

Датчики температуры и давления «Вакууммаш» для промышленных систем автоматизации

Компания НПО «Вакууммаш» была основана в 1995 году в самом центре промышленного кластера г. Ижевска. Сегодня разработки предприятия применяются в металлургии и энергетике, химической и нефтегазовой промышленности, машиностроении, пищевой и других отраслях как на территории России, так и в странах ближнего зарубежья. Начиная как разработчик и интегратор автоматизированных систем, со временем компания «Вакууммаш» стала создавать оборудование для автоматизации: датчики температуры и давления, измерительные преобразователи и др. И задолго до того, как импортозамещение стало всеобщей тенденцией, наряду с собственной продукцией активно выпускала аналоги изделий зарубежных производителей. Сегодня же разработки, позволяющие заместить недоступные бренды, стали одним из основных видов деятельности компании. Мы обратились к заместителю технического директора НПО «Вакууммаш» [Михаилу Мирошкину](#) и попросили рассказать о датчиках температуры и давления. ■■■■■

ЦИТАТА: Компания может изготовить по спецзаказу любые датчики температуры и давления, не уступающие импортным аналогам по качеству при значительном выигрыше в цене.

ИСУП: Михаил Викторович! НПО «Вакууммаш» давно участвует в программе импортозамещения, а за последний год список изделий расширился. Аналоги каких брендов вы производите?

М. В. Мирошкин: НПО «Вакууммаш» заменяет изделия таких производителей, как Danfoss, Emerson, Yokogawa, Wika, Honeywell, Endress+Hauser, Siemens, APLISENS, PIEZUS, Keller, Gaesco, Ametek, Fluke, Krohne, Watlow, Gefran. Датчики изготавливаются с такими же или улучшенными характеристиками, с учетом особенностей эксплуатации на предприятии заказчика. В целом компания может изготовить по спецзаказу любые датчики температуры и давления, не уступающие импортным аналогам по качеству при значительном выигрыше в цене.

Нам доверяют свои проекты такие крупнейшие российские предприятия, как «СИБУР», «ЛУКОЙЛ», «РУСАЛ», «АЗОТТЕХ», «ЕвроХим» и другие.

ИСУП: Датчики температуры были первым оборудованием автоматизации, которое вы стали разрабатывать. Давайте с них и начнем. Какие направления работы вы бы могли выделить по датчикам температуры?

М. В. Мирошкин: Я бы выделил четыре основных направления: термомпары и термосопротивления, измерительные преобразователи, которые с ними применяются, многозонные датчики температуры, а также гильзы для защиты термомпреобразователей от воздействия термометрируемой среды.

ИСУП: Расскажите о термомпарах и термосопротивлениях. Какой изме-

рительный диапазон они охватывают? С какими чувствительными элементами изготавливаются?

М. В. Мирошкин: Принцип действия термомпар основан на зависимости термоэлектродвижущей силы термомпары от температуры. В основе работы термомпреобразователей сопротивления лежит изменение электрического сопротивления в случае изменения их собственной температуры. Термомпары и термосопротивления могут измерять температуру как химически неагрессивных, так и агрессивных сред: газообразных, жидких, твердых поверхностей и расплавов. Измерительный диапазон датчиков зависит от исполнения, но в целом линейка изделий НПО «Вакууммаш» охватывает диапазон от -196 до $+1600$ °С.

Термоэлектрические преобразователи НПО «Вакууммаш» (рис. 1) изготавливаются с проволочными или кабель-



Рис. 1. Термоэлектрический преобразователь ТХА-К



Рис. 2. Термопреобразователь сопротивления ТПС с платиновым проволочным чувствительным элементом

ными чувствительными элементами. В соответствии с ГОСТ Р 8.585 имеют следующие номинальные статические характеристики (НСХ): ТХА (К), ТХК (L), ТНН (N), ТЖК (J), ТПП (S), ТПП (R) и ТПР (B).

Чувствительный элемент термопреобразователей сопротивления (рис. 2) может быть медным проволочным (модификации 50М, 53М, 100М), платиновым проволочным (модификации 46П, 50П, 100П, Pt100) или платиновым тонкопленочным, изготовленным по технологии напыления (Pt100, Pt500, Pt1000).

ИСУП: А измерительные преобразователи для термопар и термосопротивлений вы выпускаете аналоговые или цифровые?



Рис. 3. Измерительные преобразователи с аналоговой обработкой сигнала, с цифровой обработкой сигнала и HART-протоколом VME, VME Ex ia

М. В. Мирошкин: И те, и другие. Они служат для преобразования термоэлектродвижущей силы термопар и термосопротивлений в унифицированные выходные сигналы. Линейка включает аналоговые устройства ПИ С и ПИ Т и цифровые VME (рис. 3).

Аналоговые измерительные преобразователи (ПИ) предназначены для преобразования термоэлектродвижущей силы термоэлектрических преобразователей по ГОСТ 6616 в исполнениях ПИ Т, ПИ Т Ex ia и сопротивления термопреобразователей сопротивления по ГОСТ 6651 в исполнениях ПИ С, ПИ С Ex ia в унифицированный выходной сигнал 4...20 мА постоянного тока, пропорциональный измеряемой температуре.

Для цифровых преобразователей VME измерительный температурный диапазон и НСХ задается программно. Данные изделия могут выпускаться с унифицированным выходным сигналом 4...20 мА или с поддержкой HART-протокола.

ИСУП: Они различаются только функционально или по конструктивному исполнению тоже?

М. В. Мирошкин: Конструктивно измерительные преобразователи обоих типов (и аналоговые, и цифровые) могут выпускаться в корпусе для установки в головку первичного преобразователя либо в корпусе для щитового монтажа на рейку по ГОСТ Р МЭК 60715-2003.

ИСУП: Какой измерительный диапазон и метрологическую точность обеспечивают цифровые преобразователи VME?

М. В. Мирошкин: Диапазон измерений цифровых преобразователей VME-100 в различных модификациях составляет от -200 до $+1300$ °С, пределы допускаемой основной приведенной погрешности для исполнений с классом точности 0,1 при температуре окружающей среды 20 ± 5 °С во всех диапазонах измерений – не более 0,1%. Для преобразователей типа VME-103/104 и VME Exia-105 (использующих токовую петлю 4...20 мА с HART-протоколом) диапазон измерений находится в пределах от -200 до 1800 °С, пределы допускаемой основной приведенной погрешности для исполнений с классом точности 0,1 при температуре окружающей среды 20 ± 5 °С – не более 0,1%. Напряжение питания цифровых преобразователей 12...36 В, потребляемая мощность не более 0,8 Вт, диапазон температур окружающей среды от -60 до $+85$ °С.

ИСУП: Теперь вопрос о многозонных датчиках температуры. Какие исполнения выпускаете?

М. В. Мирошкин: Многозонные датчики температуры – отдельное направление линейки промышленной термометрии компании (рис. 4). Они представляют собой сборку термопар или термосопротивлений, которые применяются для измерения температуры в нескольких точках объекта одновременно: вдоль оси печей термообработки или в реакторах, колоннах и резервуарах каталитического синтеза, крекинга, гидроочистки, изомеризации нефтепродуктов. Линейка промышленных датчиков температуры НПО «Вакууммаш» включает многозонные датчики ТПМ.301 (с видами взрывозащиты Ex ia или Ex db) на основе кабельных термопар с различными НСХ, а также многозонные преобразователи сопротивления ТПС 401, 402, 403, 404 на основе нагревостойкого кабеля КНМСН (ТПС 402, 403) или гибкой сильфонной трубы (ТПС 404).

ИСУП: Как устанавливаются многозонные датчики температуры?

М. В. Мирошкин: В специальных термокарманах или непосредственно в реакторе – например, для измерения температуры катализатора. Конструктивно они состоят из нескольких датчиков (в соответствии с количеством зон измерения) с разной монтажной длиной, закрепленных на общем мон-

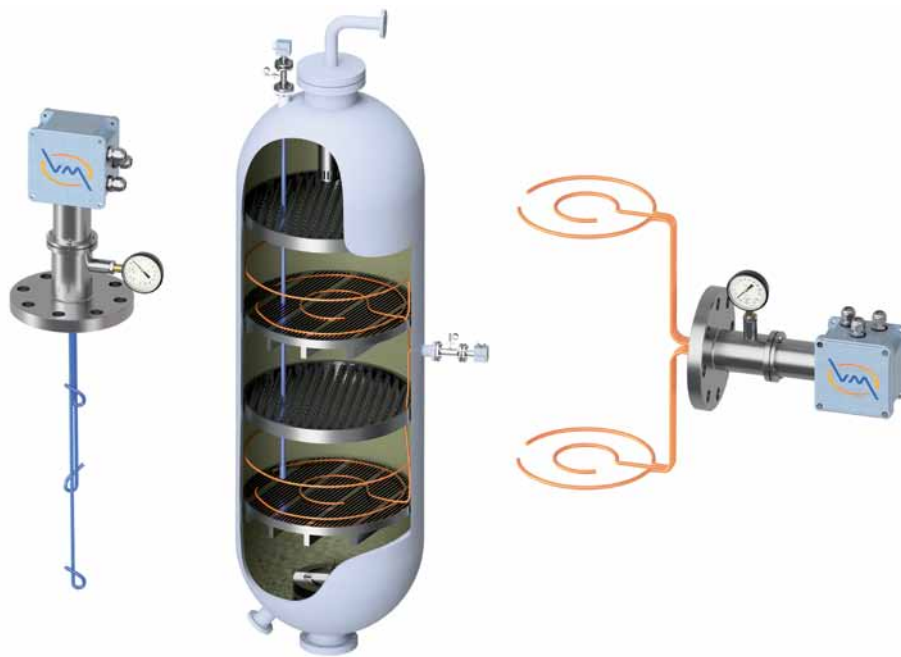


Рис. 4. Общий вид многозонных термоизмерительных датчиков температуры ТПМ 301 производства НПО «Вакууммаш», установленных в реакторе

тажном фланце, выполненном по различным стандартам: DIN EN1092, ASME 16.5, ГОСТ 33259, ГОСТ 12815. Коммутация со вторичными устройствами реализуется с помощью компенсационных проводов или коммутационной коробки, в которую установлены измерительные преобразователи, речь о которых шла выше.

ИСУП: Для каких серий делаете взрывозащищенные исполнения?

М. В. Мирошкин: Все термометрические датчики НПО «Вакууммаш» изготавливаются в общепромышленном и взрывозащищенных исполнениях «искробезопасная цепь» (Ex ia) или «взрывонепроницаемая оболочка» (Ex db).

ИСУП: Теперь о сроках. Какую гарантию вы предоставляете на датчики температуры? Какой у них срок службы? И, что очень важно, какой межповерочный интервал?

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. Межповерочный интервал – 5 лет для преобразователей измерительных

ВМЕ, термопреобразователей сопротивления ТПС, термопреобразователей ТХА (К), ТХК (К), ТНН, ТЖК.

ИСУП: Давайте перейдем к продукции, которую вы выпускаете относительно недавно, – датчикам давления. Их ведь изготавливает специально созданное под это направление предприятие ООО «ВакууммашЭлектро», верно? Датчики каких типов входят в линейку?

М. В. Мирошкин: Да, датчики давления (рис. 5) выпускает компания «ВакууммашЭлектро», наше дочернее предприятие. Оно расположено в городе Сарапул (Республика Удмуртия). В линейку моделей входят датчики для измерения основных видов давления:

избыточного, абсолютного, разрежения (вакуумметрического давления), давления-разрежения, гидростатического и дифференциального (разности давлений).

Датчики предназначены для непрерывного преобразования значений давления в выходные токовые сигналы 4...20 мА либо цифровые сигналы HART и RS-485 Modbus RTU.

ИСУП: Какие чувствительные элементы применяются?

М. В. Мирошкин: В качестве чувствительных элементов используются тензорезистивные преобразователи давления трех типов:

- ▶ изготовленные по технологии «кремний на сапфире», где чувствительным элементом является двухслойная сапфиро-титановая мембрана с монокристаллическими кремниевыми тензорезисторами. Уникальные изолирующие свойства и радиационная стойкость сапфира позволяют эксплуатировать чувствительный элемент в температурном диапазоне от -200 до $+350$ °С, при высоких электромагнитных помехах и под воздействием радиации;
- ▶ тензопреобразователи давления из кремниевых деталей в металlostеклянном корпусе, состоящие из кристалла, работающего на тензорезистивном эффекте, и кремниевого основания для снижения механических напряжений, воздействующих на кристалл при изменении температур. Поскольку в такой конструкции воздействие давления производится практически на тензومتر, эти тензопреобразователи



Рис. 5. Датчики давления серии VMP

предназначены только для неагрессивных газов низкого давления;

- ▶ изготовленные на базе преобразователей второго типа. В данном случае давление среды воздействует на мембрану, исполненную из нержавеющей стали, и затем передается через масло на кремниевый чувствительный элемент давления, что позволяет ему иметь повышенную чувствительность по сравнению с преобразователем первого типа и измерять давление агрессивных жидкостей и газов.

ИСУП: На какие среды рассчитаны ваши датчики давления? В частности, интересует температура измеряемой среды.

М. В. Мирошкин: В случае прямого подключения к процессу датчики давления VMP выдерживают температуру измеряемой среды $-40...+125\text{ }^{\circ}\text{C}$ в стандартном исполнении и $-60...+220\text{ }^{\circ}\text{C}$ опционально.

Для расширения температурного диапазона до $+350\text{ }^{\circ}\text{C}$ может применяться отвод-охладитель собственного производства «ВакууммашЭлектро», как встроенный в датчик, так и отдельным изделием. Давление перегретого пара измеряется с применением стандартной схемы, предусматривающей наличие разделительных сосудов с импульсными линиями.

ИСУП: Какое программное обеспечение используется для математической корректировки погрешностей?

М. В. Мирошкин: Для существенного повышения точности измерений и улучшения метрологических характеристик датчиков применяются схемы, построенные на микропроцессорах, и программное обеспечение, которое выполняет математическую корректировку погрешностей разного типа, возникающих под воздействием внешних факторов. Компания «ВакууммашЭлектро» использует собственные схемотехнические разработки и задекларированное программное обеспечение для своих изделий.

ИСУП: Есть ли исполнение с внешним индикатором, на который выводятся показания прибора? Или датчик нужно подключать к устройству отображения?



Рис. 6. Двухвентильный клапанный блок линейки БК

М. В. Мирошкин: С 2023 года мы начали производство устройства индикации измеряемого давления «УИ-ВМЭ» для малогабаритных датчиков общепромышленного исполнения и коммунальных систем. Также мы разработали модельный ряд интеллектуальных датчиков давления VMP с индикацией (ЖК-дисплеем), в данный момент они проходят стендовые испытания после перехода на новую элементную базу с преобладанием компонентов и материалов российского производства.

ИСУП: Оборудование для подключения датчиков давления к процессу – клапанные блоки – выпускаете сами или поставляете от других производителей?

М. В. Мирошкин: Для подключения датчиков давления к автоматизированной системе управления технологическими процессами (АСУ ТП) используются клапанные блоки линейки БК: одновентильные, двухвентильные или трехвентильные (рис. 6). Эти изделия предназначены для работы в таких рабочих средах, как жидкость, газ или пар. Данные вещества неагрессивны к материалам, из которых изготовлен БК. При этом рабочее давление в измерительной линии не должно превышать 40 МПа, а температура должна находиться в диапазоне от -60 до $+150\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Корпус БК изготовлен из нержавеющей стали, устойчивой к коррозии. Сальники изготавливаются из фторопласта или графита, в зависимости от исполнения.

ИСУП: Коснемся программы импортозамещения. Сколько проектов вы

уже осуществили в ее рамках? Хотя бы за 2023 год.

М. В. Мирошкин: Знаете, их столько, что точную цифру я вам, возможно, даже не назову. За один 2023 год их были сотни. Могу привести несколько примеров. Так, были разработаны аналоги датчиков Keller 23-й серии. Это датчики избыточного, абсолютного, вакуумметрического и дифференциального давления с высокой полосой пропускания обрабатываемого сигнала – до 3000 Гц (0,33 с), что позволяет измерять быстрые переменные давления при лабораторных изучениях скоротечных процессов. Сегодня мы производим свыше 100 модификаций датчиков давления в общепромышленном исполнении, а также с видами взрывозащиты «взрывонепроницаемая оболочка» (Ex db) и «искробезопасная электрическая цепь» (Ex ia), которые являются аналогами продукции Danfoss моделей MBS 1200; 1250; 1700; 1750; 3000 и других, моделей Wika S-11; S-20; OT-1; R-1; O-10; A-10; E-10; E-11 и других, моделей APLISENS APC2000PD; PC28 различных исполнений, моделей PIEZUS APZ 3420; 3421; 3420m; 3420s; 3410; 3440; 1110; 1120, а также других зарубежных брендов и их номенклатуры. Причем мы не только производим аналоги, но и в ряде случаев улучшаем характеристики.

ИСУП: А по датчикам температуры?

М. В. Мирошкин: Их тоже очень много. Расскажу о наиболее интересных.

- ▶ Для АО «МХК «ЕвроХим» был изготовлен аналог датчика температуры Minco, способный работать в местах повышенной вибрации, в то время как импортное изделие при аналогичных условиях вышло из строя. Заменой стал датчик модели ТПС 301 в вибростойком исполнении (рис. 7).

▶ ПАО «КАМАЗ» поставило задачу разработать аналоги импортных датчиков «Дозаматик» для измерения температуры расплава алюминия в печи. При этом необходимо было доработать КИП так, чтобы рабочий на производственном объекте не мог достать датчики из печи и вмешаться в процесс измерения температуры. В результате была изготовлена специальная конструкция модели ТХА-К.232. Отработав око-



Рис. 7. Термопреобразователь сопротивления ТПС 301 по заказу АО «МХК «ЕвроХим», аналог импортного датчика Minco



Рис. 8. Термоэлектрический преобразователь ТХА-К.232 по заказу ПАО «КАМАЗ», аналог импортных датчиков «Дозаматик»



Рис. 9. Термоэлектрический преобразователь ТХА-К.301 по заказу Пермской ГРЭС

ло месяца в печи (то есть выработав положенный ресурс), изделие продемонстрировало полное соответствие поставленным целям (рис. 8).

- ▶ Пермская ГРЭС столкнулась с прекращением поставок немецких датчиков температуры для измерения горячих газов в камере сгорания. По индивидуальному техзаданию для ГРЭС был разработан аналог с такими же характеристиками, как у немецких приборов, – датчик ТХА-К.301 (рис. 9).
- ▶ ОАО «Амкордор» потребовался аналог Danfoss для измерения температуры гидравлического оборудования, АКПП и масла. Наши специалисты изготовили датчик модели ТПС 311, полностью соответствующий по всем техническим параметрам импортному изделию (рис. 10).

ИСУП: Расскажите, пожалуйста, о новых изделиях. Расширяется ли номенклатура? Какие датчики у вас появились?

М. В. Мирошкин: За последнее время мы выпустили несколько моделей –



Рис. 10. Термопреобразователь сопротивления ТПС 311 по заказу ОАО «Амкордор», аналог импортных датчиков Danfoss

аналогов оборудования Wika, Danfoss и KELLER для измерения давления.

Датчики давления VMP-ДИ-11ХА, VMP-ДА-10ХА и VMP-ДИВ-13ХА являются аналогами приборов Wika серии А-10. Они оптимально подойдут для применения на объектах энергетического комплекса и в различных отраслях промышленности. Отличаются широкими температурными диапазонами (температура окружающей среды –45...+105 °С, измеряемой среды –45...+125 °С). Также подчеркну, что их титановая мембрана обладает большей механической прочностью, чем стальная 316L импортного изделия. Датчики давления в различных вариантах исполнения с переменными характеристиками:

VMP-ДИ-11ХА-(1...100) МПа-0,5-Р1-42N-IP67-6E-t5(-55/105°С)-6, VMP-ДИ-11ХА-(1...100) МПа-0,5-МР3-05N-IP67-6E/d1-t5(-55/105°С)-6, VMP-ДИ-11ХА-(1...100) МПа-0,5-DT04-4P-10N-IP67-6E/d1-t5(-55/105°С)-6 являются аналогами большинства моделей датчиков давления Danfoss MBS 1200 и 1250 с выходными сигналами 4...20 мА, 0...5 В и 0...10 В как с демпфером, так и без него. Предназначены для машиностроения, гидравлических систем и пневмооборудования.

Технические особенности изделий:

- ▶ диапазоны измерения для избыточного давления от 0...0,06 до 100 МПа и 150 МПа в OEM-исполнении; для абсолютного давления – от 0...0,06 до 0,25 МПа с допустимыми перегрузками от 110 до 300 %;

- ▶ основная погрешность от верхнего предела измерений – 0,5 % в стандартном исполнении, а опционально – 0,25 %;
- ▶ электрическое присоединение датчика (разъемы) – M12x1 Type A Male 4 pin, Packard Metri-Pack 12065286, Deutsch DT04-4P;
- ▶ присоединение к процессу – G1/4-A DIN3852, G1/4-A EN837, исполнение с демпфером, опционально – с резьбой K1/4, M12x1,25 и др.;
- ▶ температура окружающей среды –40...+105 °С; измеряемой среды – от –45 до +125 °С, а для датчика с радиаторными вставками – до +350 °С.

▶ степень защиты оболочки IP67. Наконеч, для автомобильной промышленности мы выпустили OEM-преобразователи давления – аналоги приборов KELLER серии 21У в миниатюрном исполнении. Преобразователи с выходными сигналами 0...10 В монтируются с помощью стандартного свечного ключа S19. Эти приборы созданы по техническому заданию российских разработчиков, поэтому присоединение к процессу сделано по ГОСТ РФ, а не по европейским стандартам. Но по желанию заказчика мы можем изготовить прибор с любым другим присоединением.

В целом, на нашем предприятии постоянно расширяется действующий ассортимент продукции, проводятся необходимые организационные и технические мероприятия (в том числе испытательные работы) с целью совершенствования выпускаемых изделий, увеличения ресурса их работы и гарантийного срока эксплуатации.

Беседовали: С. В. Бодрышев,
главный редактор журнала «ИСУП»;



НПО ВАКУУММАШ

М. В. Мирошкин,
зам. технического директора,
НПО «Вакууммаш», г. Ижевск,
Тел.: +7 (3412) 918-650,
e-mail: zakaz@vakuummash.com,
сайты: www.vakuummash.ru, www.vmelectro.ru