

# Датчики температуры и давления

## «ВакууммашЭлектро»

Компания «ВакууммашЭлектро» – российский производственный комплекс, осуществляющий полный цикл работ в сфере автоматизации технологических процессов. Особенностью предприятия можно считать изготовление высококлассных приборов по индивидуальным заказам – с совершенно новыми характеристиками. Вместе с тем «ВакууммашЭлектро» специализируется и на серийном выпуске своей продукции. Об особенностях, функциональных возможностях и преимуществах датчиков температуры и давления нам рассказывают заместитель технического директора [Михаил Викторович Мирошкин](#) и заместитель исполнительного директора по инновациям [Александр Николаевич Семибратов](#).

**ЦИТАТА:** В датчике давления для ЖКХ мы применили совершенно новый микропроцессор, который позволил значительно упростить калибровку, тем самым снизив цену, ускорив процесс производства и улучшив точностные характеристики.

**ИСУП:** Давайте начнем разговор с датчиков температуры. На выпуске каких термопреобразователей специализируется ваше предприятие? Для каких диапазонов температур вы их делаете, какие имеются исполнения и какие типы чувствительных элементов вы используете?

**М. В. Мирошкин:** Наше предприятие разрабатывает технические решения в области термометрии для таких отраслей, как металлургия, энергетика, химическая и нефтегазовая промышленность, машиностроение, пищевая промышленность. Выпускаются термопреобразователи с диапазоном измеряемых температур, который со-

ответствует ГОСТ 6616 и ГОСТ 8.625 и варьируется от  $-196$  до  $+1600$  °С.

В целом производимые изделия можно разделить на три большие группы. Первая – термоэлектрические преобразователи (рис. 1) и термопреобразователи сопротивления, предназначенные для измерения температуры газообразных, жидких, химически неагрессивных и агрессивных сред, а также поверхности твердых тел и расплавов. Мы изготавливаем термоэлектрические преобразователи с чувствительными элементами двух типов – проволочными и кабельными, с такими основными НСХ (номинальными статическими характеристиками) по ГОСТ Р 8.585, как ТХА (К), ТХК (L), ТНН (N), ТЖК (J), ТПП (S), ТПП (R) и ТПП (B).

Термопреобразователи сопротивления выпускаем с медными и платиновыми проволочными чувствительными элементами: медные – 50М, 100М, 53М, платиновые – 50П, 100П, 46П и РТ100. Кроме того, мы используем напыленные тонкопленочные элементы Pt100, Pt500, Pt1000.

Вторая группа – это многозонные датчики температуры моделей ТПС и ТПМ (рис. 2) для измерения температуры вдоль оси печей термообработки и температурного градиента на разных уровнях в реакторах каталитического синтеза нефтепродуктов или резервуарах. Такие датчики состоят из нескольких термопреобразователей различной монтажной длины. Число зон измерения равно числу термопре-



Рис. 1. Преобразователь термоэлектрический ТПП

образователей, которые могут размещаться в термокарманах или разводиться по зонам измерения внутри резервуара. Они изготавливаются для реакторов любых типов и используются в химических и нефтехимических реакторах, колоннах и резервуарах при процессах изомеризации, алкилирования, гидроочистке, гидрокрекинге, каталитическом крекинге и каталитическом риформинге.

В третью группу входят измерительные преобразователи моделей ПИ-С, ПИ-Т, в том числе измерительные преобразователи VME с HART-протоколом (рис. 3), предназначенные для измерения и преобразования сигналов, поступающих от термопреобразователей сопротивления, термоэлектрических преобразователей, омических устройств, милливольтовых устройств постоянного тока в унифицированный электрический выходной сигнал постоянного тока, а также в цифровой сигнал для передачи по протоколу HART.

Что касается исполнений, то термоэлектрические преобразователи

ТХА (К), ТХК (К), ТНН, ТЖК, термопреобразователи сопротивления ТПС, а также измерительные преобразователи ПИ и VME выпускаются как в общепромышленном исполнении, так и во взрывозащищенном — «искробезопасная цепь» либо «взрывонепроницаемая оболочка».

**ИСУП:** Есть ли у вас датчики со встроенными нормирующими преобразователями?

**М. В. Мирошкин:** Да, мы комплектуем изготавливаемые средства измерения сертифицированными измерительными преобразователями 4–20 мА нашего собственного производства, которые встраиваются в коммутационную головку первичного датчика для измерения температуры или на рейку по ГОСТ Р МЭК 60715 в соответствии с требованиями заказчика и согласно условиям технического задания.

В настоящее время наша компания выпускает два вида измерительных преобразователей: аналоговые преобразователи ПИ с точно заданными диапазонами измерения температур

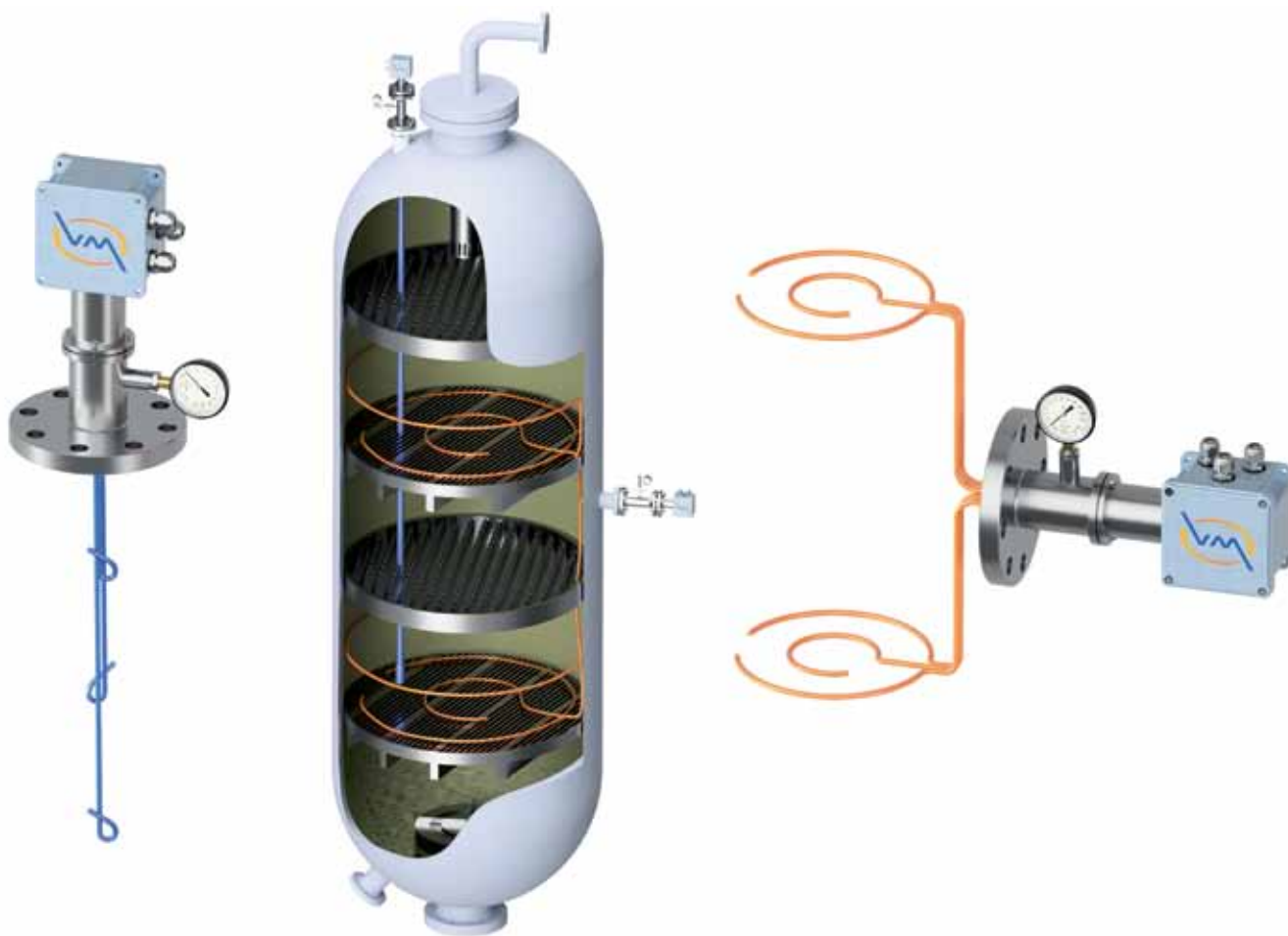


Рис. 2. Многозонные датчики температуры ТПС и ТПМ

и цифровые VME с возможностью программировать необходимую НСХ и диапазон измерения. Преобразователи VME включают модели как с унифицированным выходным сигналом постоянного тока, так и с протоколом передачи данных HART, который является коммуникационным стандартом для современных зарубежных промышленных датчиков.

**ИСУП:** Какой срок гарантии вы предоставляете на датчики общепромышленного исполнения и высокотемпературные модели? И каков их средний срок службы?

**М. В. Мирошкин:** Стандартный гарантийный срок – 18 месяцев со дня ввода в эксплуатацию, но не более 24 месяцев со дня выпуска при соблюдении условий хранения, транспортирования и эксплуатации. Средний срок службы датчиков – до 10 лет в зависимости от температуры эксплуатации.

**ИСУП:** Один из главных вопросов, который волнует большинство заказчиков: какой межповерочный интервал у ваших термопреобразователей?

**М. В. Мирошкин:** Межповерочный интервал – 5 лет для преобразователей измерительных VME, термопреобразователей сопротивления ТПС, термопреобразователей ТХА (К), ТХК (К), ТНН, ТЖК.

**ИСУП:** Теперь хотелось бы перейти к датчикам давления. Как вы считаете, дают ли микропроцессорные технологии существенный выигрыш в метрологии в средствах измерения давления?

**А. Н. Семибратов:** Да, это очевидно! Микропроцессоры, применяемые в средствах измерения, позволяют существенно повысить точность измерений и улучшить метрологические характеристики приборов посредством математических корректировок различных погрешностей, возникающих под воздействием внешних факторов. Схемотехнические решения в наших датчиках давления также выполнены на базе микропроцессоров, работающих под управлением собственного задекларированного программного обеспечения.

**ИСУП:** Какие типы выходных сигналов поддерживают ваши датчи-



Рис. 3. Преобразователь измерительный VME с HART-протоколом

ки давления? И какие чувствительные элементы вы используете?

**А. Н. Семибратов:** Наши датчики давления серии VMP (рис. 4) имеют самые распространенные выходные электрические сигналы, такие как унифицированный токовый выход 4...20 мА с возможностью наложения на него цифровой связи и передачи данных по HART-протоколу и дополнительного цифрового интерфейса связи RS-485 Modbus RTU.

В качестве чувствительных элементов мы используем тензорезистивные преобразователи давления, выполненные на основе технологии «кремний на сапфире» (КНС), с применением разделительных мембран из титана и нержавеющей сталей. Существенное преимущество КНС-технологии по сравнению с традиционной кремниевой заключается в уменьшении паразитных ёмкостей между элементами, что позволяет повысить их быстродействие, увеличить степень интеграции, снизить энергопотребление и обеспечить радиационную стойкость.

**ИСУП:** Расскажите о функции цифровой компенсации погрешностей

в диапазоне рабочих температур. Какие методы используются?

**А. Н. Семибратов:** При цифровой компенсации температурной погрешности производится измерение температуры тензорезистивного преобразователя давления с последующей коррекцией результата измерения давления по заранее определенным формулам.

В датчиках давления VMP применяется метод температурной зависимости сопротивления в измерительной цепи давления. Микропроцессор, получив данные измеренного выходного сигнала и сопротивления измерительной цепи, решает систему уравнений и определяет искомое значение давления и температуры самого тензопреобразователя. На практике это происходит так: уже собранные датчики давления помещаются в климатическую камеру, далее по заданным точкам температуры и давления записываются поправочные коэффициенты в микропроцессор измерительного преобразователя, и чем больше изначально выбрано точек, тем выше итоговая точность и ниже вариации. Этот про-



Рис. 4. Датчики давления VMP: слева – в общепромышленном исполнении; справа – в исполнении для ЖКХ

цесс значительно влияет на ценообразование приборов.

**ИСУП:** Какова максимальная температура измеряемой среды у прибора в стандартном исполнении и какую можно в принципе достичь, если взять все варианты исполнения? Можно ли измерять давление рабочего тела в виде перегретого пара?

**А. Н. Семибратов:** Наши датчики давления при прямом подключении к процессу, без дополнительных устройств, могут работать при температуре измеряемой среды от  $-20$  до  $+80$  °С в стандартном исполнении и опционально – от  $-55$  до  $+120$  °С. Если подсоединять датчик через отвод-охладитель нашего производства, то температура измеряемой среды может достигать  $+280$  °С. Для измерения перегретого пара необходимо применять разделительные сосуды с импульсными линиями. Это стандартная отработанная схема для всех датчиков давления.

**ИСУП:** Возможно ли исполнение с наличием внешнего индикатора, на который выводятся показания прибора?

**А. Н. Семибратов:** Да, у нас есть дополнительное устройство индикации измеряемого давления УИ ВМЭ для общепромышленного исполнения и коммунальных систем. Кроме того, мы разработали модельный ряд интеллектуальных датчиков давления

VMP с индикацией и цифровыми интерфейсами. В данный момент идет процесс подготовки к серийному производству, которое планируется запустить в первой декаде 2022 года.

**ИСУП:** Производите ли вы эталонные датчики давления? И какова основная погрешность не эталонных датчиков с различными выходными сигналами?

**А. Н. Семибратов:** Мы производим датчики давления с высокой точностью, поэтому заказчики, как правило, используют их в качестве рабочих эталонов.

По классу точности наши датчики могут равняться рабочим эталонам третьего и второго разрядов с основной погрешностью от 0,25 до 0,1 и 0,075 % от верхнего предела измерений. Стандартное значение основной погрешности для наших датчиков давления принято 0,5 % от верхнего предела измерений.

**ИСУП:** Есть ли у вас решения, которые позволяют измерять давление и одновременно индицировать температуру измеряемой среды без использования отдельного преобразователя температуры?

**А. Н. Семибратов:** Да, интеллектуальные датчики давления VMP имеют такую возможность, но этот параметр носит только информационный характер и не внесен в описание типа как метрологический. Также в дат-

чиках давления с HART-протоколом есть команда просмотра температуры тензорезистивного преобразователя давления, который наиболее приближен к измеряемому процессу.

Сегодня мы ведем конструкторские работы по созданию датчика давления/температуры как отдельного средства измерения по конкретному заказу для нефтегазовой отрасли. В 2022 году планируется провести сертификацию данной разработки.

**ИСУП:** Недавно компания «Вакуум-машЭлектро» представила на рынке новый микропроцессорный датчик давления для ЖКХ, а это очень конкурентный сегмент. В чем ваше преимущество перед другими производителями?

**А. Н. Семибратов:** В датчике давления для ЖКХ мы применили совершенно новый микропроцессор, который позволил значительно упростить калибровку и тем самым снизить цену, ускорить процесс производства и улучшить точностные характеристики. Наш датчик для коммунальных систем получил наименьшую температурную зависимость от окружающей среды по сравнению с изделиями других производителей – а именно снижение на величину до 0,1 % на каждые 10 °С.

Важным преимуществом является и то, что датчики ЖКХ мы производим на склад, и при получении заявки нам остается только запрограммировать необходимый диапазон измерений. Отгрузка осуществляется в течение одного дня и от одной штуки.

**ИСУП:** Сегмент ЖКХ – это особые требования, связанные с массовой установкой на объектах и человеческим фактором. В связи с этим хотелось бы спросить: какой разъем для подключения имеет датчик, насколько критична смена полярности при подключении и насколько в целом удобен монтаж?

**А. Н. Семибратов:** В датчиках ЖКХ мы используем разъем стандарта DIN 43650 типа А, поскольку он соответствует требованиям эксплуатации для коммунальных систем и, будучи унифицированным для общепромышленных первичных датчиков, удобен при замене приборов во время эксплуатации.

Чтобы исключить воздействие человеческого фактора при подключении датчика, в схеме предусмотрена защита от переплюсовки. Кроме того, наши датчики давления имеют защиту от перенапряжения и отвечают требованиям электромагнитной совместимости оборудования по техническому регламенту Таможенного союза ТР ТС 020/2011.

**ИСУП:** Насколько сложна настройка нуля и сможет ли с ней справиться линейный специалист по КИП, работающий в сфере ЖКХ? Какое оборудование ему для этого понадобится? Проводит ли ваша компания обучение персонала заказчиков?

**А. Н. Семибратов:** В силу достаточно хорошей долговременной стабильности датчиков и повышенной первоначальной настройки точности наши датчики для ЖКХ гарантированно не потребуют дополнительной подстройки нуля до очередной периодической поверки, так как временной уход нуля после 5 лет не превышает общей приведенной погрешности в 0,5% от верхнего предела измерений.

Если же в связи с какими-либо требованиями или при получении гидроудара появится необходимость корректировки нуля, то для этого у нас выпускается устройство настройки датчика давления УН ВМЭ, которое позволяет подстроить не только нуль, но и диапазон при периодической поверке.

Настройка нуля в датчиках ЖКХ достаточно проста и не требует дополнительной подготовки персонала. В цепь разьема включается устройство настройки, и с помощью нажатия кнопки после сброса давления устанавливается нулевое значение.

Данный процесс описан доступным языком в инструкции по настройке.

**ИСУП:** В качестве одного из преимуществ новых датчиков давления вы указываете высокую временную стабильность измерительного модуля. Расскажите об этом подробнее.

**А. Н. Семибратов:** Главный элемент, обеспечивающий долговременную стабильность, — это высококачественный кремниевый чип на основе моста Уитстона, который установлен в тензорезистивный преобразователь давления. Исследования показали, что новому датчику требуется некоторое время для стабилизации, особенно в первый год работы. Чем дольше датчик работает, тем он становится стабильнее. Чтобы свести к минимуму нежелательные изменения на начальном периоде эксплуатации, мы устанавливаем предварительно тренированные тензопреобразователи. Кроме того, повышенная точность настройки при производстве уменьшает риск ухода параметров датчика за пределы заявленной погрешности, которая на момент выпуска датчика из производства на порядок выше заявленной.

**ИСУП:** Расскажите о помехоустойчивости и пылевлагозащите прибора.

**А. Н. Семибратов:** Как уже отмечалось, наши датчики соответствуют требованиям по электромагнитной совместимости, соответственно они невосприимчивы к электромагнитным полям и по схемотехническому решению защищены от импульсных и высокочастотных сетевых помех. Пылевлагозащита наших датчиков в исполнении для ЖКХ имеет степень

IP65 — это полная пыленепроницаемость и защита от водяной струи.

**ИСУП:** Цена датчика очень привлекательна, однако хотели бы спросить: какую гарантию вы даете и насколько он ремонтпригоден по истечении гарантийного срока обслуживания?

**А. Н. Семибратов:** Стоимость датчика действительно очень привлекательна. На нашем сайте установлена цена 3200 рублей без НДС, а также предусмотрена система скидок в зависимости от объема поставляемой партии.

На данный момент гарантию мы определили в 3 года. Однако предполагаемый срок службы датчиков — 12 лет.

Что касается ремонта, то у датчика можно заменить электронику с последующей настройкой и поверкой. Однако если имело место «передавленное» превышенное давление тензопреобразователя или механическое повреждение мембраны из-за нарушения условий монтажа и (или) несоблюдения условий эксплуатации, то ремонт таких датчиков будет нерентабелен.

Беседовал С. В. Бодрышев,  
главный редактор журнала «ИСУП».



ООО «ВакууммашЭлектро», г. Сарапул,  
Удмуртская Республика,  
тел.: +7 (3412) 918-622,  
e-mail: info@vmelectro.ru,  
сайт: www.vmelectro.ru



[vk.com/journal\\_isup](http://vk.com/journal_isup)  
ВКонтакте



[facebook.com/isup.ru](https://facebook.com/isup.ru)  
Фейсбук



[zen.yandex.ru/isup](https://zen.yandex.ru/isup)  
Яндекс.Дзен

Все статьи в свободном доступе