

ДАТЧИКИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ ВООРУЖЕНИЙ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ

Эффективное использование оружия требует наличия своевременной (от долей секунды до минут) и детальной информации как о целях, так и о состоянии и готовности систем оружия. Цели должны быть опознаны, их местоположение и перемещение должны измеряться с высокой точностью, с выявлением наиболее уязвимых мест и т.д. Аналогично, для прицеливания и наведения систем оружия необходимо постоянное поступление детальной информации об этих системах — их состоянии, положении, характеристиках, а также о параметрах окружающей среды. Требуемая информация может быть получена только в результате измерения всех необходимых физических параметров, что позволяют делать датчики.

Создание современных и перспективных систем вооружений и военной техники (ВВТ) базируется на критических технологиях, и из 15 наиболее важных направлений их использования два непосредственно связаны с техникой измерения — это, во-первых, информационные системы и датчики и, во-вторых, навигационные системы.

Как известно, термин "датчики" охватывает широкий диапазон технологий и устройств — от простых и старомодных, как, например, непосредственное измерение локальной температуры с помощью терморпары, до новейших — обнаружение и регистрация биологических веществ с помощью миниатюрного масс-спектрометра, в том числе и до таких сложных, как системы формирования изображений для всех погодных условий с использованием РЛС. Во всех случаях при любых типах датчиков взаимодействие между датчиком и локальной физической окружающей средой приводит к генерации соответствующего сигнала, интерпретация которого путем обработки, синтеза данных и т.п. в конечном итоге обеспечивает получение нужной информации.

Измерения электрических и неэлектрических величин базируются на использовании различных физических законов и явлений. Специалистам известны около 400 физических явлений, которые могут быть положены в основу создания средств измерений. В таблице приведена информация об универсальности некоторых наиболее широко используемых принципов действия датчиков в ВВТ.

Современный этап развития ВВТ характеризуется непрерывным ростом требований к эффективности контроля и диагностирования их технического состояния, от которых все в большей степени зависят эффективность и боеготовность самих ВВТ. Необходимость поддержания высокой надежности и безаварийности сложных ВВТ вынуждает разработчиков увеличивать число контролируемых параметров и, как следствие, применять множество разнообразных датчиков физических величин. Например, на многооразовой космической системе



А.Блинов,
С.Гамкрелидзе, М.Критенко,
Д.Лебедев, Е.Мокров

"Буран" использовалось до 3000 датчиков (из них около 25% датчиков давления, 40% датчиков температуры), на летательных космических и авиационных аппаратах число датчиков составляет от 250 до 2000 в зависимости от типа объекта.

Одновременно актуальным становится совершенствование метрологического обеспечения ВВТ, основная задача которого — достижение необходимой точности, достоверности и своевременности измерения параметров. Здесь следует заметить, что в настоящее время основная погрешность средств контроля и диагностирования по любому параметру ВВТ определяется погрешностью работы датчика, так как современные средства передачи и обработки информации имеют существенно более высокую точность, чем датчики.

Роль датчиков, таким образом, является определяющей в любой измерительной системе. От их характеристик все в большей мере зависит надежность и боевая эффективность различных видов оружия. Технический облик датчиков в значительной степени влияет на технический уровень самих средств контроля и диагностирования ВВТ, на степень их унификации. В частности, создание датчиков с цифровым выходом в корне может изменить облик этих средств. Поэтому развитие и совершенствование парка современных датчиков можно выделить как одно из важнейших направлений повышения эффективности ВВТ.

Для современного состояния парка датчиков характерно, что потребность в них со стороны ВВТ привела к созданию избыточной номенклатуры серийно выпускаемых датчиков. Сегодня она превышает 560 типов, а с учетом модификаций — 4 тыс. При этом утвердилась практика создания датчиков для потребности каждой области техники, как правило, своими силами. Такой подход обуславливает получение неполных результатов и невысокий уровень унификации, что не позволяет широко использовать одни и те же датчики на различных образцах ВВТ, практически игнорируя общность физической природы широкого класса объектов ВВТ. В определенной степени данная ситуация обусловлена жесткой привязкой тактико-технических характеристик к параметрам ВВТ, однако главная причина сдерживания развития парка датчиков — отсутствие единой технической политики.

Особенно высокая потребность ощущается в датчиках для измерений переменных и импульсных давлений, механических напряжений, линейных и угловых ускорений, угловых скоростей, угловых положений, температуры поверхности, переменных расходов жидкостей, газов и т.д. Остро стоит вопрос о массогабаритных показателях датчиков и их стойкости к внешним воздействиям.

Возникает и необходимость разработки датчиков, совместимых с ЭВМ по виду и диапазону выходных сигналов, точности, скорости передачи информации и другим параметрам. Общая тенденция совершенствования таких датчиков — интеллектуализация, предполага-



Принципы действия датчиков – частота применяемости

Принцип действия	Физическая величина																
	Давление	Усилие	Положение (в пространстве без механической связи)	Перемещение	Скорость (линейная)	Ускорение	Вибрация	Близость (без механической связи)	Температура	Состав и раздел сред	Обороты	Деформация	Координаты точки (без механической связи)	Угловая скорость	Углы скольжения и атаки	Влажность	Расход
Емкостный	●	●	○	●	-	●	○	●	○	○	-	○	○	-	○	-	-
Пьезоэлектрический	○	○	-	-	-	○	●	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Дифференциально-трансформаторный	○	○	○	●	○	○	○	●	-	-	-	○	-	-	○	-	-
Термопарный	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-
Тензорезистивный	●	●	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-	○	○	-
Потенциометрический	○	○	-	●	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-
Токовихревой	○	-	○	○	○	-	-	●	-	-	○	○	-	-	○	-	-
Термисторный	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-
Эффект Холла	-	-	○	●	○	-	-	●	-	-	●	-	○	-	○	-	-
Пьезорезистивный	●	●	-	-	-	●	●	-	-	○	-	○	-	-	○	○	-
Волоконно-оптический	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-
Магниторезистивный	-	-	○	○	-	-	-	●	-	-	○	-	○	-	○	-	-
ПАВ	○	○	-	-	-	○	○	-	-	-	○	-	-	-	○	-	-
Пьезорезонансный, резонансный	●	●	-	-	-	●	-	-	○	-	-	-	-	○	-	○	-
Индукционный	-	-	-	-	●	-	○	-	-	●	-	-	-	○	-	-	-
Эффект Виганда	-	-	-	-	-	-	-	-	-	●	-	-	-	○	-	-	-
Эффект Матусси	○	○	-	-	-	○	○	-	-	-	-	○	-	-	○	-	-
Лавинный пробой в полупроводниковых рп- переходах	○	○	○	○	-	-	○	○	○	-	●	-	○	○	-	-	○
Эффект Виллари	○	○	-	○	-	●	●	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-
Туннельный эффект	○	○	-	-	-	●	●	-	-	-	-	-	-	○	○	○	○

Примечание: "○" – используется; "●" – использование предпочтительное; "-" – использование нецелесообразно

среднем производство микроэлектронных датчиков в таких странах, как США, Япония и Германия, возрастает за год в 1,5–2 раза.

За рубежом высокими темпами ведется разработка и внедрение в военную технику волоконно-оптических датчиков, которые, кстати, применяются в космической системе многоразового использования SpaceShuttle и др. Темпы продажи таких датчиков в США ежегодно возрастают на 10%. На рис. 1 представлено развитие мирового рынка датчиков по областям применения. Как видно, суммарный рынок датчиков общего применения увеличится с 1998 года с 27,6 млрд. до 35,9 млрд. долл. к 2003 году и до 43,0 млрд. долл. к 2008 году.

Структура распределения мирового рынка датчиков по странам за 1998 и 2008 год приведена на рис.2.

Развитые страны проблем и перспективам развития

ющая конструктивное объединение их с устройствами предварительной обработки информации (микропроцессорами). Подобные датчики позволят использовать мультиплексные каналы информационного обмена между датчиками и ЭВМ, регистрирующими и исполнительными устройствами. Особенность такого подхода – попытка получить унифицированные средства контроля и диагностирования широкого класса сложных объектов ВВТ.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ДАТЧИКОВ

Перспективы развития датчиков определяются прогрессивными технологиями их производства. В США полупроводниковые интегральные датчики составляют до 60% общего объема их выпуска. В

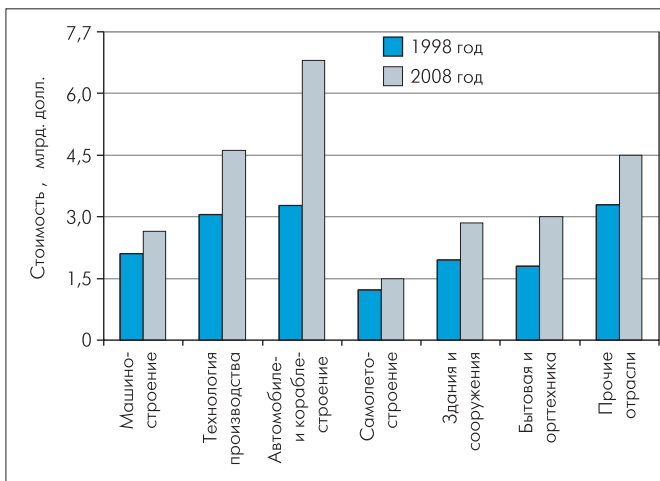


Рис. 1. Развитие мирового рынка датчиков до 2008 года по областям применения

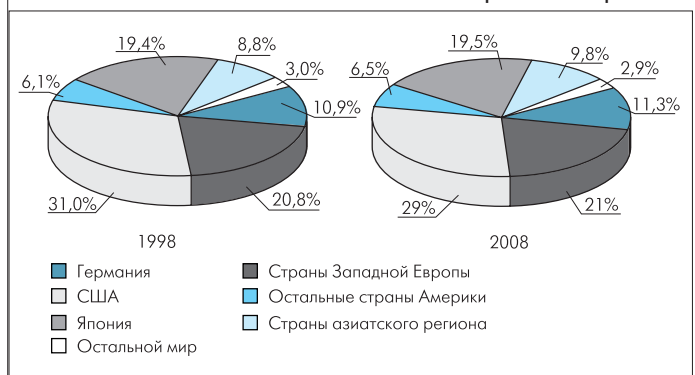
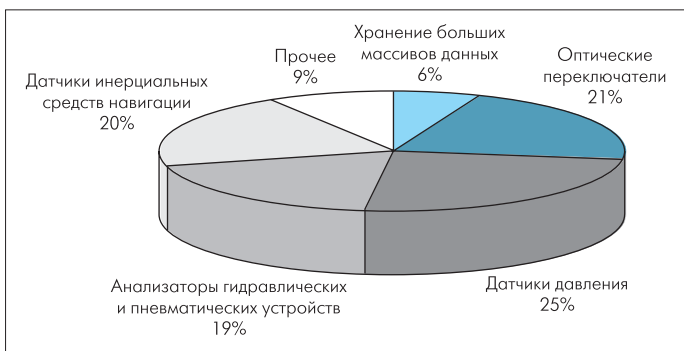


Рис.2. Структура распределения мирового рынка датчиков по странам

контрольно-измерительной техники придают первостепенное значение. Например, Министерство исследований и технологий Франции готовит программу изучения долгосрочных перспектив развития техники контроля и измерений до 2060–2100 гг. Планируемые Министерством исследования должны дать картину современных возможностей техники измерений и определить объекты и методы измерений будущего. Предполагается провести исследования по более чем 20 направлениям, охватывающим широкий спектр проблем – от анализа функциональных основ метрологии до оценки влияния измерений на экономику.

Создание систем датчиков для различных видов техники и особенно ВВТ, отвечающих современным требованиям, должно базироваться на критических технологиях и их элементах. Это:

- системы искусственного интеллекта и виртуальной реальности;
- системы математического моделирования;
- микросистемная технология;



- лазерные технологии;
- прецизионные технологии;
- электронно-ионно-плазменные технологии;
- материалы со специальными свойствами.

Основные задачи, которые следует решить при создании новых датчиков, — это повышение быстродействия, точности измерений, термоустойчивости в расширенном диапазоне температур, виброустойчивости, помехоустойчивости, надежности, пожаро- и взрывобезопасности, расширение диапазонов измерений, увеличение дистанционности измерений, увеличение ресурса работы, снижение энергопотребления, массы и габаритов, обеспечение сопряжения систем измерения с ЭВМ, широкой унификации и стандартизации по посадочным размерам, выходным сигналам, схемам внешних соединений, снижение затрат на обслуживание и эксплуатацию.

Особенно перспективны по метрологическим и эксплуатационным характеристикам датчики, создаваемые на базе технологии микросистем, или микроэлектромеханических систем (МЭМС)*. Это направление сформировалось в 70–80-е годы, но освоение промышленного производства МЭМС началось только в конце 90-х. Преимущества МЭМС состоят в использовании в качестве базового материала кремния, в сходстве процессов изготовления с полупроводниковыми ИС, в активном использовании третьего измерения, в интеграции электрических и оптических связей с механическими, в новизне, конкурентоспособности, потенциальной инвестируемости на этапе разработки, тиражируемости, в низкой материалоемкости и энергоемкости, в широком рынке потребления.

Исключительная миниатюрность отдельных чувствительных элементов МЭМС-датчиков позволяет интегрировать их в многофункци-

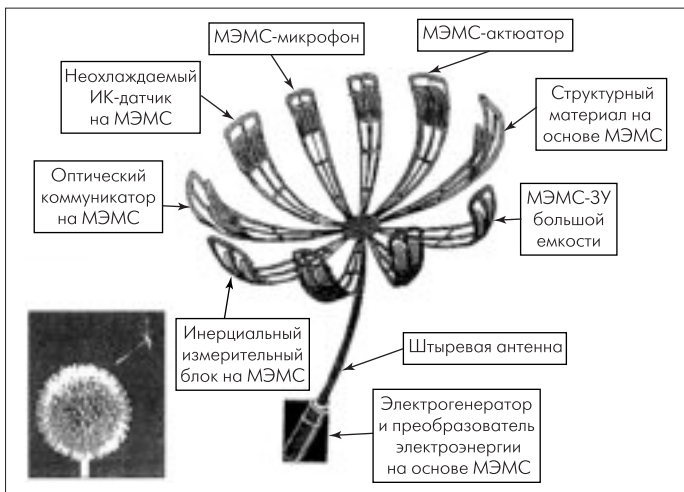


Рис.4. Бортовой микродатчик

* ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 1998, №5–6, с.55–59 и 2002, №4, с.8–13.

ональные модули, рассредотачивать в виде нейросети и как бы органически вписывать по всему профилю или объему изделия, узла или детали.

Наибольший результат можно ожидать от МЭМС, встраиваемых в системы автоматического контроля различных видов ВВТ. Такое применение МЭМС кроме снижения эксплуатационных расходов позволит значительно повысить коэффициент боевого использования систем вооружения и срок их непрерывной службы.

Большие преимущества таит в себе переход к непрерывному контролю основных параметров механических узлов наземных подвижных средств, самолетов и систем вооружения. Контролю подлежат трансмиссии, двигатели, системы охлаждения, подшипники, сочленения, валы, узлы, структуры и т.п. Каждая система (подсистема, узел) должна содержать несколько встроенных МЭМС, контролирующих основные компоненты и места их сочленений. По оценке специалистов, каждая система вооружения и единица военной техники (танк, БМП, БТР, вертолет, самолет и т.д.) должны содержать минимум по 50 встроенных МЭМС автоматического контроля.

В последнее время объем мирового производства МЭМС стремительно растет. По некоторым оценкам, в 2000 году он достиг уровня 12–14 млрд. долл. (рис.3), а ежегодный прирост составляет 10–20 %. В ближайшем будущем объем производства МЭМС может составить порядка 100 млрд. долл.

Интересны примеры радикальных технических решений по МЭМС в США. Акселерометры на базе МЭМС повышают точность перспективных снарядов высокой кинетической энергии, выдерживая ускорение свыше 70000 g. Один из образцов таких снарядов – противотанковый боеприпас калибра 120 мм M830A1 HEAT (High Energy Anti-Tank). Его датчики-акселерометры обеспечивают измерение ускорения как при нахождении снаряда в стволе оружия, так и на траектории полета к цели. Кроме того, датчики измеряют ускорение и вибрацию в двух ортогональных плоскостях.

Трехосевые акселерометры на базе МЭМС были испытаны при стрельбе из гаубицы M256 калибра 120 мм при ускорении 47000 g. Компоненты приборного отсека нормально работали при таких условиях, передавая телеметрическую информацию на КП в течение 90 мс. Трехосевые акселерометры откалиброваны в пределах 25–50 g.

Кроме акселерометров в боеприпасы могут устанавливаться датчики температуры метательного заряда, от которой, как известно, зависит скорость горения топлива и скорость снаряда на выходе из ствола орудия. В научно-исследовательском центре ARDEC исследуются также встраиваемые устройства телеметрии, обеспечивающие дуплексную радиосвязь с наземным пунктом управления, что позволяет увеличить точность поражения целей на максимальной дальности действия снаряда.

Интерес представляет и бортовой микродатчик (рис.4).

НОВЫЕ СПЕЦИАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ДАТЧИКОВ

Развитые страны в своей научно-технической политике уделяют особое внимание проблемам разработки материалов с новыми свойствами, поскольку они служат базовым элементом для создания новейших образцов гражданской и военной техники. В данной сфере НИОКР особая роль принадлежит государственному регулированию. Исследования и разработки в области материаловедения осуществляются на стыке многих отраслей знаний и в рамках множества проектов по созданию новых видов техники, непосредственно не направленных на решение проблем данной области. Поэтому здесь особенно важно обеспечение максимальной эффективности, активной организационной и координирующей государственной поддерж-



ки. Перспективные материалы переместились в фокус научно-технической политики государства в связи с решающим значением, которое приобрели в последние годы высокие технологии для обеспечения конкурентоспособности продукции ведущих стран. В современных экономических условиях технологии новых материалов составляют группу базовых высоких технологий.

Следует заметить, что успехи в датчикостроении за последние 20 лет достигнуты в основном за счет специальных материалов, технологий их получения и обработки. К настоящему времени принято подразделять материалы для датчиков на конструкционные, функциональные и интеллектуальные. Последние характеризуются

способностью адаптивно изменять свои свойства под действием различных факторов окружающей среды и управляющих воздействий и восстанавливать свойства после прекращения их действия. По сути дела – это композиты, составляющими которых могут быть сплавы с памятью формы, магнитострикционные сплавы, магнитные и вязкие жидкости, электролюминесцентные материалы, пьезоэлектрики, бифункциональные сополимеры, электропроводящие полимеры. На основе интеллектуальных материалов уже реализуются изделия, состоящие из слоев в один или несколько атомов, выполняющие функции датчика, процессора и исполнительного органа. ○