

СОСТОЯНИЕ, ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РАЗВИТИЯ ДАТЧИКОСТРОЕНИЯ НА 2006—2015 гг.

Евгений Мокров, д.т.н., ФНПЦ ФГУП «Научно-исследовательский институт физических измерений», г. Пенза

Проведен анализ тенденций развития датчико-преобразующей аппаратуры. С учетом результатов исследований и рекомендаций институтов РАН определены приоритетные направления разработок ДПА нового поколения, в том числе в рамках Федеральной космической программы и программы «Датчики ВВТ».

РОЛЬ И ЗНАЧЕНИЕ ДАТЧИКОВОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

Современные датчики как источники информации определяют качество информационно-измерительных приборов и систем, управляющих сложными производственно-технологическими объектами, особенно в таких

наукоемких областях, как атомная энергетика, авиация, ракетно-космическая и военная техника (ВТ).

Из многих тысяч физических величин, параметров и характеристик, подлежащих контролю и измерению, особенно востребованы следующие:

- давление (абсолютное давление и разность, пульсация давления, акустическое давление, абсолютное давление, избыточное давление, дифференциальное давление);
- температура;
- ускорение линейное и угловое, вибрация, удары;
- перемещение линейное и угловое, обороты;
- расход объемный и массовый;
- уровень;
- деформация, сила, крутящий момент.

Относительная потребность в датчиках по основным физическим величинам представлена на рисунке 1 (по данным опроса, проведенного в 2005 г.).

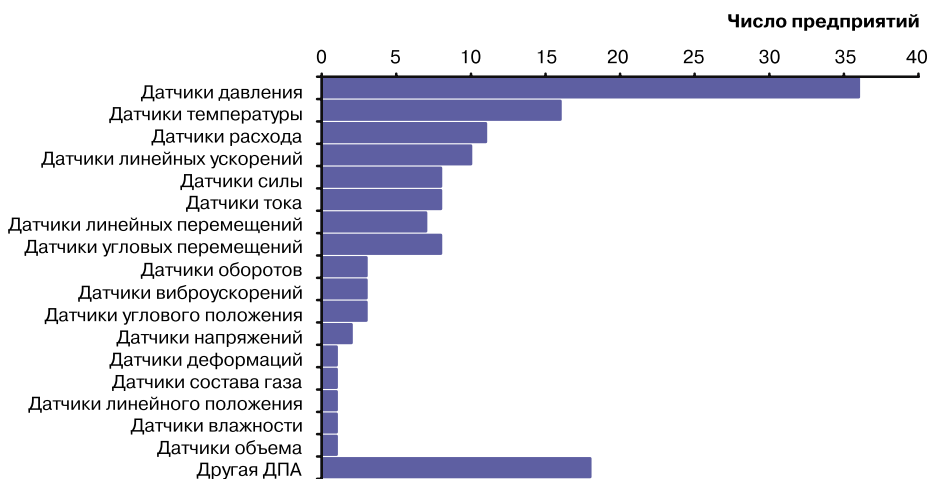


Рис. 1. Потребность предприятий ОПК в ДПА нового поколения

КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Из современных технологий по степени важности выделяют следующие: «Информационные системы», «Датчики и лазеры», «Материалы», «Механическая обработка», «Авиационные системы», «Системы наведения, навигации и управления» [The Military Critical Technologies List. DoD for 1996]. Обобщающая диаграмма уровней развития упомянутых критически важных технологий РФ и США приведена на рисунке 2.

На диаграмме можно заметить значительное отставание нашей страны по уровню развития критически важных технологий, в т.ч. технологий датчиков, что подтверждает исключительную актуальность развития датчикоостроения вообще и специального — особенно.

В то же время из сравнения отечественных датчиков с лучшими зарубежными можно сделать вывод, что по отдельным показателям отечественные датчики не уступают зарубежным, а по вибро- и ударостойкости — превосходят их. Отечественное приборостроение располагает также конструкционными и функциональными материалами (эливарные сплавы, разработанные ВИАМ, пьезо-керамические материалы); проблема состоит в трудности их производства. Особенно значительно отставание нашей страны по уровню электронных компонентов и критическим технологиям приборостроения, метроло-



Рис. 2. Сравнительный уровень критически важных технологий в России и США

Микроконтроллеры семейства SAM7



Серия AT91SAMS - малагабаритные корпуса (48 - 64 вывода)

Серия AT91SAMA - многоканальный CAN-контроллер

Серия AT91SAMSE - интерфейс SDRAM/NAND/CF

Серия AT91SAMX - интерфейс 10/100 Mbit EMAC

- Ядро ARM7, 55 МГц
- Flash (32-512 Кбайт)
- SRAM (8-64 Кбайт)
- Интерфейсы: SPI/USART/SSC/I2C
- Интерфейс USB-device (12 Mbps)



ОФИЦИАЛЬНЫЙ
ДИСТРИБЬЮТОР

ARGUSSOFT
www.argussoft.ru

Москва

Тел.: (495) 221-0130
Факс: (495) 221-0137
E-mail: cmp@argussoft.ru

Санкт-Петербург

Тел.: (812) 567-1849
Факс: (812) 567-1867
E-mail: spb@argussoft.ru

Новосибирск

Тел.: (383) 227-1155
Факс: (383) 222-4031
E-mail: nsk@argussoft.ru

Екатеринбург

Тел.: (343) 378-3242
Факс: (343) 378-3241
E-mail: ural@argussoft.ru

Большой ассортимент импортных и отечественных радиоэлектронных компонентов на складе в Москве

Низкие цены, гарантированное качество



ЭЛЕКТРОННАЯ КОМПАНИЯ ZIP

121471, Россия, Москва, ул. Петра Алексеява,
12. Тел.: +7 (495) 740-4980, 720-5102
www.zip-2002.ru e-mail: info@zip-2002.ru

Каталог электронных
компонентов высылаем по запросу (бесплатно)

ОПТОНИКА

Участник выставки
ЭкспоЭлектроника-2007

СТЕНД
А30

МОШНЫЕ СВЕТОДИОДЫ "ПИРАНЬЯ"

СВЕТОВОЙ ПОТОК БОЛЕЕ 5 ЛЮМЕН
УГОЛ ОБЗОРА 120 ГРАДУСОВ



EOL EXCELLENCE OPTO. INC.

LUMILEDS

OSRAM Opto Semiconductors

Agilent Technologies

Kingbright

NICHIA

MSI SEMICONDUCTOR CO., LTD.

COTCO

(095)961-26-91; www.optonika.ru, optonika@aha.ru

гическому обеспечению.

НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ДАТЧИКОВ НА ОСНОВЕ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Анализ развития датчиков и приборов на их основе показывает:

- возможности выполнения задач, решаемых военной, ракетно-космической и другими видами техники в значительной степени зависят от эффективности использования датчиков. В будущем эта зависимость увеличится с ростом потребности в получении больших объемов высококачественной информации и развитии технологии датчиков в направлении повышения их функциональных возможностей;

- важнейшим направлением развития датчиков является использование микроэлектромеханических систем (MEMS). Они сочетают преимущества по надежности, миниатюризации, многокомпонентности и высокой степени интеграции. Интеграция электрических и механических компонентов дает особенно большие преимущества именно в датчикостроении;

- к важнейшим общим технологиям датчиков относятся технологии полупроводников, сверхпроводников,

цифровые, компьютерные технологии и алгоритмы и программы обработки информации;

- наиболее очевидной общей тенденцией в развитии датчиков является все более возрастающая и доминирующая роль твердотельной технологии. Совершенствование датчиков будет следовать по тому же пути, что и твердотельная технология: миниатюризация, повышение быстродействия, снижение энергопотребления на функцию, повышение плотности и сложности монтажа приборов и реализации концепции интегральной сборки интегральных чувствительных элементов и модулей датчиков и, естественно, снижение их стоимости;

- в течение нескольких последующих десятилетий станет возможным внедрение чувствительных элементов уровня микро- и даже наномасштаба в конструкции датчиков, компьютеров и исполнительных механизмов;

- характерной тенденцией в современной технологии систем датчиков является одновременное использование большого числа источников информации — в том числе, при помощи пространственно рассредоточенных датчиков одного типа, либо системы одиночных датчиков, обеспе-

чивающих восприятие и преобразование информации о множестве физических величин;

- по мере уменьшения габаритов датчиков и вычислительных средств, а также энергопотребления и стоимости при одновременном наращивании возможностей все ярче будут проявляться тенденции к объединению их в суперкомплексы распределенных взаимосвязанных элементов. Открываются новые возможности для получения сигналов с большими объемами информации, увеличения производительности ЭВМ, повышения надежности и отказоустойчивости. В конечном итоге многофункциональные миниатюрные датчики будут компоноваться в одном корпусе с бортовыми встроенными вычислительными схемами, образуя мини-системы в одном корпусе;

- развитие цифровых устройств первичного преобразования является наиболее важным фактором, который окажет влияние на технологии датчиков в обозримом будущем. Преимущество цифровой обработки сигналов является определяющим.

Отдельно остановимся на необходимости ускоренного развития датчиков с цифровым выходом. В ближайшем будущем практически все датчики станут цифровыми. В подтверждение этого приведем сравнительные данные для цифровых (интеллектуальных) и аналоговых датчиков давления (см. табл. 1) [1]. Анализ представленных в таблице 1 данных подтверждает неоспоримые преимущества цифровых датчиков.

Совершенствование всего многообразия современных датчиков, и особенно датчиков нового поколения, базируется на внедрении наиболее важных отечественных и зарубежных достижений в приборостроении, в т.ч. научных результатов фундаментальных исследований институтов РАН.

Нам представляется, что наиболее значимыми и первоочередными для внедрения в датчиковое приборостроение являются научные результаты, перечисленные в таблице 2.

Обобщая результаты проводимых исследований и разработок, в т.ч. представленных в таблице 2, можно на 10–15 лет прогнозировать существенный рост основных технических характеристик датчиковой аппаратуры по таким показателям, как:

- увеличение чувствительности по отдельным физическим параметрам на 3–4 порядка;

- снижение массо-габаритных характеристик и энергопотребления на 1–2 порядка;

Таблица 1. Сравнение цифровых и аналоговых датчиков давления

Требования к датчикам	Аналоговые датчики	Интеллектуальные датчики с HART-протоколом
Линеаризация выходной характеристики	Трудно добиться	Программируемая настройка во всем диапазоне
Метрологические характеристики	Низкие	Высокие
Стабильность характеристик во времени	Не нормируется	Нормируется в пределах погрешности в течение 12 мес.
Определенные динамические характеристики	Нерегулируемые, определяются конструкцией	Регулируемое время демпфирования
Минимизация влияния внешних факторов (температуры, угла наклона, вибрации и т.п.)	Зачастую влияние сказывается существенно	Уменьшено влияние эксплуатационных факторов
Устойчивость к воздействиям измеряемой среды	Зависит от материала конструкции	Зависит от материала конструкции
Интеграция в современные АСУТП	Ограниченная	Широкая
Самодиагностика	Отсутствует	Постоянная
Оперативная информация о состоянии прибора	На уровне 0/1	Комплекс функциональных сообщений
Доступ к параметрам прибора	Отсутствует	Доступны значения переменных, единицы и диапазон измерений, индивидуальные параметры прибора
Удаленная настройка и конфигурирование	Отсутствует	Возможна с помощью коммуникатора или компьютера
Технологичность конструкции	Обычная	Автоматизированная технология
Взрывозащищенность	Возможна	Возможна
Возможность подключения на одной паре проводов нескольких приборов	Отсутствует	Возможно до 15 приборов
Удобство обслуживания	Неудобно	Связь с приборами из любой точки токовой сети
Стоимостные показатели	Удовлетворяющие потребителя на стадии покупки	Низкая стоимость владения и высокое качество выпускаемого продукта

СИЛОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

ELECTRONICON

Kondensatoren GmbH

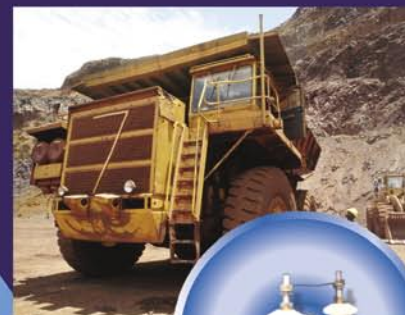


Силовые AC/DC-конденсаторы

Снабберные и демпфирующие



Коммутирующие
Фильтрующие
Накопительные и опорные
Импульсного разряда



GTO/IGBT - снабберные и демпфирующие

Собственная индуктивность < 10 нГн
Импульсная прочность



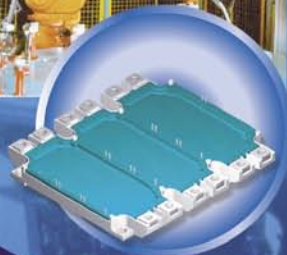
Транспортные IGBT модули

NPT³ технология
Напряжение от 1700 до 6500В
Диапазон токов от 650 до 2400 А



Six Pack IGBT модули

NPT³ технология
Встроенные SONIC™ диоды
Напряжение от 1200 до 1700В
Диапазон токов от 150 до 450 А



Модули IGBT E1, E2, E3

NPT, NPT³, Trench технология
Встроенные HyperFRED диоды
Напряжение от 600 до 1200В
Диапазон токов от 15 до 150 А



ОФИЦИАЛЬНЫЙ
ДИСТРИБЬЮТОР

ARGUSSOFT
www.argussoft.ru

Москва

Тел.: (495) 210-0130
Факс: (495) 221-0137
E-mail: cmp@argussoft.ru

Новосибирск

Тел.: (383) 227-1155
Факс: (383) 222-4031
E-mail: nsk@argussoft.ru

Санкт-Петербург

Тел.: (812) 567-1849
Факс: (812) 567-1867
E-mail: spb@argussoft.ru

Екатеринбург

Тел.: (343) 378-3242
Факс: (343) 378-3241
E-mail: ural@argussoft.ru

Таблица 2. Научные результаты, полученные в институтах РАН

Содержание (аннотация) научного результата	Институт РАН	Направления исследований и разработок и технический результат
Впервые в условиях динамического эксперимента измерено удельное сопротивление фуллерита C60 при нагружении до давления 200 кбар размытой ударной волной, позволяющей избежать разогрева. В результате в диапазоне давлений 100...200 кбар зарегистрировано резкое (за время 100 нс) уменьшение удельного сопротивления C60 на 7—8 порядков до величины, характерной для полупроводников.	ИПХФ РАН совместно с ИФТТ РАН	Создание нового класса высокочувствительных микроминиатюрных тензорезисторных (пьезорезисторных) датчиков различных физических величин и назначений. Чувствительность датчиков будет повышена более чем на 3—4 порядка, снижено энергопотребление, габариты и масса (на 2 порядка), стоимость снижена более чем в 10 раз за счет групповой технологии и низкой материалоемкости. Вибро- и удароустойчивость будет отвечать самым высоким требованиям.
Проведены исследования путей создания средств измерения импульсных давлений большой интенсивности на основе полимерных пьезоэлектрических преобразователей. Разработаны МО новых датчиков и систем измерения (на основе тонких пленок органического сегнетоэлектрика — поливинилденфторида) в условиях ударно-волнового нагружения. Записи профиля давления во взрывных экспериментах при помощи новых систем измерения и пьезокомпозиционных датчиков по информативности близки к лазерным интерферометрам.	ИПХФ РАН	Создание нового поколения датчиков ударно-волнового давления, не имеющих аналогов ни в нашей стране, ни за рубежом, отличающихся высокими потребительскими свойствами и техническим совершенством.
Проведены исследования с целью создания сверхтвердых материалов с полупроводниковыми свойствами на основе полимеризованных фуллеренов. Отличительные черты — прочность и стойкость к внешним воздействиям компонентов электронных приборов на основе этих материалов.	ИСп РАН	Датчики с повышенным быстродействием, уменьшенными на 2—3 порядка размерами, в 5—10 раз — энергопотреблением, и повышенной на 3—4 порядка лучевой стойкостью.
Проведены исследования и разработаны технологии создания одnorядных контролируемых слоев, технология создания диодных структур для детекторов жесткой радиации с целью создания элементов электроники с повышенной радиационной и термической (до 600...850°C) стойкостью для бортовой аппаратуры на основе многослойных алмазных структур. Предложена конструкция алмазного лавинно-пролетного диода, разработана технология алмазного транзистора.	ФИАН	Создание высокотемпературных радиационно-стойких электронных компонентов и на их основе — аналоговой и цифровой электронно-преобразующей аппаратуры для датчиков.
Разработаны чувствительные элементы на основе радиационно-стойких структур «кремний на изоляторе». Разработан технологический маршрут формирования КНИ-структур методом прямого термокомпрессионного соединения двух пластин кремния через диэлектрическую прослойку с последующим «уточнением» одной из них. Разработана конструкция КНИ ЧЭ, в основу которой положен полевой транзистор со встроенным каналом и двухзатворной вертикальной управляющей системой типа «металл–диэлектрик–кремний–диэлектрик–кремний–металл». Разработан КНИ МЧЭ, сочетающий возможности детектирования магнитного сигнала за счет эффекта Холла и усиления сигнала за счет полевого эффекта. Изготовлены образцы КНИ МЧЭ, которые обладают высокой магнитной чувствительностью (на 2 порядка выше, чем у кремниевых датчиков Холла) и рабочим током на порядок ниже. Диапазон рабочих температур КНИ ЧЭ: –270...300°C (у кремниевых –60...120°C).	ИПТМ РАН	Создание высокочувствительных датчиков магнитного поля нового поколения и новых датчиков Холла, обладающих в 100 раз большей чувствительностью, повышенной радиационной стойкостью (до 10 Мрад) и термоустойчивостью (до 300°C), не имеющих аналогов.

– увеличение быстродействия на 2—3 порядка;

– расширение диапазона эксплуатационных характеристик в 5—10 раз по основным воздействующим факторам, таким, как температура, вибрация, стойкость к электромагнитным и радиационным воздействиям;

– снижение себестоимости при освоении новых технологий и внедрении прогрессивного оборудования.

РОЛЬ И ЗНАЧЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ

Отдельно необходимо остановиться на проблеме материалов в датчиковом приборостроении.

Развитие датчиков любого назначения и физического принципа действия связано с созданием новых и совершенствованием традиционных конструкционных, функциональных и «интеллектуальных» материалов.

Для материаловедческой сферы НИОКР особое значение имеет государственное регулирование. Исследования и разработки в этой области осуществляются на стыке многих отраслей знаний и в рамках множества проектов по созданию новых видов техники, непосредственно не направленных на решение проблем материаловедения. Поэтому здесь особенно важно обеспечение

максимальной эффективности, активной организационной и координирующей поддержки со стороны государства.

В этой связи представляет интерес анализ научно-технической политики в области перспективных материалов, проводимой зарубежными странами с высоким научным и промышленным потенциалом, рассмотрение современных достижений и тенденций в развитии материаловедения.

Материалы для промышленного производства неизменно занимают важное место в научно-технической политике ведущих промышленно развитых стран.

Основные характеристики

Диапазон частот	GSM/GPRS 900/1800/1900
Передача данных	GPRS Class 10 B
• прием	до 53.6 кбит/с
• передача	до 26.8 кбит/с
Встроенные протоколы	TCP/IP, PPP
Интерфейс	RS232 - AT команды
Рабочая температура	-25°C...+75°C
Температура хранения	-40°C...+80°C
Модули сертифицированы	



Совмещенный GSM-GPS модуль

GSM	на базе SIM300
GPS Чипсет	SiRF Star III
Число каналов	20
Чувствительность	-159 ДБм в режиме слежения
Ток потребления	< 50 мА
Модуль сертифицирован	



SIM508

Четырехдиапазонный модуль с поддержкой EDGE

Диапазон частот	GSM/GPRS 850/900/1800/1900
Передача данных	
EDGE Class 12 B	
• прием-передача	236.8 кбит/с
GPRS Class 12 B	
• прием-передача	53.6 кбит/с
Встроенные протоколы	TCP/IP, PPP



SIM600

Отладочные и демонстрационные средства



SIM600EVB KIT



SIM508EVB KIT



SIM300DEVB KIT



SIM300D Test Sample



SIM300EVB KIT

В КАЖДЫЙ КОМПЛЕКТ ВХОДИТ:

- плата
- GSM антенна (GPS антенна для SIM508EVB KIT)
- В4 кабельная сборка, 10 см SMA(f)-GSC(f) (две штуки для SIM508EVB KIT)
- гарнитура
- адаптер питания 5 В
- кабель для подключения к ПК (две штуки для SIM508EVB KIT)
- модуль в комплект не входит

поддерживает модули SIM300D и SIM300C

переходная плата с питаемым модулем SIM300D

техническая поддержка • сопровождение проектов

Санкт-Петербург, ул. Калинина, 13
Тел.: (812) 325-3685
Факс: (812) 786-8579
e-mail: micro@mtgroup.ru

Московское представительство:
ул. Дубининская, д. 71, корп. 1
Тел.: (495) 237-8838

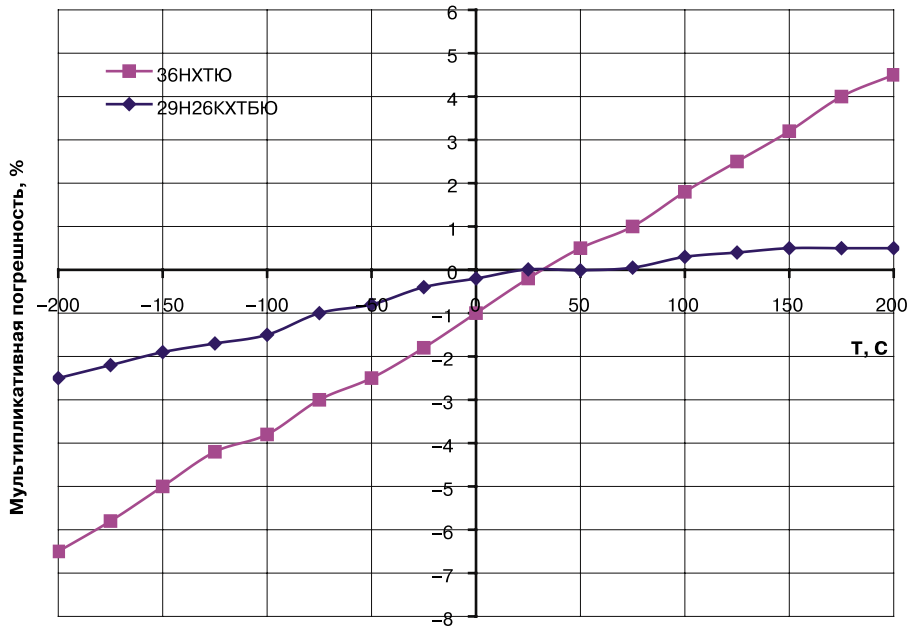


Рис. 3. Температурная зависимость мультипликативной составляющей погрешности емкостных прецизионных датчиков абсолютного давления, изготовленных из сплавов 36НХТЮ, 29Н26КХТБЮ

Выделению новых материалов в особый объект научно-технической политики способствовала та роль, которую они сыграли в развитии электроники, энергетике, авиационной и ракетно-космической техники. Окончательно перспективные материалы переместились в фокус этой политики в связи с решающим значением, которое приобрели в последние годы высокие технологии для обеспечения конкурентоспособности продукции ведущих стран. Высокотехнологичная (наукоемкая) продукция по объему продаж на мировых рынках значительно опережает сырьевые и энергетические ресурсы.

Материалы, применяемые в датчиках, должны обладать рядом специальных свойств, поэтому широко применяются самые различные сплавы металлов, особо чистые вещества, полимеры, керамика, специальные стекла, сапфир, кварц кристаллический и плавленый, кремний, нитрид и карбид кремния и многие другие материалы, в т.ч. жидкие.

На практике известны и находят все большее применение функциональные материалы в виде тонких пленок: сегнетоэлектрические, пьезоэлектрические, пироэлектрические, фотоэлектронные, с ионной и смешанной проводимостью, полупроводниковые, металлические тонкопленочные проводники, сверхпроводящие, магнитные, электрооптические, диэлектрические.

В классе функциональных материалов следует отметить достижения в области органических пьезоэлектриков и токопроводящих полимеров.

Примеры повышения технического уровня ДПА, разрабатываемой ФГУП «НИИФИ» за счет применения перспективных конструкционных и функциональных материалов и электронных компонентов, представлены на рисунках 4–5.

На рисунке 3 видно 3–5 кратное улучшение метрологических характеристик емкостных прецизионных датчиков абсолютного давления за счет применения нового элинварного сплава 29Н26КХТБЮ вместо сплава 36НХТЮ.

В датчике быстрого переменного давления ДПС 019 применен новый пьезоматериал ТНВ-1 вместо ЦТС-19 (датчик ЛХ-611М). Это позволило расширить температурный диапазон датчика ДПС 019 до 500°С и улучшить другие технические характеристики в 2–3 раза (см. рис. 4).

На рисунке 5 отражено значительное улучшение основных метрологических и эксплуатационных харак-

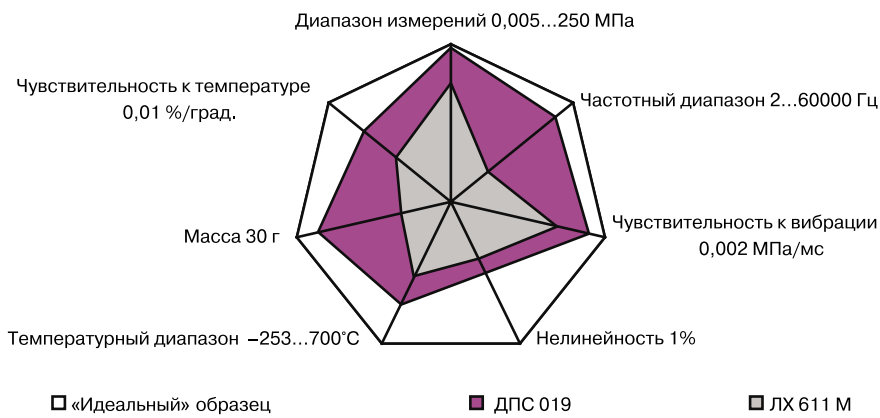


Рис. 4. Оценка технического уровня датчиков быстропеременных давлений

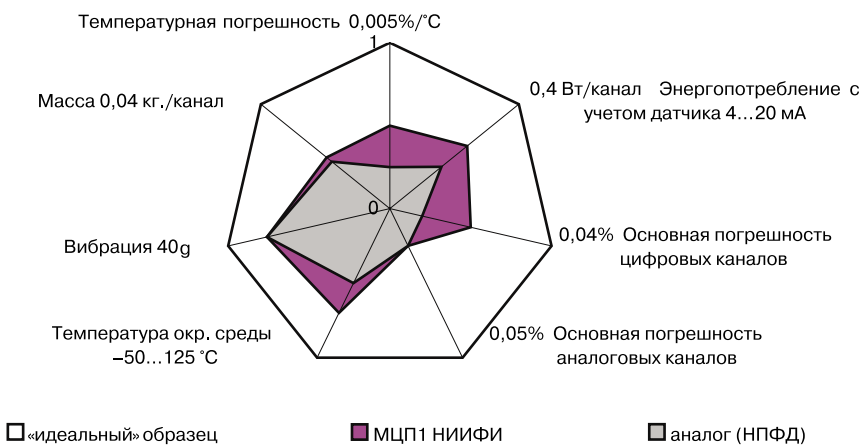


Рис. 5. Оценка технического уровня многоканального цифрового преобразователя МЦП-1 (изделие «Ангара»)

теристик преобразователя МЦП-1 по сравнению с аналогом за счет применения новой электронной базы (микросхема высокой степени интеграции AD7714-ARS-5).

В настоящее время ФГУП НИИФИ обладает достаточно совершенной научно-технологической и производственной базой для разработки и выпуска датчиков на основе наиболее универсальных и эффективных физических принципов:

- тензорезисторных тонкопленочных датчиков абсолютных и избыточных давлений;

- пьезорезисторных малогабаритных датчиков абсолютных и избыточных давлений;

- емкостных прецизионных тонкопленочных датчиков абсолютных давлений;

- индуктивных датчиков разности давлений;

- пьезоэлектрических датчиков акустических и быстропеременных давлений;

- виброчастотных датчиков давлений;

- тензорезисторных датчиков силы, деформаций и крутящего момента;

- емкостных прецизионных компенсационных датчиков линейных и угловых ускорений;

- индуктивно-трансформаторных датчиков линейных и угловых перемещений;

- индукционных датчиков оборотов;

- гальваномангнитных датчиков оборотов;

- потенциометрических датчиков линейных и угловых перемещений;

- фотооптических линейных акселерометров на сверхмалые диапазоны;

- волоконно-оптических датчиков давлений, перемещений линейных и угловых и оборотов;

- кориолисовых датчиков массового расхода криогенных топлив и окислителей.

В 2005 г. ФГУП НИИФИ провел маркетинговые исследования по вопросам потребности в датчиков-преобразующей аппаратуре для авиационной, ракетно-космической и военной техники. На их основе нами определены следующие приоритетные направления НИР на период 2006–2015 гг. по созданию научно-технического задела для ОКР:

- прогнозно-аналитические исследования развития датчиковой аппаратуры на среднюю (до 2015 г.) и долгосрочную (до 2025 г.) перспективу на базе критических технологий, новых

конструкционных и функциональных материалов;

- исследование наиболее эффективных и универсальных физических принципов преобразования электрических и неэлектрических величин в электрический сигнал, реализуемых на базе критических технологий, в т.ч. нанотехнологий и наноматериалов;

- исследования, разработка документации и экспериментальная проверка на лабораторных образцах датчиков с использованием фундаментальных научных результатов институтов РАН.

Исследования и разработка:

- конструктивно-технологических решений тензорезисторных тонкопленочных датчиков статико-динамических давлений повышенной точности и временной стабильности в экстремальных эксплуатационных условиях на основе перспективных конструкционных эливарных сплавов (типа ВУС-30, ВУС-33 и др.) и функциональных резистивных и диэлектрических материалов;

- интеллектуальных тензорезисторных тонкопленочных датчиков статико-динамических абсолютных и избыточных давлений;

- интеллектуальных пьезорезисторных датчиков абсолютных и избыточных давлений;

- высокотемпературных (до 800°C) неохлаждаемых интеллектуальных емкостных датчиков избыточных давлений;

- интеллектуальных емкостных датчиков перепада давлений на базе критических технологий, новых конструкционных и функциональных материалов (типа Super Rosemount);

- прецизионных интеллектуальных емкостных датчиков абсолютных давлений на базе автокомпенсационных измерительных цепей, микроэлектронных и др. критических технологий, новых конструкционных материалов и новой элементной базы;

- емкостных квазидифференциальных вакуумметров на основе имплантированных кремниевых пленок-мембран, мембран из сапфира и др. перспективных материалов и технологий;

- виброчастотных интеллектуальных датчиков абсолютных давлений на базе микроэлектронных и др. критических технологий;

- тензорезисторных датчиков силы и деформаций повышенной точности и стабильности на базе новых технологий и материалов;

- системы волоконно-оптических цифровых датчиков давлений, линей-

ных и угловых перемещений, ускорений, оборотов, радиальных и осевых биений и др.;

- ряда унифицированных массовых кориолисовых прямоотрубных расходомеров ракетно-космического и др. назначений;

- ультразвуковых и радиолокационных уровнемеров сыпучих и жидких материалов;

- корреляционных расходомеров ракетных топлив и окислителей;

- емкостных уровнемеров на базе автокомпенсационных измерительных цепей (преобразователей) для криогенных окислителей и топлив и др. неагрессивных жидкостей-диэлектриков;

- системы цифровых датчиков нового поколения и систем измерения, контроля, диагностики и управления для комплектации экспериментальных стендовых баз ракетно-космического назначения;

- системы цифровых датчиков нового поколения и систем измерения, контроля, диагностики и управления для переоснащения стартовых комплексов.

Представленный комплекс работ по НИР и ОКР частично включен в Федеральную космическую программу на 2006–2015 гг., а также в программу «Датчики ВВТ».

Реализация этих программ в комплексе с программой технического перевооружения предприятия позволит проводить разработку и изготовление ДПА, отвечающей требованиям нового поколения ВВТ и их модернизации, а также реализацию двойных технологий в других отраслях промышленности и, следовательно, быть конкурентоспособными на мировом рынке.

В заключение необходимо подчеркнуть, что в настоящее время разработка и производство аппаратуры представляют собой сложнейшие наукоемкие задачи и невозможны без создания новых теорий проектирования, использующих методы математического моделирования, решения вопросов стандартизации и унификации изделий, разработки специальных технологий, автоматизации производства и процессов создания проектной документации, развития производственной, метрологической и испытательной баз.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ицкович Э.Л. *Современные интеллектуальные датчики общепромышленного назначения, их особенности и достоинства*// *Датчики и системы*, 2002, №2, С. 42–47.