

Доклад на семинар от ООО «Теплоприбор-Сенсор»
«Производство и поверка проволочных остеклованных чувствительных
элементов для термометров сопротивления»

Тема семинара:

Термометры сопротивления и комплекты термометров для измерения разности температур. Производство, стандартизация, поверка, эксплуатация

Время и место проведения:

10-12 ноября 2009 г., г. Санкт-Петербург

Группа предприятий «Челябинский завод «Теплоприбор» выпускает средства измерений 58 лет, в том числе датчики температуры 18 лет.

Опираясь на многолетние традиции, основанные на принципах постоянного технического совершенствования выпускаемой продукции при стабильном и высоком уровне качества, наше предприятие стремится удовлетворять современные требования наших потребителей во всех отраслях промышленности.

Постоянно совершенствуется конструкция и расширяется номенклатуре датчиков температуры.

Развитие и совершенствование датчиков температуры происходит в двух направлениях:

1. Расширение номенклатуры в зависимости от потребностей заказчиков.
2. Улучшение характеристик выпускаемых датчиков и повышение их надежности, временной стабильности и межповерочного интервала.

В последние годы на нашем предприятии развивается производство датчиков температуры на базе кабеля.

Это наиболее перспективное направление развития этих изделий, так как такая конструкция более технологична и обеспечивает более стабильное качество, за счет уменьшения доли ручного труда. Зарубежные производители датчиков температуры уже почти полностью перешли на кабельную конструкцию.

Выпуск изделий на базе кабеля мы начали с датчиков температуры общепромышленного применения, пользующихся наибольшим спросом.

Термопары

Наше предприятие, в рамках работ по расширению продуктовой линейки датчиков температуры, приступило к выпуску датчиков температуры с использованием термопарного кабеля.

При этом в ходе подготовки производства был проведен тщательный анализ продукции предприятий уже выпускающих кабельную термометрию, в том числе наши сотрудники посетили для ознакомления с технологией изготовления кабельных термопар и термометров сопротивления, наших партнеров - фирму «Endress+Hauser».

В результате проведенного анализа были выбраны технологии обеспечивающие наилучшее качество, в том числе применяющейся за рубежом ведущими производителями термометрии.

Было приобретено современное импортное оборудование, снижающее долю ручного труда в процессе изготовления кабельных датчиков температуры и соответственно влияние «человеческого фактора».

Мы отказались от использования для сварки горячего спая и приварки дна к кабелю распространенного в настоящее время лазера. Наши изделия изготавливаются с применением специализированной сварочной машины, обеспечивающей сварку горячего спая конденсаторной сваркой (CD) и приварку дна дуговой сваркой вольфрамовым электродом в среде защитного газа (TIG) с одной установки в автоматическом режиме. В отличие от лазерной - такое сочетание типов сварки применительно к термопарному кабелю дает более стабильное качество и надежное соединение.

Термометры сопротивления

Линейка термометров сопротивления так же расширилась за счет изделий на базе кабеля RTD, которые могут изготавливаться как с напыленными так и с проволочными чувствительными элементами (сенсорами).

Это позволяет увеличить надежность и стабильность термометров сопротивления. Кроме того возможно изготовление термометров с длинами 30 метров и более. Например, для ОАО «Амурметалл» уже в течение года изготавливаются термометры с длинами 8 метров.

Также совершенствуется конструкция сенсоров. Используются как проволочные так и напыленные сенсоры. Совершенствование их конструкции является основным методом улучшения характеристик термометров сопротивления.

Так впервые в нашей стране выпускаются термометры сопротивления с напыленными элементами градуировок 100 П и 100 М.

В течение 2007-2008 года фирмой JUMO (Германия) совместно с нашим предприятием создан и серийно изготавливается остеклованный сенсор с $W=1,391$.

Этот сенсор совмещает преимущества проволочных и напыленных сенсоров, так как он являясь проволочным имеет меньшие габариты и повышенную надежность. **Размеры сенсора – диаметр 2,8 мм, длина 15 мм** (вместе с выводами длина 25 мм). Для намотки применяется проволока Плт 2 АТ диаметром 0,02 мм.

На данный сенсор получен патент №77966.

Конструкция остеклованного сенсора:

Принцип изготовления - на стеклянный пруток бифилярно наматывается платиновая проволока диаметром 0,02 мм, пруток помещается в трубку и стекло сплавляется, см. рис.1. Применяемая марка стекла обладает практически таким же коэффициентом теплового расширения, как применяемая платина.

Всплавление проволоки в корпус сенсора дает очень хорошие результаты по вибростойкости, недостижимые на традиционных сенсорах в керамическом изоляторе со спиралью проволоки в каналах. Применение специального стекла дает хорошие результаты по стойкости к термоудару.

В процессе производства сенсор подвергается дополнительному искусственному старению.

Конструкцией сенсора определяется его нечувствительность к влаге и различным химическим веществам, что дает возможность применять его для измерения температуры жидкостей, в том числе и агрессивных, без защитной арматуры.

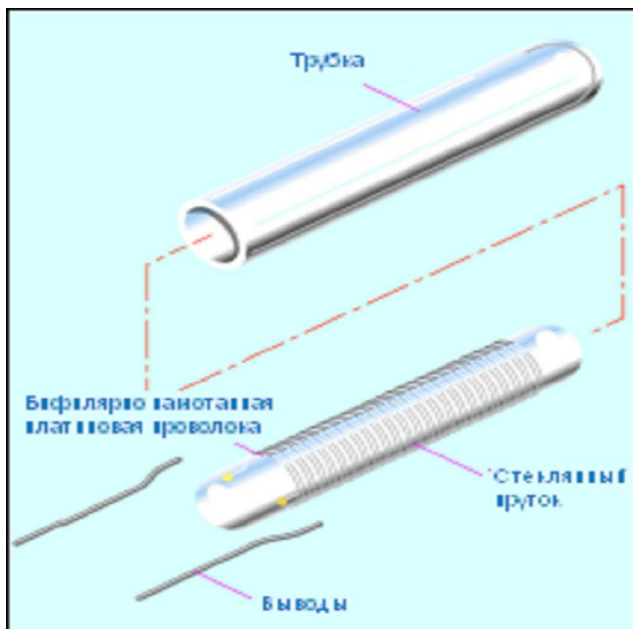
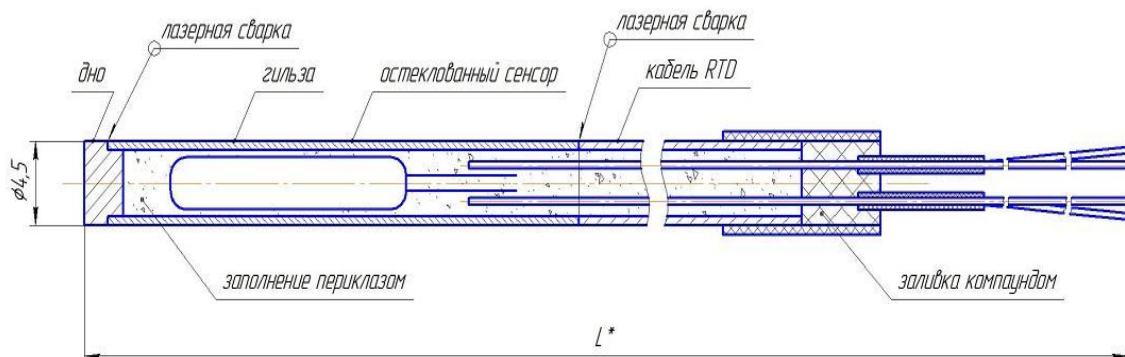


Рис.1 Схема остеклованного сенсора.

Ниже приведен рисунок типичного термометра сопротивления, в данном случае с остеклованным сенсором фирмы JUMO.



Технические характеристики:

Диапазон измеряемых температур $-200 \dots +400 \text{ }^\circ\text{C}$

Классы точности в зависимости от температур применения:

AA: $-70 \dots +250 \text{ }^\circ\text{C}$

A: $-200 \dots +400 \text{ }^\circ\text{C}$

B: $-200 \dots +400 \text{ }^\circ\text{C}$

Измерительный ток $1,0 \text{ mA}$

Максимальный измерительный ток 10 mA

Выводные проводники – изготовлены из платинированной железо-никелевой проволоки диаметром $0,2 \text{ мм}$.

Контрольные точки присоединения – 2 мм от края вывода.

Средний ресурс не менее $- 50\,000$ часов.

Наработка на отказ – $50\,000$ часов.

Заканчиваются испытания с целью утверждения типа новой линейки термометров сопротивления на базе кабеля RTD с напыленными и проволочными остеклованными сенсорами, включающими термометры с впервые примененными в нашей стране напыленными элементами с градуировкой 100 П и 100 М.

Выпуск термометров сопротивления с остеклованными сенсорами начинается в ноябре 2009 года.

Испытания показали, что:

1. Термометры соответствуют требованиям ГОСТ 8.625-2008 и в некоторых случаях (напыленные сенсоры фирмы IST) выходит за пределы по верхней границе диапазона измеряемых температур.
2. Термометры выдерживают воздействие вибрации приведенной в таблице 1:

Таблица 1

Частота, Гц	Амплитуда		Группа исполнения по ГОСТ Р 52931	ТС с ЧЭ
	смещения, мм	ускорения, м/с ²		
от 10 до 500	0,35	49,0	F3	ТС с платиновым напыленным ЧЭ 100 П или Pt 100, или с медным напыленным ЧЭ 100 М
От 10 до 2000	0,75	98,0	G2	ТС с платиновым проволочным остеклованным ЧЭ 100П или Pt 100

3. Термометры выдерживают воздействие влаги:

Степень защиты от IP55 (с пластиковыми головками) до IP 66 (с алюминиевыми головками).

Комплекты парных термометров

Следующим этапом является разработка и производство парных термометров с остеклованными сенсорами с межповерочным интервалом 5 лет. Применение проволочных остеклованных сенсоров позволит упростить процедуру подбора их в пары.

В настоящее время выпускаемые парные термометры подбираются по двум параметрам R_0 и W_{100} :

1 этап- подбор чувствительных элементов одного класса по ГОСТ 8.625

Для 1 класса - класс А

Для 2 класса - класс В.

2 этап- подбор чувствительных элементов по R_0 и W_{100} .

ΔR_0 и ΔW_{100} в одной группе не должны превышать:

Для 1 класса 0,01 % и 0,0006 соответственно

Для 2 класса 0,02 % и 0,0008 соответственно.

3 этап- подбор пар чувствительных элементов в пары для которых выполняется следующее условие:

ΔR_0 и ΔW_{100} должны иметь противоположные знаки и при этом должно выполняться условие, что ΔW_{100} лежит в пределах:

Для 1 класса - $[(R_{02} - R_{01})/R_{02}] - 0,0001$ до $[(R_{02} - R_{01})/R_{02}] + 0,0001$.

Для 2 класса - $[(R_{02} - R_{01})/R_{02}] - 0,0002$ до $[(R_{02} - R_{01})/R_{02}] + 0,0002$.

Подобранные таким образом пары обеспечивают погрешность измерения разности температур в пределах:

Для 1 класса - $\pm (0,05 + 0,001\Delta T)$ °C

Для 2 класса - $\pm (0,1 + 0,002\Delta T)$ °C.

Методика подбора пар для термопреобразователей с остеклованными сенсорами может быть упрощена при изготовлении парных термосопротивлений из проволоки одной партии. Подбор по W_{100} может быть значительно упрощен, что позволит снизить себестоимость производства этих изделий.

Датчики с унифицированным выходным сигналом

Следующим типом в линейке выпускаемых датчиков температуры являются датчики с унифицированным выходным сигналом.

В 2009 году и этот тип пополнился новыми разработками.

В них так же применена технология изготовления чувствительных элементов на базе кабеля RTD с использованием напыленных и остеклованных сенсоров. Кроме того в этих разработках применяются в качестве измерительного токового преобразователя транзисторы ТМТ 180L и ТМТ 181L производства фирмы «Endress+Hauser», Германия с погрешностью от 0,08 %.

Этот тип ТСМУ-Л, ТСПУ-Л, ТХАУ-Л, зарегистрирован в Госреестре СИ под № 40903 и относится к термопреобразователям класса «ЛЮКС» с унифицированным выходным сигналом.

Изделия данного «семейства» изготавливаются как в обычном исполнении, так и во взрывозащищенном (сертификат соответствия № РОСС RU.ГБ06.В00597). Датчики ТСМУ-Л-Ex, ТСПУ-Л-Ex, ТХАУ-Л-Ex имеют два вида взрывозащиты:

а) «Искробезопасная электрическая цепь» с маркировкой:

- 0ExiaIICT1...T6 X

- 1ExibIICT1...T6 X

б) «Взрывонепроницаемая оболочка» с маркировкой:

- 1ExdIICT5 X.

Основные технические характеристики приведены в таблице 2.

Таблица 2

Условное обозначение датчика	Выходной сигнал, мА	Предел допускаемой основной погрешности, γ , \pm %	НСХ чувствительного элемента	Нижний предел диапазона измерений, не менее $^{\circ}\text{C}$	Верхний предел диапазона измерений, не более $^{\circ}\text{C}$	Длина погружаемой части в зону измерения
ТСМУ-Л ТСМУ-Л-Ех	4 - 20 (20 - 4)	0,1; 0,25; 0,5	$\alpha = 0,0042 \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ (100 М)	- 40	+ 180	От 80 до 2000 мм
				- 200	+ 650	
ТСПУ-Л ТСПУ-Л-Ех	4 - 20 (20 - 4)	0,1; 0,25; 0,5	$\alpha = 0,00385 \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ $\alpha = 0,00391 \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ (Pt 100, 100 П)			
ТХАУ-Л ТХАУ-Л-Ех	4 - 20 (20 - 4)	0,25*; 0,5; 1,0	К	- 40	+ 1000	От 120 до 2000 мм

* Кроме датчиков с верхним пределом измерения более $700 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Имеется возможность настройки (перепрограммирования) выходного сигнала, типа чувствительного элемента, диапазона измерений в производственных условиях при помощи специальных технических средств и ПК. Конфигурация измерительного преобразователя (трансммиттера) может быть определена потребителем при оформлении заказа.

Основные преимущества ТСМУ-Л, ТСПУ-Л, ТХАУ-Л (-Ех)

- Степень пылевлагозащищенности IP66;
- Возможность программирования и перепрограммирования диапазона преобразования;
- Контроль и сигнализация в случае нарушения целостности чувствительного элемента: «разрыв» или «короткое замыкание» для элементов сопротивления, «обрыв» для термопар;
- Повышенная точность измерения;
- Наличие гальванической развязки;
- Возможность использования с различными источниками питания от 10 до 36 В.
- Высокая помехозащищенность (магнитные наводки от электродвигателей, УКВ помехи от радиостанций, помехи от сварочных аппаратов, трансформаторов и т.п.)
- Вибростойкость и виброустойчивость по классу F3.

Для поверки датчиков с унифицированным выходным сигналом при температуре до $1000 \text{ }^{\circ}\text{C}$ разработана специальная конструкция термостата, обеспечивающая перепад температур в рабочем пространстве канала при температуре $1000 \text{ }^{\circ}\text{C}$ не более, $0,5 \text{ }^{\circ}\text{C} / \text{см}$ и нестабильность поддержания температуры за 15 мин не более, $1,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Высокий уровень качества выпускаемой продукции обеспечивается Системой менеджмента качества ОАО «Челябинский завод «Теплоприбор», сертифицированной на соответствие ГОСТ Р ИСО 9001-2001.

Эта система действует на всех этапах разработки, постановки на производство, производство и окончательный контроль при выпуске из производства.

При проектировании новых изделий мы тщательно выбираем поставщиков комплектующих, проводя оценку поставщика по качеству изделий и цены на них.

В новых изделиях применены алюминиевые головки импортного производства с керамической клеммной колодкой и максимальной степенью защиты от пыли и воды достигающей IP68 (в серии IP66). Головки имеют наружное и внутреннее термостойкое металлизированное лаковое покрытие. Во всех термопарах с градуировкой ХА(К), включая работающие до температуры 1100 °С, применяется импортный термопарный кабель с различным материалом защитной оболочки в зависимости от температуры применения (AISI 321, Inc 600 и др.).

Таким образом, в настоящий момент мы выпускаем на рынок изделия термометрии изготовленные на базе лучших технологий и комплектующих, ничем не уступающим зарубежным аналогам, но по российским ценам.

Окончательное качество всех, выпускаемых нами средств измерений гарантировано 100 % поверкой их при выпуске из производства и проведением испытаний, начиная с лабораторных и квалификационных при разработке и постановке на производство и заканчивая типовыми и периодическими.

Основные принципы при выполнении указанных работ это высокое качество, гарантированное Системой менеджмента качества ОАО «Челябинский завод «Теплоприбор», сертифицированной на соответствие ГОСТ Р ИСО 9001-2001.

Качество работ обеспечивается высоким уровнем состояния эталонов, поверенных в органах Государственной метрологической службы, компетентностью специалистов, осуществляющих поверочные и калибровочные работы и проведение испытаний, постоянным повышением их знаний и профессионального уровня, высоким уровнем методического обеспечения, организацией работы и беспристрастностью оценок.

Все типы преобразователей сопротивления проходят поверку по методике ГОСТ 8.624-2006. Для этого проведены испытания на соответствие ГОСТ 8.625-2006, рассчитаны неопределенности по всем типам преобразователей и всем рабочим местам.

Сайт: www.tpchel.ru

Телефон группы технической поддержки:

+7 (351) 725-89-54, 725-75-90

Менеджер по термометрии: Ильсур Лукманов, моб. 8(961)793-3413

Телефон сервисного центра:

+7 (351) 725-76-62

Начальник отдела маркетинга

Конюхов Василий Михайлович : тел. +7 (351) 725-89-70, vmkonuho@mail.tpchel.ru

Главный метролог

Подмосковнова Наталья Семеновна: тел. +7 (351) 725-75-19, nspodmos@mail.tpchel.ru