

К ВОПРОСУ О МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ РАСХОДОМЕРА-СЧЕТЧИКА ВИХРЕВОГО «ИРГА-РВ» С ЗАГРЯЗНЕНИЯМИ В ЕГО ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ

И. А. ГОРБУНОВ
директор ООО «Глобус»

Д. А. БЕЗУГЛОВ
зам. директора
департамента АСУ и АП
по стандартизации
и метрологии
ОАО «Негуснефть»

Г. М. ХОРУЖЕВ
нач. отдела маркетинга
ООО «Глобус»

В сентябре 2008 года ООО «Глобус» получило из ОАО «Негуснефть» расходомер, который использовался на попутном нефтяном газе (ПНГ) с 2006 года. Этот прибор установлен на факельной линии и измеряет расход неочищенного ПНГ, отправляемого на сжигание. При этом его прислали так, как есть, то есть сняли с газопровода и упаковали немойтым. У специалистов ООО «Глобус» появилась возможность сравнить работу загрязненного и чистого прибора и получить ответ на вопрос: «Что происходит с метрологическими характеристиками вихревого расходомера в случае загрязнения его проточной части?». Особенно ценно то, что расходомер был загрязнен в условиях реального производства.

ООО «Глобус» (г. Белгород) выпускает расходомер-счетчик вихревой «Ирга-РВ». Это универсальный расходомер, который пригоден для измерения расходов газа, пара и жидкости. Считается, что, даже при измерении расходов среды с загрязнениями, метрологические характеристики вихревого расходомера остаются стабильными во всем диапазоне измерения (1).

Характеристики присланного расходомера-счетчика вихревого «Ирга-РВ» полнопроходного исполнения (выпускается и погружное исполнение) следующие:

1. типоразмер (Ду), мм 300,
 2. вид учета технологический,
 3. марка стали расходомера и вихребразующего тела 12Х18Н10Т,
 4. полный измеряемый расход в рабочих условиях, м³/час от 250 до 16 000,
 5. измеряемый расход в рабочих условиях, заказанный заказчиком, м³/час от 2300 до 9 000,
 6. пределы допустимой относительной погрешности измерения объемного расхода в комплекте с вычислителем «Ирга-2» в стандартных условиях, %:
 - в диапазоне от $0,05Q_{\max}$ до $Q_{\max} \pm 1$,
 - в диапазоне от $Q_{\min}$ до $0,05Q_{\max} \pm 1,5$,
 7. диапазон температур, °С:
 - окружающего воздуха от -55 до +80,
 - измеряемой среды от -55 до +80.
- Наверное, следует сделать небольшое отступление и рассказать, что



Рис. 1.
Расходомер грязный.



Рис. 2.
Расходомер мытый.

собой представляет ПНГ как изменяемая среда. «Нефтяные попутные газы представляют собой сложную смесь органических и неорганических веществ переменного состава. В их состав часто входят агрессивные вещества: сероводород и диоксид углерода, которые в присутствии воды создают кислотоагрессивную среду, разъедающую материалы расходомеров. Наличие кислорода увеличивает окислительную активность среды. Нефтяные газы содержат и высокомолекулярные соединения, склонные к налипанью и коксованию на внутренних поверхностях расходомера. И, наконец, нефтяные газы содержат значительное количество механических примесей, как правило, песка, который оказывает сильное абразив-

ное воздействие на любые поверхности, соприкасающиеся с потоком газа» (2).

Осмотр проточной части расходомера подтвердил правильность выбора материалов расходомера, контактирующих с измеряемой средой. В проточной части расходомера отсутствовало окислительное и абразивное разрушение. Оставалось проверить: влияют или нет отложения в расходомере на его метрологические характеристики. Для этого достаточно определить калибровочные характеристики загрязненного и мытого расходомера и сравнить их друг с другом.

На Рис. 1 представлена проточная часть расходомера, каким он поступил в ООО «Глобус». Хорошо видно,

что отложение загрязнений после тела вихреобразования резко уменьшается. Видны небольшие отложения на пьезодатчиках.

Сначала на поверочную установку (ПУ) «Ирга-ПУ-М» (разработка и изготовление ООО «Глобус») был установлен расходомер с теми загрязнениями, которые видны на Рис. 1. С помощью программного обеспечения «Ирга-ПУ-М» были определены калибровочные характеристики. Потом расходомер вымыли, установили на ПУ и определили калибровочные характеристики уже с мытой проточной частью (Рис. 2).

Отклонение показаний расходомера определялась по формуле:

$$\delta = \frac{F_{изм} - F_{расч}}{F_{изм}} * 100\%, \quad 1$$

где:

$F_{изм}$ – физическая частота*, измеренная на выходе мытого расходомера при расходе, заданном ПУ;

$F_{расч}$ – физическая частота, рассчитанная по результатам измерения частоты на выходе «грязного» расходомера приведением к соответствующему заданному расходу, соответствующему периоду испытания отмытого расходомера;

δ – отклонение показаний «грязного» расходомера по отношению к мытому.

Расчетная физическая частота ($F_{расч}$) вычислялась по следующей формуле:

$$F_{расч} = \frac{F_{изм} Q_{нсп1}}{Q_{нсп2}}, \quad 2$$

где:

$Q_{нсп1}$ – величина расхода, заданная ПУ для «грязного» расходомера;

$Q_{нсп2}$ – величина расхода, заданная ПУ для мытого расходомера, примерно соответствующая $Q_{нсп1}$. Так вычисляется $F_{расч}$ для «грязного» расходомера.

Полученные данные и результаты их обработки представлены в таблице 1.

В таблице представлены следующие данные для «грязного» расходомера: $Q_{нсп}$ – усредненный расход, задаваемый ПУ ($м^3/ч$), $K_{нсп}$ – усредненный коэффициент преобразования расходомера (безразмерная величина), $F_{физ}$ – частота сигнала датчиков расходомера (Гц). Для мытого расходомера столбцы 4, 5, и 6 аналогичны столбцам «грязного» 1, 2, 3, а $F_{физ}$ пр. (7 ст.) – частота сигнала датчиков «грязного» расходомера, пересчитанного к $Q_{нсп}$ мытого по формуле 2 (Гц). В 8 столбце представлены расхождения показаний между двумя состояниями расходомера, вычисленные по формуле 1.

Собственно калибровочной характеристикой расходомера выступает $K_{нсп}$. График зависимости коэффициента преобразования от задаваемого расхода служит характеристикой качества расходомера. Чем больше график похож на прямую линию, тем ближе работа прибора к идеальной.

Для целей данной статьи удобнее воспользоваться графиком зависимости

ТАБЛИЦА 1

КАЛИБРОВОЧНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ПОЛУЧЕННЫЕ ДЛЯ «ГРЯЗНОГО» И ОТМЫТОГО РАСХОДОМЕРА

№ п/п	Расходомер грязный			Расходомер чистый				
	$Q_{нсп}$, $м^3/ч$	$K_{нсп}$	$F_{физ}$, Гц	$Q_{нсп}$, $м^3/ч$	$K_{нсп}$	$F_{физ}$, Гц	$F_{физ}$, расчетное, Гц	Отклонение
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	254,352	40,453	2,858	246,662	40,749	2,792	2,765	0,97
2	287,389	40,366	3,222	278,16	40,534	3,132	3,118	0,45
3	328,947	40,462	3,697	322,103	40,69	3,641	3,620	0,578
4	396,808	40,389	4,452	388,841	40,57	4,382	4,363	0,43
5	497,611	40,199	5,556	488,304	40,47	5,489	5,452	0,67
6	920,396	39,214	10,026	922,397	39,543	10,132	10,048	0,83
7	1565,905	39,036	16,98	1569,17	39,369	17,16	17,015	0,84
8	2370,725	39,32	25,893	2376,79	39,516	26,089	25,959	0,50
9	3009,76	38,935	32,551	3013,89	39,146	32,773	32,596	0,54
10	3469,56	39,057	37,642	3482,47	39,166	37,887	37,782	0,28
11	4878,81	38,927	52,755	4887,84	39,202	53,226	52,853	0,70
12	5627,60	39,293	61,424	5639,87	39,433	61,777	61,558	0,35
13	6383,25	39,021	69,189	6388,80	39,148	69,475	69,249	0,33
14	7108,68	39,524	78,044	7110,41	39,405	77,829	78,063	-0,30
15	7679,65	39,423	84,098	7676,09	39,324	83,849	84,059	-0,25
16	12332,47	39,283	136,05	12384,56	39,145	137,085	136,624	0,34
17	15980,33	39,519	177,997	16008,54	39,462	177,199	178,311	-0,63

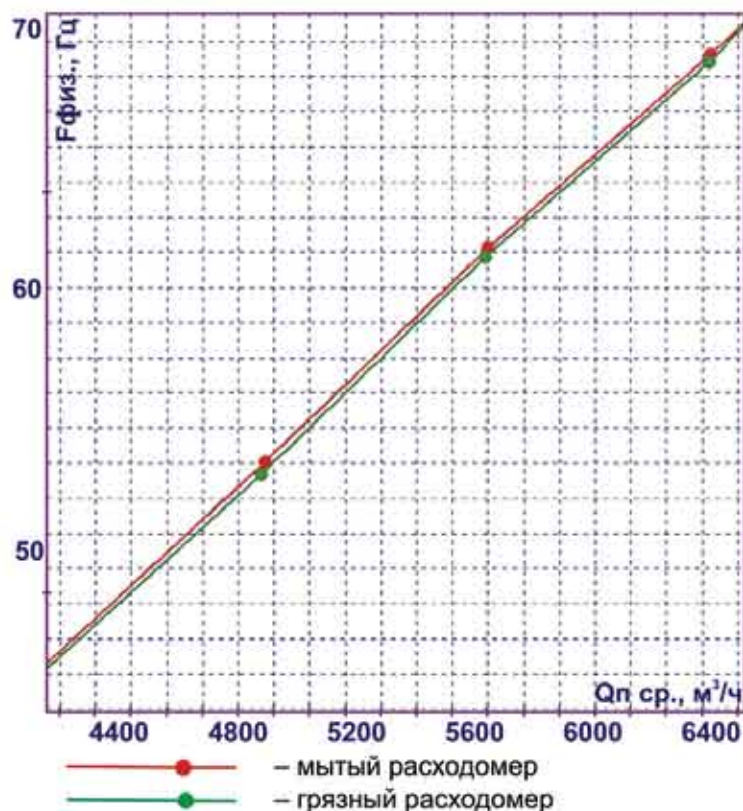


Рис. 3.
Графики зависимости
физической частоты
($F_{\text{физ.}}$) от задаваемого
расхода ($Q_{\text{п ср.}}$)

сти физической частоты ($F_{\text{физ.}}$) от задаваемого расхода ($Q_{\text{п ср.}}$). На Рис. 3 приведены такие графики. Так как при размещении на одном рисунке полно-размерных графиков линии сливаются, то пришлось ограничиться отрезками графиков из трех точек каждый. График, обозначенный сплошной линией, характеризует эту зависимость у «грязного» расходомера, а второй – у мытого. Так как фактически это один и тот же расходомер, то расстояние

между графиками в одной точке расхода отражает абсолютное отклонение показаний «грязного» расходомера относительно мытого. В таблице 1 в столбце 8 указаны величины относительных отклонений $F_{\text{физ.}}$. При этом за базу приняты показания мытого расходомера.

Как можно убедиться, эта величина при всех заданных расходах менее 1 %. Этот расходомер около двух лет работал на факельной линии, и уровень

загрязнения проточной части расходомера можно считать устоявшимся. Следовательно, показания расходомера при устоявшемся уровне загрязнений отклоняются не более чем на $\pm 1\%$. Это отклонение укладывается в декларируемую погрешность расходомера-счетчика «Ирга-РВ».

Как вы помните, в начале статьи был поставлен вопрос: «что происходит с метрологическими характеристиками, если загрязнения все же отложились в проточной части расходомера?». Проведенный специалистами ООО «Глобус» эксперимент позволяет ответить на этот вопрос.

Метрологические характеристики расходомера-счетчика вихревого «Ирга-РВ» остаются стабильными даже в случае отложения загрязнений в проточной части расходомера, работающего на ПНГ.

Примечание:

* **Физическая частота** – это частота электрических колебаний, которая получается на выходе пьезодатчиков в результате их взаимодействия с дождевой Кармана.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кремлевский П.П. «Расходомеры и счетчики количества вещества», т.2, стр. 282.
2. Хоружев Г.М. «Измерение расхода нефтяного газа вихревыми расходомерами «Ирга-РВ», сборник «Рациональное использование нефтяного попутного газа». Материалы XXIII Всероссийского межотраслевого совещания (Краснодар 12–16 сентября 2005 года), стр. 255–259. ■



**производитель промышленных счетчиков
газа, пара, жидкости, тепловой энергии**
www.irga.ru

Расходомер-счетчик вихревой «Ирга-РВ» хорошо работает не только на природном газе, но и при измерении расходов попутных нефтяных газов:

- измеряемые среды – газы, пар, жидкости, в том числе загрязненные примесями;
- типоразмеры Ду от 25 до 700 мм; рабочее давление до 30 МПа;
- относительная погрешность измерения расхода не более $\pm 1\%$ в диапазоне 1:20;
- межповерочный интервал 4 года.

На базе вихревого расходомера и вычислителя «Ирга-2» выпускаются **счетчик газа ТРСГ-ИРГА** и **счетчик пара «Ирга-2.3С»** (температура пара до $+575^\circ\text{C}$).

Расходомер-счетчик струйный «Ирга-РС» хорошо подходит для учета кислорода и водорода:

- измеряемые среды – газы, пар, жидкости; трубопроводы Ду от 10 до 3000 мм;
- динамический диапазон расходов $Q_{\text{min}}/Q_{\text{max}}$ не менее 1:30;
- относительная погрешность измерения расхода не более $\pm 0,5\%$ в диапазоне от 3 до 100% Q_{max} .

Системы телеметрии для мониторинга бытовых счетчиков газа и для ГРС.

По желанию Заказчика выполним проект, монтаж, пуско-наладку.