

ПРЕЦИЗИОННЫЙ ТЕРМОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ДЛЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

*В.А.Медведев, канд. техн. наук, советник по метрологии
ООО НПП «ЭЛЕМЕР», Москва, medvedev@elemer*

*В.М.Окладников, чл. корр. Метрологической академии, генеральный директор
ООО НПП «ЭЛЕМЕР», Москва, director@elemer.ru*

*А.С.Верендеев, руководитель продуктового направления «Термометрия»
ООО НПП «ЭЛЕМЕР», Москва, verendeev@elemer.ru*

В России ежегодно добывается около 500 млн тонн нефти. Относительная погрешность измерений ее количества при технологическом учете даже в одну десятую процента составит полмиллиона тонн. Межгосударственный стандарт ГОСТ 34396-2018 [1] установил высокие метрологические требования к системам измерений в этой отрасли и ко всем входящим в них средствам измерений (СИ). Сложные условия эксплуатации, прежде всего температурные, требования к взрывозащищенности, надежности, ремонтпригодности, удобству включения в современные аналоговые и цифровые сети, гарантированному метрологическому обслуживанию на стадиях выпуска из производства и эксплуатации определяет круг задач, с которыми приходится сталкиваться разработчику таких СИ.

Одной из групп СИ, включенных в таблицы указанного выше стандарта, являются термопреобразователи с пределом абсолютной допускаемой погрешности $\pm 0,3$ °С. Разработка термопреобразователя с унифицированным выходным сигналом, удовлетворяющим таким требованиям, и освоение его серийного производства завершены в ООО НПП «ЭЛЕМЕР». Опытные образцы термопреобразователей прецизионных ПТ 0304-ВТ (далее ПТ) успешно прошли испытания в целях утверждения типа и внесены в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений под номером 77963-20.

ПТ состоят из первичного преобразователя сопротивления ПП с чувствительным элементом из платиновой проволоки (одним или двумя) с четырехпроводной схемой соединения, помещенным в защитную арматуру, и измерительного преобразователя ИП.

ИП конструктивно выполнен в корпусе, в котором размещены аналогово-цифровой преобразователь (АЦП), цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) и модуль индикации (в зависимости от исполнения). ПП и ИП объединяются в единый блок надежно уплотняемым резьбовым соединением и клеммным соединителем. Сопротивление чувствительного элемента ПП преобразуется в ИП с помощью АЦП в цифровой сигнал. Цифровой

сигнал обрабатывается с помощью микропроцессорного модуля ИП и поступает в ЦАП, где происходит преобразование в унифицированный аналоговый сигнал постоянного тока, на который, при наличии у ИП частотного модулятора, накладывается сигнал HART-протокола. Микропроцессорный модуль обеспечивает управление всеми схемами ИП и осуществляет информационную связь с компьютером и другими изделиями. В ряде моделей на цифровых табло термопреобразователей или HART-коммуникатора в режиме измерений отображается значение измеряемой температуры в цифровом виде.

ПТ выпускаются либо в модификации с ПП, описываемыми стандартными номинальными статическими характеристиками (НСХ) 100П или Pt100, либо с ПП, имеющими индивидуальную статическую характеристику (ИСХ) также в форме уравнения Каллендара-Ван Дюзена.

Внешнее программное обеспечение, загружаемое в персональный компьютер, обеспечивает конфигурирование ИП, получение данных в процессе измерений, градуировку, поверку/калибровку ПТ, выдачу текстовых сообщений о состояниях ПТ. При конфигурировании минимальный задаваемый интервал (поддиапазон) измерений составляет 10 °С. Метрологически значимая часть программного обеспечения встроена в микропроцессор-

ПРЕЦИЗИОННЫЙ ТЕРМОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ДЛЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ



Крепление в гильзу (корпус из алюминиевого сплава с индикацией)



Крепление на кронштейн (корпус из нержавеющей стали с индикацией)



Крепление в гильзу (корпус из алюминиевого сплава без индикации)



Крепление в гильзу (корпус из нержавеющей стали без индикации)

Табл. 1. Диапазоны и погрешности измерений для ПП с ИСХ

Диапазон измерений, °С	Пределы допускаемой абсолютной погрешности, °С
от -50 до +160	$\pm(0,03+1 \cdot 10^{-4} \cdot t)$
от -50 до +250	$\pm(0,05+1,5 \cdot 10^{-4} \cdot t)$
от -50 до +450	$\pm(0,1+2 \cdot 10^{-4} \cdot t)$

Табл. 2.

Пределы допускаемой основной погрешности ИП					
Цифрового сигнала по протоколу HART, ΔАЦП, °С		Цифро-аналогового преобразования, ΔЦАП			
		ΔЦАП, мА		ΔЦАП, % (от интервала измерений)	
Индекс заказа					
A1	B1	A1	B1	A1	B1
± 0,03	± 0,06	± 0,004	± 0,008	± 0,025	± 0,05

ный модуль ИП и доступна только изготовителю.

Номинальные статические характеристики, диапазоны измерений и пределы допускаемых погрешностей ПП с ИСХ 100П и Pt100 различных классов допуска соответствуют ГОСТ 6651-2009 [2], для ПП с ИСХ диапазоны и погрешности приведены в табл. 1.

В табл. 2 приведены пределы допускаемой основной погрешности компонентов (АЦП и ЦАП) ИП для диапазона измерений от минус 200 °С до 600 °С и индексов заказа А1 и В1.

Приведенные в табл. 1 высокие точности передачи единицы температуры первичным преобразователям обеспечиваются индивидуальной градуировкой чувствительных элементов ПП в ампулах тройной точки воды и реперных точек 1-го разряда производства ООО НПП «ЭЛЕМЕР»¹. Используются ампулы точки плавления галлия (26,7646 °С), тройной

точки ртути (минус 38, 8344 °С) и, в зависимости от верхней границы диапазона, ампулы точки затвердевания индия (156,5985 °С), олова (231,928 °С), цинка (419,527 °С).

ПТ 0304-ВТ имеет встроенную функцию температурной компенсации, которая нивелируется воздействием температуры окружающей среды на показания прибора, благодаря чему его можно применять во всех климатических зонах России.

В целом прецизионный термопреобразователь ПТ 0304-ВТ ни в чем не уступает дорогостоящим зарубежным аналогам, до сих пор используемым отечественными нефтяными компаниями и компаниями стран ЕАС.

Литература

1. Межгосударственный стандарт. ГОСТ 34396-2018. Системы измерений количества и показателей качества нефти и нефтепродуктов. Общие технические условия.
2. Межгосударственный стандарт. ГОСТ 6651-2009. ГСИ. Термометры сопротивления из платины, меди и никеля. Общие технические требования и методы испытаний.

¹ Внесены в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений, номер 67974-17