

# 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 невымытым. У специалистов ООО "Глобус" появилась возможность сравнить работу загрязненного и чистого приборов 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 измерений расходов газа, пара и жидкости. Считается, что, даже при измерении расходов среды с загрязнениями, метрологические характеристики вихревого расходомера остаются стабильными во всем диапазоне измерений (1).

Характеристики присланного расходомера-счетчика вихревого "Ирга-РВ" полнопроточного исполнения (выпускается и погружное исполнение) следующие:

Типоразмер (Ду), мм.....	300.
Вид учета.....	технологический.
Марка стали расходомера и вихребразующего тела .....	12X18H10T.
Полный измеряемый расход в рабочих условиях, м <sup>3</sup> /ч .....	от 250 до 16 000.
Изменяемый расход в рабочих условиях, заказанный заказчиком, м <sup>3</sup> /ч .....	от 2300 до 9 000.

Пределы допускаемой относительной погрешности измерений объемного расхода в комплекте с вычислителем "Ирга-2" в стандартных условиях, %:

- в диапазоне от 0,05Q<sub>max</sub> до Q<sub>max</sub> ..... ±1;
- в диапазоне от Q<sub>min</sub> до 0,05Q<sub>max</sub>..... ±1,5.

Диапазон температур, °С:

- окружающего воздуха..... от минус 55 до +80;
- измеряемой среды .....

Наверное, следует сделать небольшое отступление и рассказать, что собой представляет ПНГ как измеряемая 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 кислотно агрессивную среду, разъедающую материалы расходомеров. Наличие кислорода увеличивает окислительную активность среды. Но нефтяные газы содержат и высокомолекулярные соединения, склонные к налипанию и коксованию на внутренних поверхностях расходомера. И, наконец, нефтяные газы содержат значительное количество механических примесей, как правило, песка, который оказывает сильное абразивное 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 чистого расходомеров и сравнить их друг с другом.

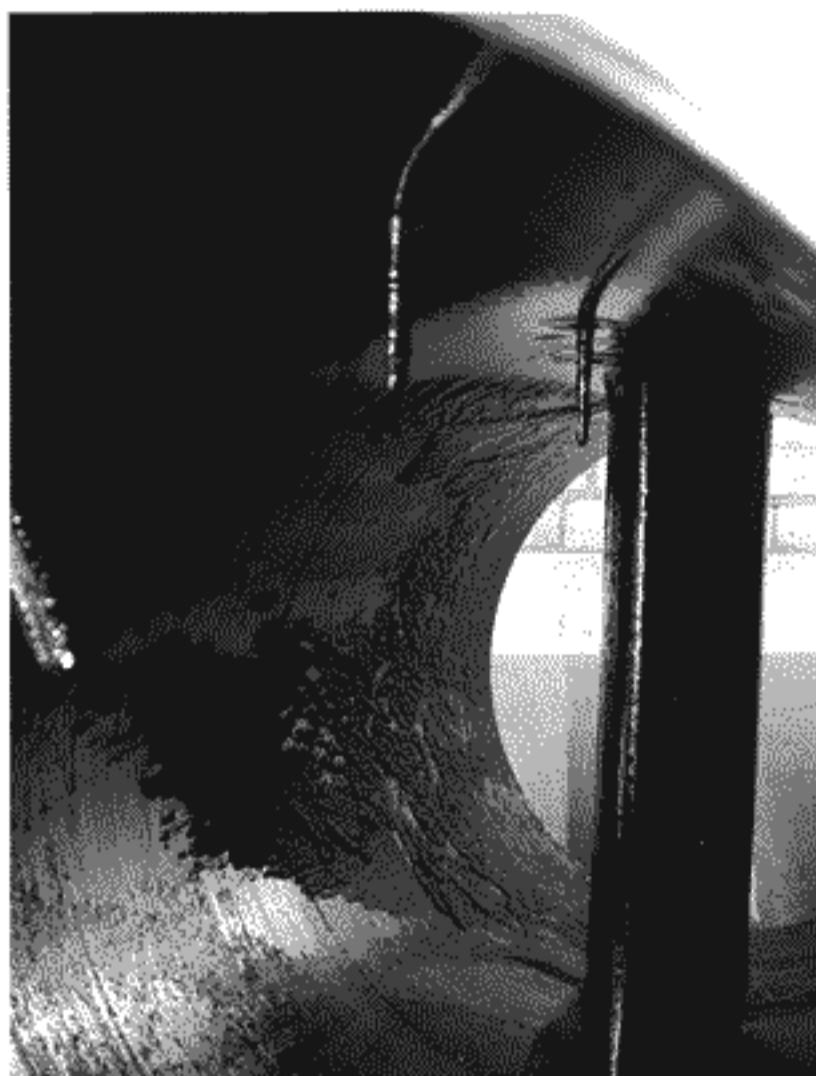


Рис. 1. Расходомер грязный

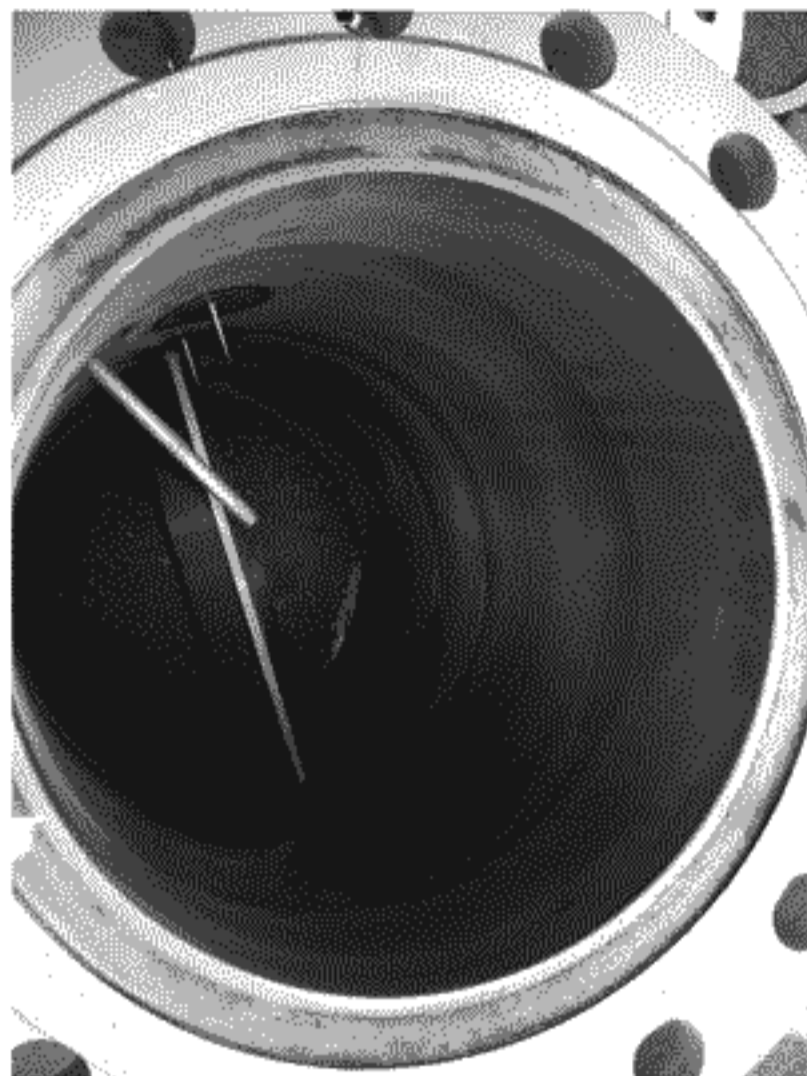


Рис. 2. Расходомер мытый

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 определялось по формуле:

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

где  $F_{изм}$  – физическая частота\*, измеренная на выходе мытого расходомера при расходе, заданном ПУ;  $F_{расч}$  – физическая частота, рассчитанная по результатам измерений частоты на выходе "грязного" расходомера приведением к

соответствующему заданному расходу, соответствующему периоду испытания отмытого расходомера;  $\delta$  – отклонение показаний "грязного" расходомера по отношению к мытому.

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

$$F_{расч} = \frac{F_{изм} \cdot Q_{н ср1}}{Q_{н ср2}}, \quad (2)$$

где  $Q_{н ср1}$  – величина расхода, заданная ПУ для "грязного" расходомера;  $Q_{н ср2}$  – величина расхода, заданная ПУ для мытого расходомера, примерно соответствующая  $Q_{н ср1}$ . 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:  $Q_{н ср}$  – усредненный расход, задаваемый ПУ (м<sup>3</sup>/ч),  $K_{н ср}$  – усредненный коэффициент преобразования расходомера (безразмерная величина),  $F_{физ}$  – частота сигнала датчиков расходомера (Гц). Для мытого расходомера столбцы 4, 5, и 6 аналогичны столбцам "грязного"

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

1, 2, 3, а  $F_{\text{физ. пр.}}$  (7 ст.) – частота сигнала датчиков “грязного” расходомера, пересчитанного к  $Q_{\text{н ср.}}$  мытого по формуле 2 (Гц). В 8 столбце представлены расхождения показаний между двумя состояниями расходомера, вычисленные по формуле 1.

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

Таблица 1. Калибровочные характеристики, полученные для грязного и отмытого расходомеров

№ п/п	Расходомер грязный			Расходомер чистый				Отклонение
	$Q_{\text{н ср.}}$ м <sup>3</sup> /ч	$K_{\text{н ср.}}$	$F_{\text{физ.}}$ , Гц	$Q_{\text{н ср.}}$ м <sup>3</sup> /ч	$K_{\text{н ср.}}$	$F_{\text{физ.}}$ , Гц	$F_{\text{физ. расч.}}$ Гц	
	1	2	3	4	5	6	7	
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

Для целей данной статьи удобнее воспользоваться графиком зависимости физической частоты ( $F_{\text{физ.}}$ ) от задаваемого расхода ( $Q_{\text{н ср.}}$ ). На рис. 3 приведены такие графики. Так как при размещении на одном рисунке полноразмерных 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”.

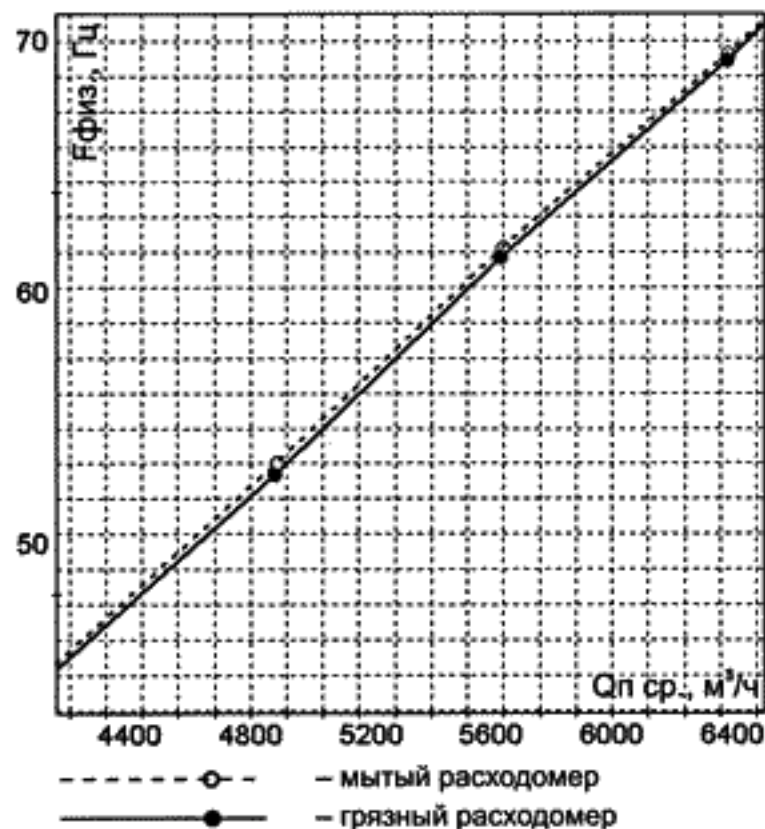


Рис. 3. Графики зависимости физической частоты ( $F_{\text{физ.}}$ ) от задаваемого расхода ( $Q_{n \text{ ср.}}$ )

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.

#### Список литературы

1. Кремлевский П.П. “Расходомеры и счетчики количества вещества”. Т.2. – С. 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). – С. 255–259.