

# Результаты опытных эксплуатационных испытаний преобразователей гидростатического давления Сапфир-22-МП-ВН-ДГ, примененных для измерений расхода массы ингибитора коррозии

**Т.Т. Нигаматзянов**

главный метролог<sup>1</sup>

tomas-nigmat@mail.ru

**В.В. Аскерков**

заместитель генерального директора по качеству<sup>2</sup>

omk-tk@mail.ru

**С.Г. Лебедев**

директор<sup>2</sup>

sergl-64@mail.ru

**Р.Р. Салимуллин**

начальник отдела информационных технологий<sup>3</sup>

salimullin@tatneft.ru

**А.А. Евсеев**

начальник отдела по антикоррозийной защите

трубопроводов и нефтепромышленного

оборудования<sup>4</sup>

**Р.Р. Курбангалиев**

главный метролог<sup>2,4</sup>

**Р.Г. Гайсина**

ведущий инженер<sup>2</sup>

sergl-64@mail.ru

<sup>1</sup>ОАО «Теплоконтроль», Казань, Россия

<sup>2</sup>СКБ «Прибор» ОАО «Теплоконтроль», Казань, Россия

<sup>3</sup>Инженерный центр ОАО «Татнефть», Альметьевск, Россия

<sup>4</sup>ОАО «Татнефть», Альметьевск, Россия

<sup>5</sup>НГДУ «Альметьевнефть», Альметьевск, Россия

**В статье рассмотрены результаты опытных эксплуатационных испытаний до и после конструктивных доработок преобразователей гидростатического давления, установленных на резервуарах дозаторных установок и применяемых для измерений расхода массы ингибитора коррозии, подаваемого в нефтепромышленное оборудование.**

## Материалы и методы

Реагент — используемый в дозаторных установках НГДУ «Альметьевнефть» ОАО «Татнефть» ингибитор коррозии. Объемно-массовый метод по ЦТ-781, метод с использованием преобразователя гидростатического давления, описанный в работе [2].

## Ключевые слова

преобразователь гидростатического давления, датчик, расход массы, ингибитор коррозии, реагент, предел допускаемой основной погрешности, разрешение по давлению, предел допускаемого отклонения

Защита нефтепромышленного оборудования от коррозии с использованием ингибитора коррозии (реагента) — задача актуальная. В настоящее время, как правило, расход массы реагента определяется объемно-массовым методом (прямым методом статических измерений) [1]. В работе [2] нами был предложен альтернативный гидростатический метод измерений расхода массы ингибитора коррозии, подаваемого из резервуара дозаторной установки, с использованием преобразователя гидростатического давления (датчика) с пределом допускаемой основной погрешности  $\pm 0,15\%$  ВПИ.

В этом случае расход массы расход массы жидкости определяется косвенно по формуле:

$$\delta m = \frac{\delta P_{пр} \cdot S}{g} \quad (1)$$

где  $\delta P_{пр}$  — приращение давления, измеряемое преобразователем, кгс/м<sup>2</sup>;

$S$  — площадь сечения резервуара, м<sup>2</sup>

$g$  — ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup> ( $g=9,81$  м/с<sup>2</sup>).

Этот метод производительнее и точнее статического метода косвенных измерений, что обосновано нами теоретическими выкладками и подтверждено предварительными испытаниями датчика в полевых условиях. В итоге был сделан вывод — преобразователи гидростатического давления с разрешением по давлению  $0,01\%$  ВПИ по ТУ [3], могут быть применены в качестве средств измерений расхода массы ингибитора коррозии.

В ОАО «Татнефть» была разработана «Программа и методика проведения эксплуатационных испытаний преобразователей гидростатического давления. Испытания трех датчиков проводились с июля 2012 по декабрь 2013 гг. в НГДУ «Альметьевнефть» на технологических объектах ГЗНУ-23 ЦДНГ-4, ГЗУ-12д ЦДНГ-3, ГЗНУ-5 ЦДНГ-5.

Процесс испытаний преобразователей давления, установленных на резервуарах

дозаторных установок для измерения расхода массы реагента, состоял из трех этапов:

I. Испытания датчиков на стабильность показаний во времени (при технологической операции слива жидкости из резервуара в нефтепромышленное оборудование).

Стабильность показаний датчиков определялось отсутствием скачкообразных отклонений показаний от прямой линии в графике линейной зависимости измеряемого давления от времени. Отбор жидкости — равномерный процесс.

II. Испытания на точность линий передачи цифрового и аналогового сигналов датчика через контроллер в систему телеметрии на АРМ диспетчера ЦДНГ (при технологической операции слива жидкости из резервуара в нефтепромышленное оборудование).

Точность передачи сигналов датчика по цифровому и аналоговому линиям через контроллер, характеризуемая погрешностью, оценивалась отклонением показаний датчиков на месте измерений от показаний системы телеметрии диспетчера ЦДНГ.

III. Испытания датчиков на точность измерений расхода массы реагента (при экспериментальной операции залива жидкости в резервуар с использованием тары).

Точность измерений датчиками расхода массы реагента, характеризуемая погрешностью, оценивалась отклонением результата измерений приращения массы датчиком от результата измерения приращения массы эталонными весами при экспериментальных операциях залива ингибитора коррозии в резервуар дозаторной установки. Отклонение результата измерений не должно превышать предел допускаемого отклонения  $\pm 0,10$  кг.

На первом этапе испытаний в линейной характеристике измеряемого давления реагента обнаружилось наличие характерных скачков показаний датчика (рис. 1) с амплитудой от минус 25 до плюс 25 кгс/м<sup>2</sup>.

Причины возникновения этих скачков

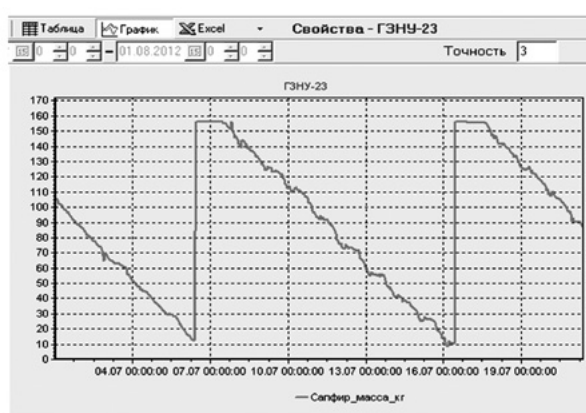


Рис. 1 — Тренд с графиком линейной зависимости давления от времени с характерными скачками показаний датчика, полученный в процессе испытаний на объекте ГЗНУ-23

показаний датчика были неизвестны. В результате исследований были выявлены следующие факторы, вызывавшие отклонения показаний преобразователя давления:

1. При анализе физико-химических характеристик ингибитора коррозии, в составе которого присутствуют основные компоненты — метанол и ортофосфорная кислота, выявлены следующие особенности:
  - непрерывное выделение газов, интенсивность которого зависит от температуры, за счет испарения метанола, вызывающее скопление газов в замкнутом пространстве «плюсовой» измерительной полости преобразователя давления, перед мембраной;
  - при химической реакции ортофосфорной кислоты с конструкционными материалами датчика (сталь Ст20(30) с покрытием сплава хром-цинк) происходит выделение газов и их накопление вблизи мембраны измерительного блока преобразователя давления.
  - ингибитор коррозии обладает значительным коэффициентом линейного расширения от изменения температуры, а также некоторой сжимаемостью при воздействии давления за счет присутствия диффузно растворенных в нем газов.
2. Накопление грязевых осадков тяжелых фракций вблизи измерительной мембраны в рабочей полости датчика давления.

3. Неравномерное воздействие ветра:

- на мембрану измерительного блока преобразователя через отверстие в камере, связанной с атмосферой;
- на уровень жидкости через горловину резервуара.

Выделение газов в результате химической реакции и их накопление вблизи мембраны устранено:

- изменением конструкции измерительной полости мембранного блока преобразователя, для исключения скрытых полостей и карманов, способствующих накоплению газов;
- изготовлением фланцевого соединения преобразователя давления Сапфир-22-МП-ВН-ДГ из нержавеющей стали 12Х18Н10Т, стойкой к воздействию рабочей жидкости;
- изменением конструкции фланцевого соединения датчика к резервуару;
- наклоном оси фланцевого соединения на угол  $15^\circ$  вниз от горизонтальной плоскости, перпендикулярной отвесной линии, для естественного оттока газов из измерительной полости преобразователя;
- врезкой соединительного фланца в резервуар без создания полости (кармана) в верхней части соединительного патрубка.

Накопление грязевых осадков и тяжелых фракций реагента вблизи измерительной мембраны датчика устранено применением

устройства отсеки тяжелых фракций и осадков реагента.

Воздействие ветра устранено применением демпфирующих устройств во второй рабочей камере датчика и на крышке резервуара.

Кроме того в процессе опытной эксплуатации выявилось, что большие габаритные размеры и масса датчика давления приводят к сложности монтажа. Это заставило модернизировать конструкцию соединительных фланцев с патрубками, в результате чего их масса и габаритные размеры уменьшились в два раза. Это облегчило монтаж датчика, ввод в эксплуатацию и дальнейшее обслуживание преобразователя давления.

На рис. 2 представлена фотография датчика давления с модернизированным измерительным блоком и фланцевым соединением.

После модернизации конструкции преобразователя давления в последующих испытаниях датчиков в графиках линейной зависимости измеряемого давления от времени исчезли характерные скачки показаний (рис. 3).

На втором этапе испытаний после калибровки АЦП точность передачи данных через контроллер, характеризующаяся допустимым отклонением показаний датчиков на месте измерений от показаний системы телеметрии диспетчера ЦДНГ, дала полное совпадение результатов по цифровому и аналоговому каналам.

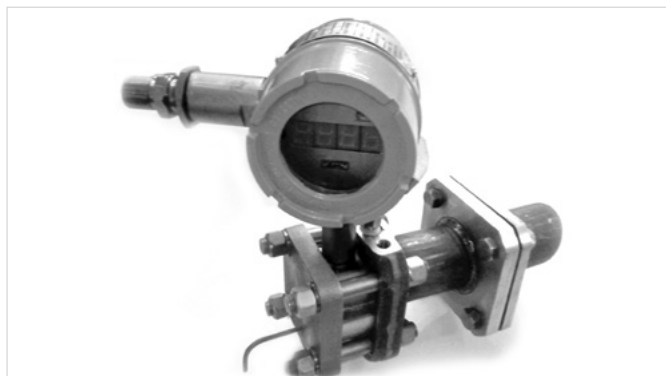


Рис. 2 — Преобразователь гидростатического давления с доработанным измерительным блоком и фланцевым соединением

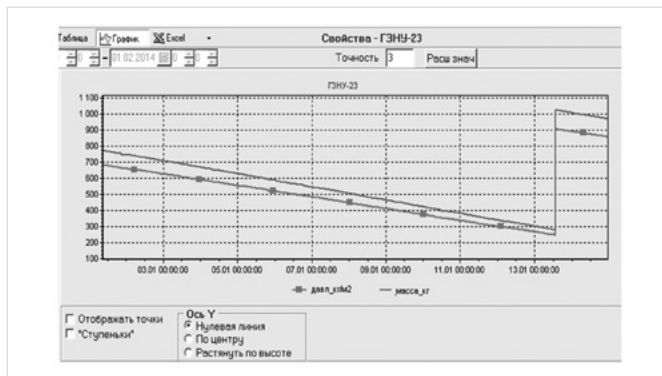


Рис. 3 — Тренд с графиком линейной зависимости давления от времени, полученный в процессе испытаний на объекте ГЗНУ-23 после модернизации преобразователя давления

Время	Показание преобразователя		Результат измерения				Отклонение результата измерения приращения массы преобразователем Сапфир и с помощью весов $\Delta(\delta m) = \delta_{\text{мпр}} - \delta_{\text{мвс}}$ , кг	Предел допускаемого отклонения $\Delta(\delta m)_{\text{доп}}$ , кг
	Сапфир до залива в резервуар ведра жидкости Iпр.1, мА	Сапфир после залива в резервуар ведра жидкости Iпр.2 мА	приращения тока преобразователем Сапфир $\delta I_{\text{пр.1}}$ , мА	приращения давления преобразователем Сапфир $\delta P_{\text{пр}}$ , кгс/м <sup>2</sup>	приращения массы преобразователем Сапфир $\delta m_{\text{пр}} = \delta P_{\text{пр}} \times S$ , кг	массы жидкости с помощью весов $\delta m_{\text{вс}} = m_{\text{вк}} - m_{\text{в}}$ , кг		
114. 30 мин	4,0000	4,1405	0,1405	8,782	10,033	10,0	0,033	±0,10
114. 32 мин	4,1405	4,2809	0,1404	8,775	10,025	10,0	0,025	±0,10
114. 35 мин	4,2809	4,4214	0,1405	8,780	10,031	10,0	0,031	±0,10
114. 38 мин	4,4214	4,5613	0,1399	8,743	9,989	10,0	-0,011	±0,10
114. 40 мин	4,5613	4,7016	0,1403	8,769	10,018	10,0	0,018	±0,10
114. 43 мин	4,7016	4,8416	0,1400	8,752	9,999	10,0	-0,001	±0,10
114.45 мин	4,8416	4,9819	0,1403	8,767	10,016	10,0	0,016	±0,10
114. 49 мин	4,9819	5,1223	0,1404	8,776	10,026	10,0	0,026	±0,10
114. 52 мин	5,1223	5,2626	0,1403	8,769	10,018	10,0	0,018	±0,10
114. 55 мин	5,2626	5,4025	0,1399	8,746	9,992	10,0	-0,008	±0,10

S — площадь сечения резервуара; D — внутренний диаметр резервуара;  $S=1,14249$  м<sup>2</sup>;  $D=1,2064$  м;

Таб. 1 — Протокол измерений приращения массы жидкости с помощью преобразователя гидростатического давления зав. № 311302 и весов электронных тензометрических МТ зав. № 315639 от 11.12.2013 г.

На третьем этапе испытаний для определения отклонений результатов измерений приращения массы датчиком от результатов измерений приращения массы эталонными весами на дозаторных установках проводились экспериментальные операции порционного залива реагента. В резервуар добавлялись порции реагента (30 раз по 10 кг), масса которого измерялась эталонными весами с пределом допускаемой погрешности  $\pm 10$  г. До залива в резервуар порции реагента и после залива снимались показания преобразователя давления и по формуле (1) вычислялся результат измерения приращения массы датчиком. Показания весов и датчика, а также результаты измерений и обработки

записывались в Протокол измерений по форме, приведенной в таб. 1.

В процессе сличения преобразователей давления с эталонными весами отклонения результатов измерения приращения массы датчиком давления и весами не превышали предела допускаемого отклонения  $\pm 100$  г. К примеру, на объекте ГЗНУ-23 эти отклонения имели значения в диапазоне от минус 11 до плюс 33 г. А отклонение между суммарной массой 300,354 кг, измеренной преобразователем Сапфир, и суммарной массой 300 кг, измеренной эталонными весами, составило значение 354 г (0,12%) и не превысило суммарного предела допускаемого отклонения  $\pm 548$  г (для 30 порций залива реагента).

#### Список используемой литературы

1. ЦТ-781. Инструкция о порядке и методах измерений при учетных операциях с нефтепродуктами на предприятиях Федерального железнодорожного транспорта. Утвержден МПС РФ 15.09.2000 № ЦТ-781.
2. Нигаматзянов Т.Т., Аскерков В.В., Анисимова С.А., Любугин А.Н., Салимуллин Р.Р. О применении преобразователя давления Сапфир-22-МП-ВН-ДГ для измерения расхода ингибитора коррозии // Экспозиция Нефть Газ. 2013. № 3 (28). С. 96–97.
3. ТУ 4212-177-00225621-2008. Преобразователи давления измерительные Сапфир-22МП-ВН. Технические условия.

ENGLISH

MEASURING EQUIPMENT

## The results of experienced operational testing of converters hydrostatic pressure Sapphire-22-MP-VN-DG applied for measurement of mass flow corrosion inhibitor

UDC 681.2

#### Authors:

**Thomas T. Nigmatzyanov** — chief metrologist<sup>1</sup>; [tomas-nigmat@mail.ru](mailto:tomas-nigmat@mail.ru)  
**Valery V. Askerkov** — deputy general director for quality<sup>1</sup>; [omk-tk@mail.ru](mailto:omk-tk@mail.ru)  
**Sergey G. Lebedev** — director<sup>2</sup>; [sergl-64@mail.ru](mailto:sergl-64@mail.ru)  
**Rustem R. Salimullin** — head of Information technology<sup>3</sup>; [salimullin@tatneft.ru](mailto:salimullin@tatneft.ru)  
**Alexander A. Yevseyev** — head of corrosion protection pipelines and oilfield equipment<sup>4</sup>  
**Ramil R. Kurbangaliev** — chief metrologist<sup>3,4</sup>  
**Rezeda G. Gaisina** — leading engineer<sup>1,2</sup>; [sergl-64@mail.ru](mailto:sergl-64@mail.ru)

<sup>1</sup>Teplokontrol JSC, Kazan, Russian Federation

<sup>2</sup>SCB Pribor, Teplokontrol JSC, Kazan, Russian Federation

<sup>3</sup>Engineering Center of JSC Tatneft, Almetьевsk, Russian Federation

<sup>4</sup>JSC Tatneft, Almetьевsk, Russian Federation

<sup>5</sup>NGDU Almetьевneft Almetьевsk, Russian Federation

#### Abstract

The article considers the results of experienced operational tests before and after the constructive developments converters hydrostatic pressure Sapphire-22-MP-VN-DG installed on the tanks filling installations which are used for the measurement of mass flow corrosion inhibitor supplied in oilfield equipment.

#### Materials and methods

Reagent used in filling plants Almetьевsk oil and gas production OJSC «Tatneft» corrosion inhibitor. Volumetric-mass method for DH-781,

method using hydrostatic pressure transducer described in [2].

#### Results

According to the results of experienced operational tests established that the transmitter of the hydrostatic pressure Sapphire-22-MP-VN-DG measures the mass flow in reagent reservoirs filling installations with a relative error, not exceeding a value of  $\pm 0.1\%$ .

#### Conclusions

Hydrostatic pressure transmitters Sapphire-

22-MP-VN-DG with a limit of permissible basic error  $\pm 0.15\%$  of full scale, produced by OJSC Teplokontrol may be used for continuous measurement and monitoring of the mass of the reagent and oil products, and also for use output parameters to control technological processes.

#### Keywords

transmitter of the hydrostatic pressure sensor, mass flow, corrosion inhibitor, reagent, maximum permissible error, permission for pressure limit deviation

#### References

1. ST-781. *Instruktsiya o poryadke i metodakh izmereniy pri uchetnykh operatsiyakh s nefteproduktami na predpriyatiyakh Federal'nogo zheleznodorozhnogo transporta* [Instruction on the procedure and methods of measurement under accounting operations with oil products at the enterprises of the Federal railway transport].
2. Nigmatzyanov T.T., Askerkov V.V., Anisimova S.A., Lyubyagin A.N., Salimullin R.R. *O primeneni preobrazovatelya davleniya Sapphir-22-MP-VN-DG dlya izmereniya raskhoda massy inhibitora korrozii* [About application of the converter of hydrostatic pressure Sapphire-22-MP-VN-DG for measurement of the expense of weight corrosion inhibitor]. *Exposition Oil Gas*. 2013. issue 3 (28). pp. 96–97.
3. ТУ 4212-177-00225621-2008. *Preobrazovatelye davleniya izmeritelnyye Sapphir-22-MP-VN. Tekhnicheskie usloviya* [Pressure transmitters Sapphire-22MP-VN. Technical conditions].



**ОАО «Теплоконтроль»**  
 Тел.: +7 (834) 278-33-54,  
 278-34-04, 278-35-54, 278-35-14.  
 e-mail: [tk\\_mark@mail.ru](mailto:tk_mark@mail.ru)

ОАО «Теплоконтроль» изготавливает преобразователи гидростатического давления Сапфир-22-МП-ВН-ДГ для измерений массы ингибитора коррозии в резервуарах дозаторных установок.

Предприятие выпускает из производства и другие типы преобразователей давления Сапфир (преобразователи абсолютного и избыточного давления, разности давлений, разрежения и давления-разрежения), которые можно увидеть на сайте ОАО «Теплоконтроль»: [www.teplokontrol.ru](http://www.teplokontrol.ru).