов, которые образуют входной слой, нескольких скрытых слоев вычислительных нейронов и