

тельно влияет только на 4. Поэтому необходимо постоянно измерять состояние удовлетворенности клиентов и осуществлять изменения, направленные на совершенствование качества услуг.

Анкетирование позволяет выявлять причины несоответствующей услуги по различным признакам. В конце года проводится годовой мониторинг удовлетворенности заказчиков оказанием услуг посредством рассылки именных анкет. Динамика удовлетворенности качеством услуг за период года изображается на диаграммах.

Для конкретного критерия строится диаграмма Исикавы и далее:

1. Формулируется потенциальная проблема, требующая разрешения: перегрузки и срывы в организации работ.

2. Обозначаются ключевые категории причин, влияющих на исследуемую проблему: человек, техника, расходные материалы и оборудование, контроль.

3. Причины проблемы, выявленные в ходе «мозгового штурма», распределяются по установленным категориям и указываются на диаграмме в виде «ветвей», примыкающих к основным «ветвям».

4. Каждая из причин детализируется на составляющие. Для этого по каждой из них зада-

ется вопрос – «Почему это произошло»? Результаты фиксируются в виде «ветвей» следующего, более низкого порядка. Процесс детализации причин продолжается до тех пор, пока не будет найдена «корневая» причина.

По значимым причинам определяются корректирующие мероприятия:

- провести обучение и дообучение персонала;

- своевременно осуществить техническое обслуживание техники, завести соответствующие базы данных для контроля и учета состояния.

Проведенный мониторинг проблем у недовольных заказчиков на объектах; повышение статуса лиц, подписывающих журнал пожеланий; личное общение по несоответствиям дают положительный результат в повышении удовлетворенности заказчиков.

В ходе экспертизы выявляются типовые недостатки в организации порядка учета и анализа причин несоответствий и предлагаются рекомендации по их устранению. Проводится анализ результативности всей совокупности предупреждающих действий (ПД), предпринимаемых менеджментом в организации на разных уровнях ее управления.

УДК 681.12.089.68(045)

## ЭТАЛОННЫЙ РАСХОДОМЕРНЫЙ КОМПЛЕКС ДО 6500 М<sup>3</sup>/Ч

Манкевич О.Д.

*Республиканское унитарное предприятие «Белорусский государственный институт метрологии»  
Минск, Республика Беларусь*

В соответствии с Законом об обеспечении единства измерений, средства измерений, применяемые при проведении расчетов между покупателем и продавцом, относятся к сфере законодательной метрологии, а следовательно, для них должен быть применен один или несколько видов метрологического контроля.

При коммерческом учете природного газа узлы учета комплектуются измерительными системами, состоящими из первичного преобразователя расхода (счетчика газа, стандартного сужающего устройства – диафрагмы, осредняющей напорной трубки), преобразователем давления, термопреобразователем сопротивления и вычислителем (корректор), в котором происходит вычисление расхода и объема природного газа, приведенного к стандартным условиям (температура 20 °С, давление 101,325 кПа). Типы первичных преобразователей расхода, счетчиков газа, вычислителей (корректоров) и измерительных систем и комплексов,

для которых проведена процедура утверждения типа, приведены в работах [1] и [2].

До 2011 года в РБ для поверки промышленных счетчиков газа существовали следующие эталонные установки:

1. Установка объема и расхода РКДУ-0,44 № 1. Она может служить примером использования в качестве эталона измерительного колокола. Пределы относительной погрешности данной установки составляют  $\pm 0,33\%$ .

2. Установка поверочная для промышленных и бытовых счетчиков газа УПСГ 01/1000 на базе критических сопел. Погрешность воспроизведения расхода составляет  $\pm 0,25\%$ .

Существовавшая эталонная база не в полной мере удовлетворяла запросам топливно-энергетического комплекса и промышленности РБ по своим метрологическим характеристикам, техническим возможностям и уровню автоматизации. Поэтому было принято решение о создании в рамках ГНТП «Эталонны Беларусі» эта-

лонного расходомерного комплекса до  $6500 \text{ м}^3/\text{ч}$  с поверочной средой – воздух.

Эталонный расходомерный комплекс до  $6500 \text{ м}^3/\text{ч}$  с поверочной средой – воздух состоит из следующих средств измерений:

1. Установка для испытаний, калибровки и поверки промышленных счетчиков газа (УИКППГ) Inotech. Эталонными средствами измерений расходомерной установки являются:

- ротационный счетчик Delta S-Flow G 100, диапазон измерений от  $2,5$  до  $140 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;
- турбинный счетчик TRZ 03 G 650, диапазон измерений от  $100$  до  $1000 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;
- турбинный счетчик TRZ 03 G 4000, диапазон измерений от  $650$  до  $6500 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

Диапазон диаметров поверяемых счетчиков газа от  $50$  до  $300 \text{ мм}$ . Принципиальная схема и внешний вид расходомерной установки приведены на рисунках 1 и 2 соответственно. С введением в эксплуатацию этой установки в Республике Беларусь появилась возможность проводить метрологические исследования счетчиков газа в широком диапазоне расходов.

2. Устройство термостатирующее измерительное «Термостат А»,

3. Термостат низкотемпературный «криостат»,

4. Калибратор многофункциональный DPI 620,

5. Генератор сигналов функциональный Г4-221,

6. Вольтметр В7-54/2,

7. Частотомер ЧЗ-87,

8. Источники питания Б5-71/2,

9. Магазины сопротивления МСР-63,

10. Меры сопротивления Р331

11. Многофункциональный портативный калибратор СЕР6000

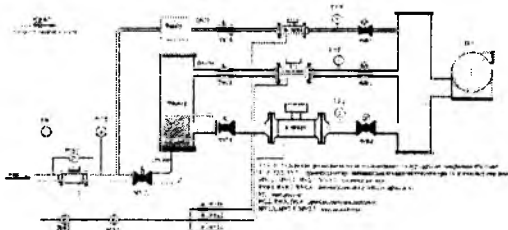


Рисунок 1 – Принципиальная схема установки для испытаний, калибровки и поверки промышленных счетчиков газа

Вычислители и корректоры объема газа выпускаются либо как отдельное устройство, либо со встроенными преобразователями давления и температуры.

При поверке корректоров со встроенными преобразователями давления и температуры используются устройство термостатирующее измерительное «Термостат А», термостат низкотемпературный «криостат», калибратор многофункциональный DPI 620, генератор сигналов функциональный Г4-221

Имеется возможность поверки корректора без демонтажа счетчика газа.

При поверке вычислителей и корректоров, выпускаемых как отдельные устройства, используются калибратор многофункциональный DPI 620, магазины сопротивления МСР-63, генератор сигналов функциональный Г4-221, вольтметр В7-54/2, частотомер ЧЗ-87, меры сопротивления Р331, источник питания Б5-71/2.

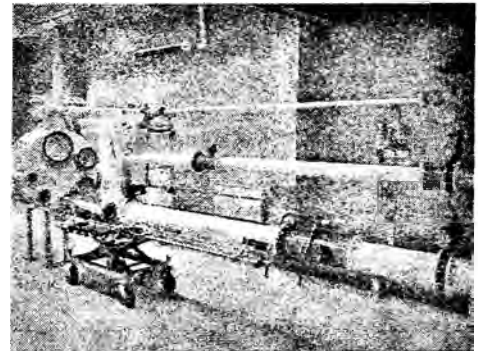


Рисунок 2 – Внешний вид установки для испытаний, калибровки и поверки промышленных счетчиков газа

Внешний вид рабочего места для поверки корректоров (вычислителей) объема газа показан на рисунке 3.

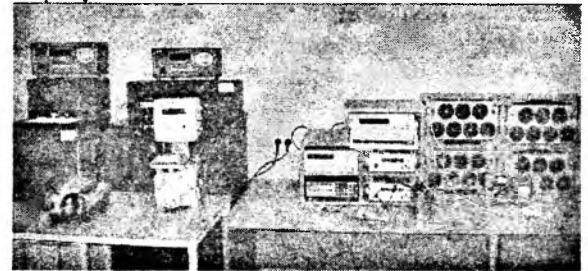


Рисунок 3 – Рабочее место по поверке корректоров (вычислителей) объема газа

Проведены исследования метрологических характеристик средств измерений, входящих в состав комплекса. Так, осуществлена поверка средств измерений, используемых для поверки корректоров (вычислителей) объема газа. Все средства измерений признаны соответствующими требованиям методик поверки.

Для исследования метрологических характеристик установки для испытаний, калибровки и поверки промышленных счетчиков газа разработана и утверждена программа и методика метрологической аттестации и проведены исследования в соответствии с разработанной методикой. При проведении метрологической аттестации расходомерной установки проводились следующие операции:

1 Исследование метрологических характеристик канала измерения давления. В процессе проведения метрологической аттестации установлено: максимальная систематическая погрешность измерения давления составляет  $42 \text{ Па}$ ,

максимальная случайная погрешность измерения давления – 2,34 Па, границы погрешности измерения давления – ±46,88 Па.

2 Исследование метрологических характеристик канала измерения температуры. Для данного канала получены следующие результаты: максимальная систематическая погрешность измерения температуры – минус 0,058 °С, максимальная случайная погрешность измерения температуры – 0,0021 °С, границы погрешности измерения температуры – ±0,063 °С.

3 Определение стабильности результатов измерения объема. Максимальное значение среднеквадратического отклонения погрешности измерения объема контрольным счетчиком составило 0,067 % при допуске значения ±0,1 %.

4 Определение относительной погрешности эталонных счетчиков газа, которые входят в состав установки, производится методом непосредственного сличения с испытательной установкой на критических соплах в диапазоне расхода от 2 до 5600 м<sup>3</sup>/ч, расширенная неопределенность U=0,08 % (k=2) (РТВ, Германия). Пределы погрешности эталонных счетчиков газа составляют ± 0,15 %.

5 При определении границ относительной погрешности установки при измерении объема установлено, что пределы относительной погрешности эталонной расходомерной установки при опре-

делении объема в диапазоне воспроизводимых расходов от 2,5 до 6500 м<sup>3</sup>/ч составляют ±0,18 %.

В результате проведенных работ установлено, что применение данного эталонного расходомерного комплекса позволяет впервые в Республике Беларусь проводить поверку и исследование метрологических характеристик счетчиков газа в столь широком диапазоне расходов, при этом достигнута наивысшая точность измерений в области объемного расхода в нашей стране.

Область применения созданного комплекса – это нефтегазовая промышленность, энергетика, агропромышленный комплекс, жилищно-коммунальное хозяйство, производство стройматериалов, пищевая промышленность, металлургическая промышленность, научные исследования и др.

1. Метрологическое обеспечение учета природного газа в Республике Беларусь. Часть 1 / Жагора Н.А., Мартынов Н.Е., Манкевич О.Д. // Метрология и приборостроение. Научно-технический журнал –2011, № 3(54)
2. Метрологическое обеспечение учета природного газа в Республике Беларусь. Часть 2 / Жагора Н.А., Мартынов Н.Е., Манкевич О.Д. // Метрология и приборостроение. Научно-технический журнал –2012, № 1(56)

УДК 681

## ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ НОСИТЕЛЕЙ ИНФОРМАЦИИ

Медведев Н.В.

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана  
Москва, Российская Федерация

Твердотельные носители информации (ТНИ), используемые в специальных целях, являются невосстанавливаемыми аппаратными средствами (НАС). Производственный комплекс для их создания рассматривается как восстанавливаемое техническое средство (ВТС).

НАС характеризуются следующими показателями надежности [ 1.2 ]:

- интенсивностью отказов;
- средней наработкой до первого отказа;
- вероятностью безотказной работы.

По определению интенсивность отказов  $\lambda(t)$  – это условная плотность вероятности возникновения отказа к моменту времени  $t$  при условии, что до этого момента отказ не возник (1/ч)

$$\lambda(t) = f(t) \left[ 1 - \int_0^t f(t) dt \right] \quad (1),$$

где  $f(t)$  – плотность распределения наработки до отказа.

Следовательно, по результатам статистических испытаний интенсивность отказов (1/ч) может быть приближенно оценена, как

$$\lambda(t) = [N(t) - N(t + Dt)] / [N(t + Dt)] \quad (2),$$

где  $N(t)$  и  $N(t + Dt)$  – число объектов, работоспособных к моменту времени  $t$  и  $(t + Dt)$  соответственно;  $Dt$  – длительность интервала испытаний. Однако использование метода статистических испытаний для оценки надежности ТНИ невозможно, поскольку требует использования большого числа объектов ( $N > 1000$ ).

Характер зависимости интенсивностей для внезапных 1 и постепенных 2 отказов от времени может быть представлен распределениями Вейбулла и Пуассона. Для внезапных отказов интервал времени

$$(0 - t_1)$$

является временем приработки. Для этого интервала  $\lambda(t) = \text{var.}$