

## СЕРИЯ ОБЩЕПРОМЫШЛЕННЫХ ДАТЧИКОВ ДАВЛЕНИЯ МИДА -13П

*Е.Е.Бушев, О.Л.Николайчук, В.М.Стучебников*

Промышленная группа МИДА (Микроэлектронные датчики) разработала и выпускает комплекс малогабаритных микроэлектронных датчиков давления МИДА-13П. Подробно с составом комплекса и характеристиками отдельных датчиков можно ознакомиться на сайте ПГ МИДА [www.midaus.com](http://www.midaus.com). В настоящей статье приводятся некоторые общие характеристики и обсуждаются особенности выпускаемых датчиков.

Все датчики используют для преобразования давления в электрический сигнал тензочувствительные преобразователи (ТП) на основе гетероэпитаксиальных структур «Кремний на сапфире» (КНС) [1], что обеспечивает высокую точность, стабильность и надежность приборов.

Датчики серии МИДА-13П предназначены для измерения избыточного (ДИ), абсолютного (ДА) давления, разрежения (ДВ) и избыточного давления-разрежения (ДИВ). Верхний предел измеряемого давления изменяется от 4 кПа до 250 МПа по нормальному ряду. Основная погрешность (при комнатной температуре) составляет 0,15%, 0,2%, 0,25% или 0,5% от верхнего предела измерений (кроме датчиков МИДА-13П-К). Датчики выпускаются с выходными сигналами 4-20 мА (2-проводная линия), 0-5 мА (3- и 4-проводная линия) и 0-5 В (4-проводная линия). Выпускаются также датчики с малым энергопотреблением (ток питания не более 2-5 мА), имеющие выходной сигнал в виде напряжения постоянного тока, нижнее значение которого может находиться в пределах 0-5 В, а верхнее – в пределах 3-10 В (3-проводная линия). Кроме обычного исполнения датчики выпускаются во взрывобезопасном исполнении с видом взрывозащиты «искробезопасная цепь» МИДА-13П-Ex (OExiaIICT4) и «взрывонепроницаемая оболочка» МИДА-13П-Вн (IExdIIВТ4"X"). Датчики МИДА-13П-Вн-Г имеют встроенный блок грозозащиты, который защищает электронную схему датчика от действия мощных импульсных помех, создаваемых грозовыми разрядами или промышленным оборудованием.

Датчики МИДА-13П работают в диапазоне температур от -40 до +80 °С (рабочий диапазон может быть изменен по дополнительному требованию потребителя). В отличие от большинства традиционных датчиков давления на основе КНС, в которых питание тензопреобразователя осуществляется постоянным током для использования явления температурной самокомпенсации [2], в датчиках МИДА-13П мостовая схема ТП питается постоянным напряжением. Это дает ряд преимуществ при производстве датчиков; вместе с тем при правильно подобранных параметрах чувствительного элемента и схемы коррекции температурной погрешности результирующая температурная погрешность датчиков не увеличивается по сравнению с питанием током [3].

Коррекция температурной погрешности преобразования производится непосредственно в тензопреобразователе с помощью пассивной схемы, состоящей из термнезависимых резисторов [3]. Это позволяет не заботиться о равенстве температуры чувствительного элемента и корректирующей схемы, что часто вызывает затруднения при использовании термозависимых элементов коррекции. В результате температурная зависимость выходного сигнала датчика  $U_{\text{вых}}(T)$  оказывается близкой к параболической (рис.1) с вершиной параболы в точке калибровки (для датчиков МИДА-13П это, как правило, комнатная температура  $20 \pm 5$  °С). Соответственно для датчиков такого типа не имеет

смысла использовать нормировку температурной погрешности преобразования в  $\%/10^{\circ}\text{C}$ , как это рекомендует, например, стандарт [4], поскольку наклон кривой  $U_{\text{вых}}(T)$  в рабочем диапазоне температур непрерывно изменяется.

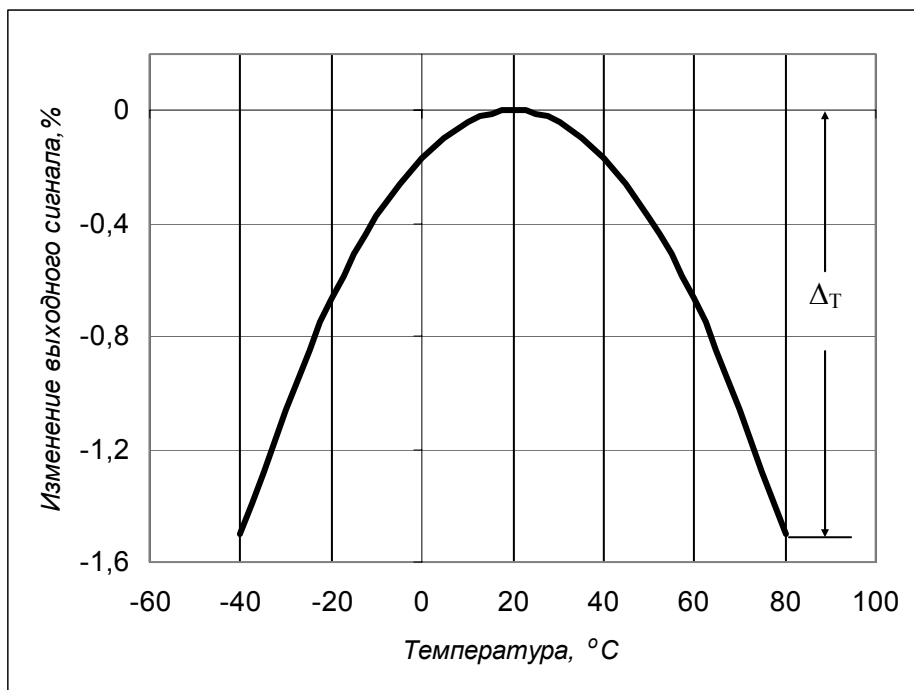


Рис.1 – Типичная температурная зависимость выходного сигнала датчика давления МИДА-13П.

Поэтому в датчиках МИДА-13П в качестве нормирующего показателя дополнительной температурной погрешности используется ширина зоны температурной погрешности  $\Delta_T$ , за пределы которой не выходит погрешность измерений в любой точке рабочего диапазона температур (1,6%, 2% и 3% для датчиков с основной погрешностью соответственно 0,15%, 0,2% (0,25%) и 0,5%). При этом следует учитывать, что при равномерном сокращении рабочего диапазона температур (когда точка калибровки остается в центре этого интервала) ширина зоны температурной погрешности  $\Delta_T$  сокращается пропорционально квадрату изменения рабочего диапазона температур. Так, при измерениях в диапазоне температур 0-40 °C зона температурной погрешности датчиков МИДА-13П не превышает 0,3% для датчиков с основной погрешностью 0,25% и 0,4% для датчиков с основной погрешностью 0,5%.

Дальнейшее уменьшение температурной погрешности преобразования обеспечивается цифровой обработкой сигнала тензопреобразователя в электронной схеме датчиков МИДА-13П-К. При этом термочувствительным элементом служит мостовая тензочувствительная схема, так что и в этом случае не возникает проблемы равенства температур тензопреобразователя и термочувствительного элемента. В результате суммарная погрешность измерения давления датчиками МИДА-13П-К во всем рабочем интервале температур не превышает 0,25% или 0,5% от верхнего предела измерения (рис.2).

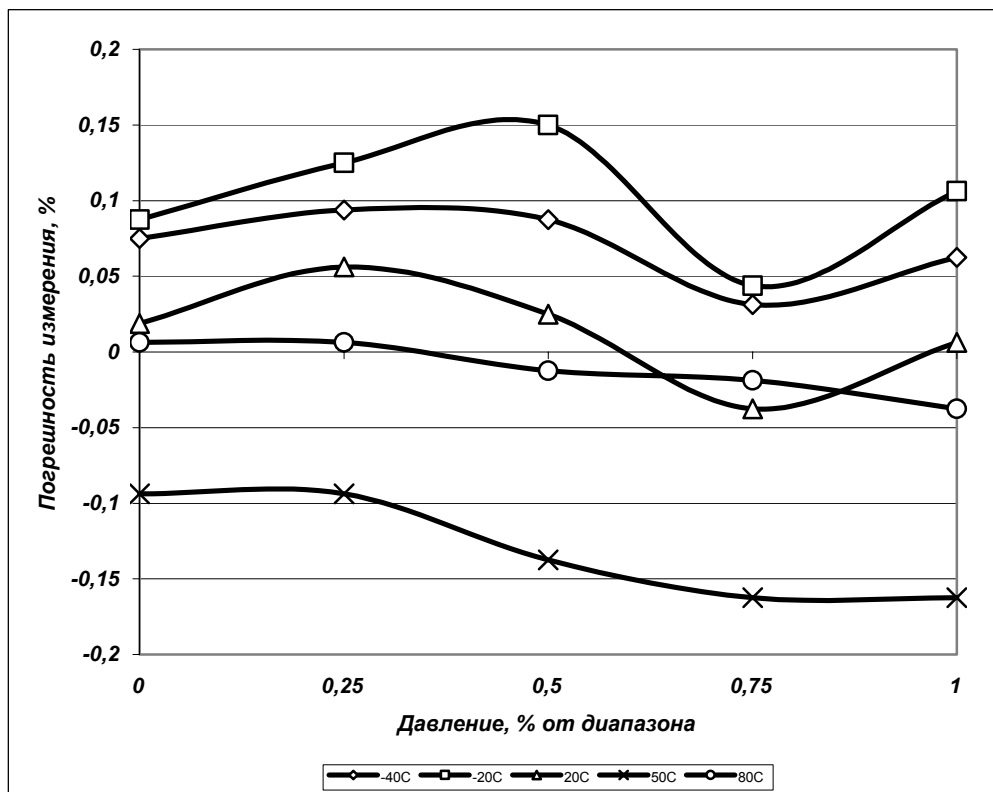


Рис. 2. Погрешность измерения датчика МИДА-ДИ-13П-К в диапазоне температур -40...+80 °С.

Важной особенностью датчиков МИДА-13П является незначительная величина нелинейности преобразования (в среднем не более 0,12%) – рис. 3 - и вариации (в среднем не более 0,05%) - рис.4;

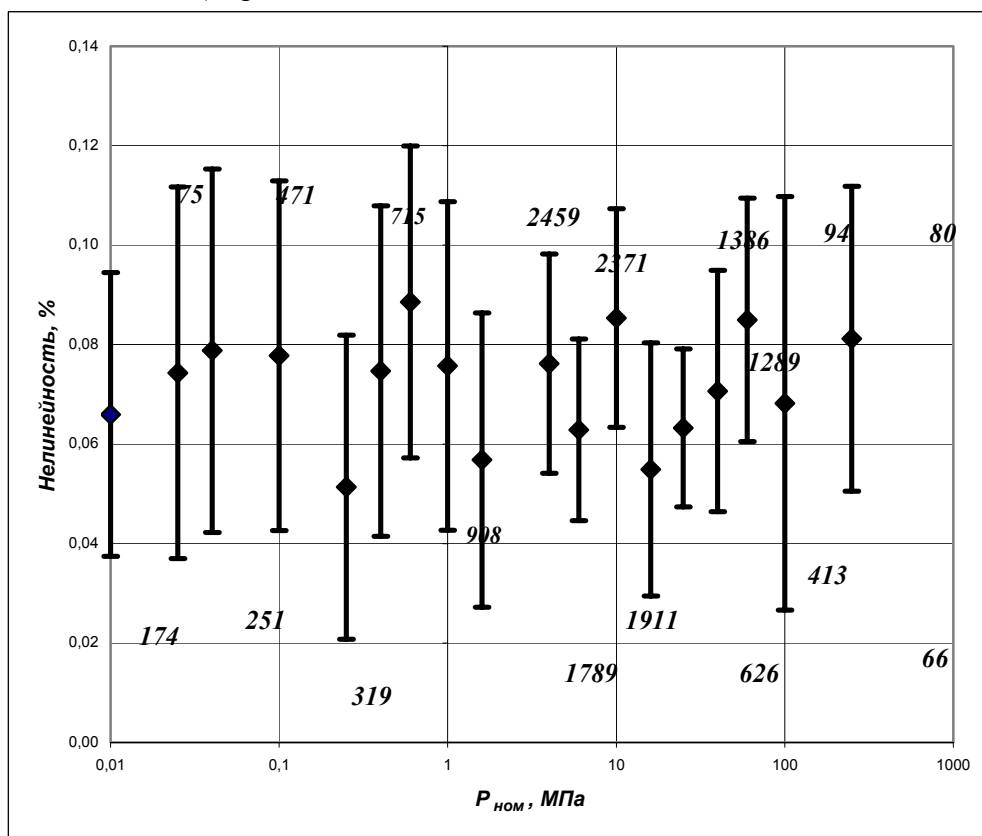


Рис.3 – Среднее значение и дисперсия нелинейности датчиков МИДА-ДИ-13П с различными диапазонами измерения. Цифры указывают величину выборки.

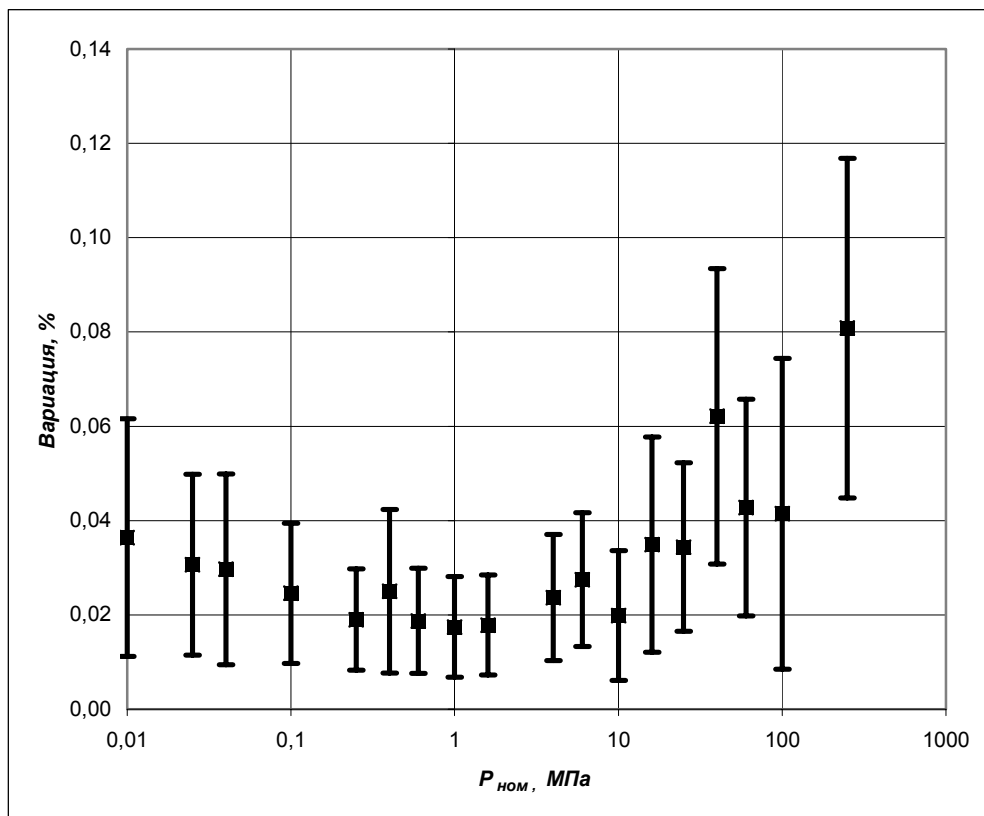


Рис. 4 – Среднее значение и дисперсия вариации датчиков МИДА-ДИ-13П с различными диапазонами измерения.

последнее обстоятельство характерно для тензопреобразователей на основе структур КНС. Поэтому основная погрешность измерения датчиков определяется, в основном, не нелинейностью и вариацией, а зоной дополнительной температурной погрешности (рис.5),

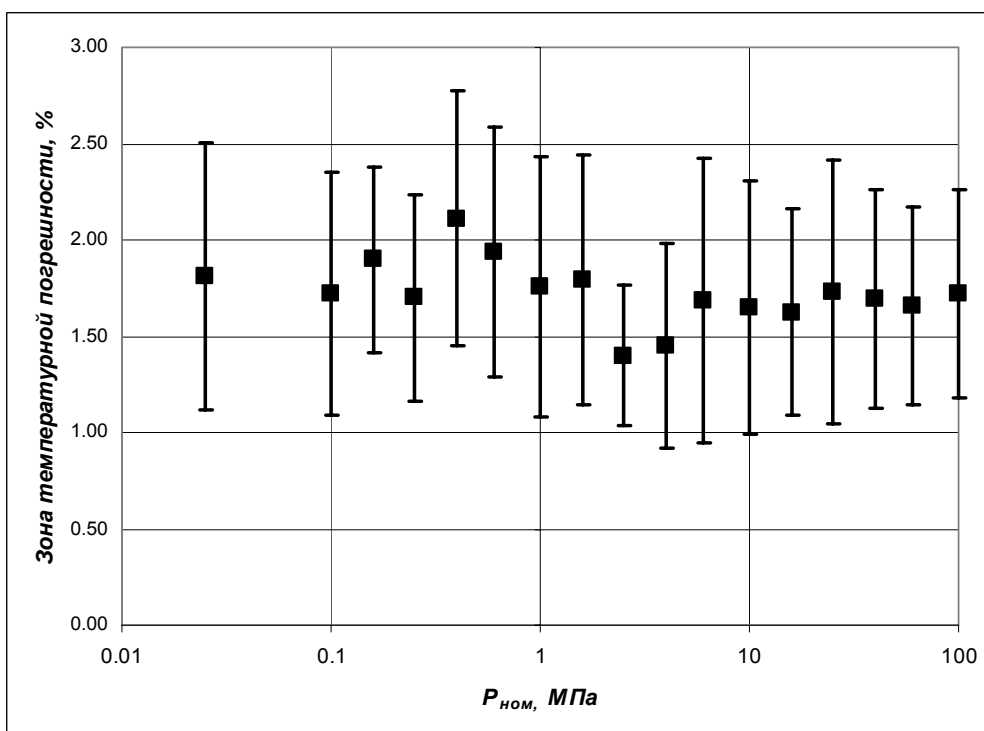


Рис. 5. Среднее значение и дисперсия зоны температурной погрешности датчиков МИДА-ДИ-13П для разных диапазонов измерения.

величина которой отечественными стандартами жестко связана с основной погрешностью [4]. Это необходимо учитывать при сравнении параметров датчиков с зарубежными аналогами, где, в основном, точность датчиков определяется как корень квадратный из суммы квадратов нелинейности, вариации и повторяемости. Для датчиков МИДА-13П эта величина лежит в пределах 0,05-0,2%.

Важнейшим параметром любого датчика является стабильность его характеристик во времени. Разработанные технологические способы стабилизации параметров ТП обеспечивают изменение характеристик датчиков МИДА-13П после термоциклирования в диапазоне температур от -40 до +80 °С не более 0,3%/100 циклов (рис.6).

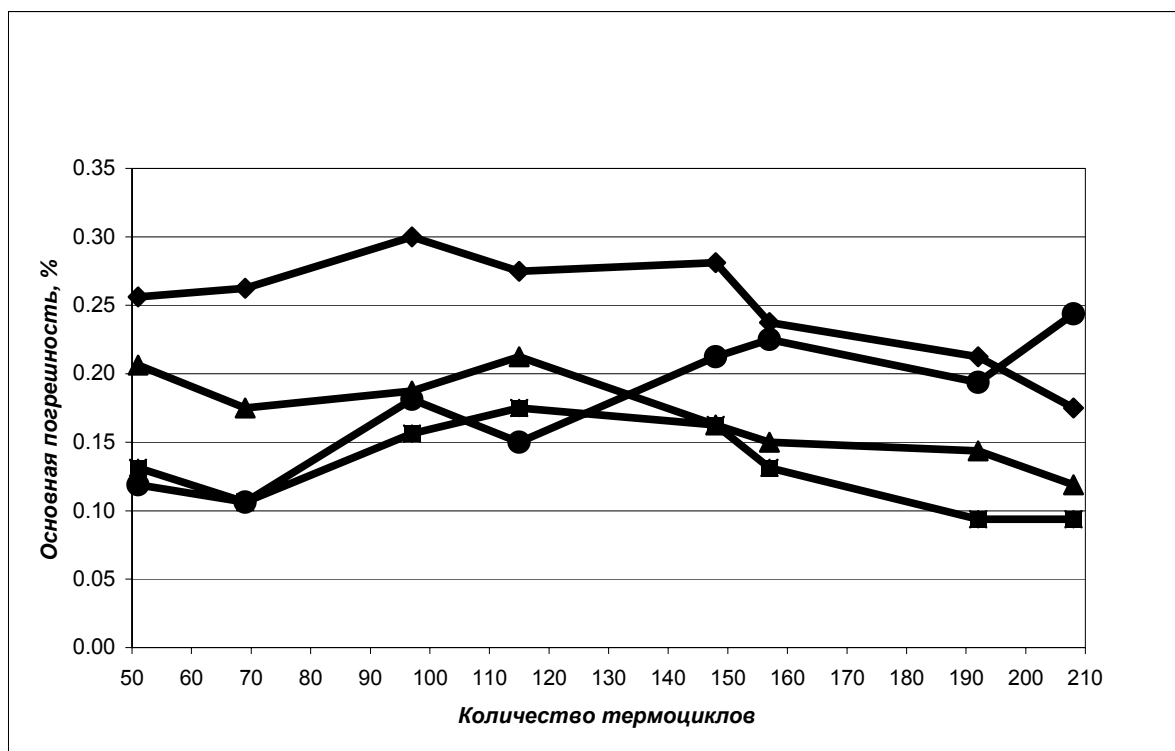


Рис.6. Изменение основной погрешности датчиков МИДА-ДИ-13П после термоциклирования в диапазоне температур -40...+80 °С

Это позволило выпустить модель датчиков МИДА-13П-М, в которых отсутствует регулировка начального выходного сигнала и чувствительности, поскольку за весь срок службы изменение выходного сигнала не выходит за пределы гарантированной основной погрешности (0,5% или 1,0%). Такие датчики имеют более высокую степень пылевозащиты и особенно удобны для применения в коммунальном хозяйстве.

Материалом, контактирующим с измерительной средой, в датчиках МИДА-13П является титан и его сплавы, что обеспечивает высокую коррозионную стойкость датчиков, а также возможность их применения в пищевой промышленности. Вместе с тем, для случаев, когда измеряемая среда не является нейтральной по отношению к титану, по специальному заказу могут быть изготовлены датчики, в которых материалом, контактирующим с измеряемой средой, является нержавеющая сталь.

ТП МИДА постоянно совершенствует общепромышленные датчики давления, повышает их метрологические и эксплуатационные характеристики. Так, по результатам серийного выпуска и опыта эксплуатации в 2003 году прошли государственные испытания и введены в номенклатуру датчики с основной погрешностью 0,2% и 0,15% (для которых величина

дополнительной температурной погрешности  $\Delta_T$  в стандартном диапазоне температур равна соответственно 2% и 1,6%). Начиная с 2004 года в датчиках с основной погрешностью 0,25% и 0,5% снята регулировка диапазона изменения выходного сигнала, поскольку опыт показал, что его изменение в установленных условиях эксплуатации практически отсутствует. Разработан, прошел приемочные испытания и будет выпускаться с 2004 года датчик МИДА-13П-КН, допускающий в условиях службы КИП перестройку диапазона измерения до величины 1:10, причем на нижнем пределе погрешность во всем температурном диапазоне не превышает 0,5%. Такой датчик может также работать в режиме «электронной лупы», когда высокое разрешение может устанавливаться в любом месте максимального диапазона измерений.

Особое внимание ПГ МИДА уделяет повышению надежности датчиков. Все отказы датчиков внимательно анализируются с целью совершенствования конструкции и технологии изготовления. К сожалению, приходится констатировать, что большая часть отказов датчиков связана с ошибками при их установке и эксплуатации. Поэтому нами разработаны и введены в эксплуатационные документы подробные рекомендации потребителям, соблюдение которых поможет избежать повреждения сложных и высокоточных приборов, какими являются микроэлектронные датчики давления МИДА-13П. С этими рекомендациями можно также ознакомиться на сайте [www.midaus.com](http://www.midaus.com).

Тысячи датчиков давления МИДА-13П работают в различных отраслях промышленности, энергетики, транспорта, коммунального хозяйства России и стран СНГ. Крупнейшими потребителями датчиков МИДА-13П являются атомная энергетика, предприятия добычи и транспортировки нефти и газа, металлургические и химические заводы. Тензомодули давления, являющиеся основным узлом датчиков, экспортируются в Чехию, Китай, Японию, где на их основе выпускаются датчики давления с высокими метрологическими и эксплуатационными характеристиками.

Датчики МИДА-13П внесены в Государственный реестр средств измерений РФ (№ 17636-03) имеют все необходимые разрешения, свидетельства и сертификаты. Датчики внесены также в Государственные реестры средств измерений Украины, Белоруссии и Казахстана.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Стучебников В.М. Тензорезисторные преобразователи на основе гетероэпитаксиальных структур "кремний на сапфире". // Измерения, контроль, автоматизация /Н.-т. сборник, 1982, No4 (44), с.15-26.
2. Stuchebnikov V.M. SOS strain gauge sensors for force and pressure transducers. // Sensors and Actuators, 1991, v.28, No3, p.207-213.
3. Мартынов Д.Б., Стучебников В.М. Температурная коррекция тензопреобразователей давления на основе КНС. // Датчики и системы, 2002, No 10, с.6-12.
4. Датчики давления, разрежения и разности давлений с электрическими выходными сигналами ГСП. Общие технические условия. // ГОСТ 22520-85.