ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ
(ФГУП ВНИИМС)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО
ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

УТВЕРЖДАЮ
Зам. директора ФГУП "ВНИИМС"
В.Н. Яншин
_____ 2006 г.

РЕКОМЕНДАЦИЯ

Государственная система обеспечения единства измерений.

Объем и масса нефти и нефтепродуктов. Методика контроля величины погрешности счетчиков ультразвуковых Altosonic V (VM) по результатам сличений двух равноточных приборов

МИ 2987-2006

Москва
2006

gost.e-ecolog.ru

ПРЕДИСЛОВИЕ

1 РАЗРАБОТАНА	ФГУП ВНИИМС
ИСПОЛНИТЕЛИ:	Вересков А.И. (рук. темы); Беляев Б.М.; Дудыкин А.А.
2 УТВЕРЖДЕНА	ФГУП ВНИИМС 24 мая 2006 г.
3 ЗАРЕГИСТРИРОВАНА	ФГУП ВНИИМС 25 мая 2006 г.

4 ВВЕДЕНА ВПЕРВЫЕ

Настоящая рекомендация не может быть частично или полностью воспроизведена, тиражирована и (или) распространена без разрешения ФГУП ВНИИМС

СОДЕРЖАНИЕ

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Описание метода контроля 1
3.1 Этап I. Формирование исходных данных для контроля 1
3.2 Этап II. Обработка результатов сличений 2
4 Проведение и оформление результатов контроля 3
Приложение А. Рекомендации по выбору значения вероятности ошибки первого рода 4
Приложение Б. Алгоритм проведения контроля МХ приборов 5
Приложение В. Расчет вероятности ошибки второго рода при проведении контроля МХ приборов (справочное) 7
Приложение Г. Пример расчета по программе «Контроль погрешности счетчиков по результатам сличений». Модельные данные 9

РЕКОМЕНДАЦИЯ

Государственная система обеспечения единства измерений. Объем и масса нефти и нефтепродуктов. Методика контроля величины погрешности счетчиков ультразвуковых Altosonic V (VM) по результатам сличений двух равноточных приборов	МИ 2987-2006

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1.1 Настоящая рекомендация распространяется на объем и массу нефти и нефтепродуктов (далее - продукт) и устанавливает методику контроля метрологических характеристик канала измерений объема (массы) счетчиков ультразвуковых Altosonic V (VM) (далее - прибор), применяемых в составе систем измерения количества и показателей качества нефти (СИКН) или нефтепродуктов (СИКНП) по результатам сличений двух однотипных приборов по объему (массе) продукта.

1.2 Методика предназначена для контроля метрологических характеристик (далее - МХ) приборов в межповерочный период.

1.3 Контроль метрологических характеристик по настоящей методике не заменяет поверки в соответствии с ПР 50.2.006.

1.4 Рекомендация разработана с учетом требований ГОСТ 8.207 и МИ 1317.

2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей рекомендации использованы ссылки на следующие нормативные документы.

ГОСТ 8.207-76 ГСИ. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения.

ПР 50.2.006-94 ГСИ. Порядок проведения поверки средств измерений

МИ 1317-2004 ГСИ. Результаты и характеристики погрешности измерений. Формы представления. Способы использования при испытаниях образцов продукции и контроле их параметров.

3 ОПИСАНИЕ МЕТОДА КОНТРОЛЯ

Контроль МХ проводится в два этапа:

Этап I. Формирование исходных данных для контроля.

Этап II. Обработка результатов сличений.

3.1 Этап I. Формирование исходных данных для контроля.

Формируют исходные данные для контроля. При этом применяют указания изложенные в п. 3.1.1 – 3.1.3.

3.1.1 Результаты измерений объема (массы) продукта (далее - количество продукта) при последовательной установке в трубопроводе (измерительной линии) двух приборов (далее – исходные данные):

Q_{1i}, Q_{2i}, τ_i, $i = 1, ..., N$,

где Q_{1i}, Q_{2i} - результаты измерений количества продукта при i-м сличении соответственно первым и вторым прибором за время (продолжительность) сличения τ_i;

N – число сличений, $N \geq 1$.

Примечание - Разделение приборов на первый и второй носит условный характер и не влияет на результаты контроля. Рекомендуется за первый прибор принимать прибор, установленный первым по ходу движения продукта в трубопроводе.

3.1.1.1 Рекомендуется в состав исходных данных включать результаты измерений количества продукта, значение которого не менее минимального допустимого значения, которое устанавливается в зависимости от типоразмера прибора и диапазона расхода.

3.1.1.2 В состав исходных данных могут быть включены результаты измерений количества продукта, полученные при одном постоянном значении расхода или в диапазоне расходов.

При проведении контроля МХ при постоянном расходе будут получены результаты контроля МХ приборов, соответствующие этому значению расхода. Расход считают постоянным, если его значение изменяется при формировании исходных данных не более чем на 5 %.

При проведении контроля МХ в диапазоне расходов рекомендуется ограничивать диапазон расходов таким образом, чтобы отношение максимального значения расхода к минимальному было не более 1,5.

3.1.1.3 В случае, если сличения проводятся по объему продукта, влияние разности температур и давлений продукта в местах установки приборов не должно превышать 1/5 значений пределов допускаемой относительной погрешности или пределов допускаемой систематической относительной погрешности прибора при измерении объема продукта.

3.1.2 Характеристики погрешности годного прибора

В качестве характеристик погрешности годного прибора могут быть применены следующие характеристики.

3.1.2.1 Пределы допускаемой относительной погрешности при измерении объема или массы: $\pm\delta$, %.

3.1.2.2 Пределы неисключенной систематической относительной погрешности прибора δ_{CL}, % и среднего квадратического отклонения (СКО) случайной составляющей погрешности прибора σ_L, %.

3.1.3 Число α - вероятность получить отрицательный результат контроля, когда МХ приборов удовлетворяют существующим требованиям (далее - вероятность ошибки первого рода). Используется для формирования критерия принятия решения о результате контроля. Рекомендации по выбору значения α даны в Приложении А.

3.2 Этап II. Обработка результатов сличений.

3.2.1 Контроль МХ приборов проводят в соответствии с методом, изложенным в Приложении Б.

3.2.2 В результате обработки исходных данных, сформированных по п. 3.1, получают:

3.2.2.1 Ряд результатов сличений d_i, основанных на результатах измерений количества продукта Q_{1i}, Q_{2i} (п. 3.1.1):

d_i, %, $i=1,...,N$

3.2.2.2 При $N \geq 10$ - заключение об обнаружении дрейфа разности систематических составляющих погрешностей приборов (далее - дрейфа) или о том, что дрейф не обнаружен.

В случае обнаружения дрейфа получают его характеристики в виде оценки параметров (коэффициентов) принятой модели для описания дрейфа, стандартные отклонения оценок параметров.

3.2.2.3 Результат статистического анализа ряда сличений, основанный на полученной модели, который характеризует величину расхождения показаний приборов.

3.2.2.4 Оценку СКО разности случайных составляющих погрешностей сличаемых приборов.

3.2.2.5 Критическое значение C, %, рассчитанное на основании исходных данных п.п. 3.1.2, 3.1.3 с учетом числа сличений N. Критическое значение C характеризует максимальное допускаемое расхождение результатов измерений количества продукта двумя приборами.

3.2.2.6 Результат контроля МХ приборов считают положительным, если абсолютная величина результата статистического анализа ряда сличений не превосходит критического значения C.

В противоположном случае результат контроля МХ приборов считают отрицательным.

3.2.2.7 При $N>1$ в случае отрицательного результата контроля рекомендуется провести контроль МХ повторно только по последнему результату сличения из имеющегося ряда результатов сличений. По полученному в соответствии с процедурой п. 3.2.2 результату делают окончательное заключение о результате контроля МХ приборов.

3.2.2.8 В случае обнаружения дрейфа погрешности - ожидаемый момент, когда результат контроля МХ приборов станет отрицательным.

3.2.3 Методика обработки результатов сличений, приведена в Приложении Б.

4 ПРОВЕДЕНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЯ

Контроль МХ приборов проводят в автоматическом режиме с помощью программы для ЭВМ «Контроль погрешности счетчиков по результатам сличений», разработанной ФГУП ВНИИМС. При работе программы формируется отчет, включающий в себя исходные данные для проведения и результаты контроля МХ приборов. Пример отчета приведен в Приложении Г.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ ЗНАЧЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТИ ОШИБКИ ПЕРВОГО РОДА

Вероятность ошибочно признать прибор негодным, когда в действительности он годен, принято называть вероятностью ошибки первого рода и использовать для нее обозначение α.

Примечание – Эту характеристику процедуры контроля принимают за основу для выбора критерия годности изделия. Если вероятность ошибки первого рода равна α, это означает, что при проведении 100 независимых экспериментов по контролю годных изделий в среднем 100α из них будут ошибочно признаны негодными.

Применительно к рассматриваемой процедуре контроля МХ приборов, число α - вероятность получить отрицательный результат контроля, когда МХ приборов удовлетворяют существующим требованиям.

Используют для формирования критерия принятия решения о положительном или отрицательном результате контроле МХ приборов. При выборе значения α руководствуются следующими соображениями. При увеличении α критическое значение C (см. п. 3.2.2.5) уменьшается, т.е. критерий становится более жестким. При этом вероятность ошибки второго рода β (см. Приложение В) также уменьшается.

Рекомендован выбор α из следующего ряда:

0,01; 0,02; 0,03; 0,04; 0,05; 0,07; 0,10; 0,15; 0,20; 0,25; 0,30

или любое число в диапазоне $0{,}01 \leq \alpha \leq 0{,}30$.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

АЛГОРИТМ ПРОВЕДЕНИЯ КОНТРОЛЯ МХ ПРИБОРОВ

Б.1 Статистический анализ данных для получения модели разности относительных погрешностей приборов

Б.1.1 Результаты сличений d_i рассчитывают, используя результаты измерений количества продукта (п. 3.1.1), по формуле

$$d_i = 200 \times \frac{Q_{1i} - Q_{2i}}{Q_{1i} + Q_{2i}}, (\%) \qquad (Б.1)$$

Б.1.2 В качестве модели дрейфа разности систематических составляющих погрешностей приборов принимают зависимость вида $d = A+B*Q_\Sigma$, где Q_Σ - величина, пропорциональная количеству продукта нарастающим итогом с момента первого сличения.

Примечание - Для расчета Q_Σ используют значения $0,5*(Q_{1i} + Q_{2i})$, $i=1,...,N$.

Б.1.3 Получают оценки параметров A, B по методу наименьших квадратов, при этом:

при $N<10$ принимают $B=0$,

при $N\geq10$ проверяют значимость полученной оценки параметра B. В случае отрицательного результата проверки значимости принимают $B=0$.

Результат статистического анализа ряда сличений получают в зависимости от того, обнаружен дрейф или нет: если обнаружен (коэффициент B отличен от нуля), принимают $d = A+B*Q_{\Sigma N}$, а если не обнаружен ($B=0$), принимают $d = A$.

Получают стандартные отклонения оценок параметров, оценку СКО разности случайных составляющих погрешностей приборов.

Б.2 Расчет максимального допускаемого расхождения показаний приборов

Б.2.1 Для расчета максимального допускаемого расхождения показаний приборов используют формулу для плотности совместного распределения погрешностей приборов:

$$f(x_1, y_1, x_2, y_2) = f^C(x_1) \times f^o(y_1) \times f^C(x_2) \times f^o(y_2) \qquad (Б.2)$$

При этом функции $f^C(x_1), f^o(y_1), f^C(x_2), f^o(y_2)$ определены следующими формулами в соответствии с обозначениями п. 3.1.2:

$$\begin{aligned} &f^C(x) = 0 \text{ при } x \leq -\delta_{CL} \\ &f^C(x) = \frac{1}{2 \times \delta_{CL}} \text{ при } -\delta_{CL} < x \leq \delta_{CL} \\ &f^C(x) = 0 \text{ при } \delta_{CL} < x \end{aligned} \qquad (Б.3)$$

$$f^{\circ}(y) = \frac{1}{\sigma_N \times \sqrt{2\pi}} \times e^{-\frac{y^2}{2\times\sigma_N^2}}, \quad \sigma_N = \frac{\sigma_L}{\sqrt{N}} \tag{Б.4}$$

Б.2.2 Рассчитывают критическое значение C, %.

Функцию $f(x_1, y_1, x_2, y_2)$, определенную в п. Б.2.1, интегрируют по области G_C, в которой переменные удовлетворяют неравенству

$$|x_1 + y_1 - x_2 - y_2| > C \tag{Б.5}$$

при этом C выбирают таким, чтобы интеграл был равен заданному значению α:

$$\iint_{G_C}\iint f(x_1, y_1, x_2, y_2)dx_1 dy_1 dx_2 dy_2 = \alpha \tag{Б.6}$$

Б.3 Заключение о положительном либо отрицательном результате контроля МХ принимают в соответствии с п. 3.2.2.6 путем сопоставления значения результата статистического анализа п. Б.1.3 и критического значения C п. Б.2.2.

Б.4 В случае обнаружения дрейфа получают ожидаемый момент, когда результат контроля МХ прибора станет отрицательным. Используют статистический прогноз модели дрейфа по результатам анализа данных п. Б.1.

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(СПРАВОЧНОЕ)

РАСЧЕТ ВЕРОЯТНОСТИ ОШИБКИ ВТОРОГО РОДА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ КОНТРОЛЯ МХ ПРИБОРОВ

Число β - вероятность получить положительный результат контроля, когда МХ одного или обоих приборов не удовлетворяют существующим требованиям (вероятность ошибки второго рода).

Примечание - Структура исходных данных задачи позволяет получить лишь весьма приближенную информацию о погрешностях приборов, а именно, значение разности погрешностей двух приборов. Вследствие этого невозможно получить малые значения вероятности ошибки второго рода для всевозможных сочетаний характеристик погрешностей двух приборов. Например, процедура контроля не выявит негодный прибор, когда систематические составляющие погрешностей обоих приборов имеют один знак и близкие между собой значения, даже если они значительно превосходят предел допускаемой погрешности. Поэтому описанная методика не может заменить поверки. Для получения оценки доли случаев, когда негодный прибор не обнаружен, рассчитывают вероятность ошибки второго рода.

В.1 Для расчета вероятности ошибки второго рода в случае одного негодного прибора задают характеристики его погрешности: конкретные значения систематической составляющей погрешности δ_{CW}, %, СКО случайной составляющей погрешности σ_W, %.

Используют формулу для плотности совместного распределения погрешностей приборов:

$$f(x_1, y_1, x_2, y_2) = f_1^C(x_1) \times f_1^o(y_1) \times f^C(x_2) \times f^o(y_2) \qquad (В.1)$$

При этом функции $f_1^C(x_1), f_1^o(y_1), f_2^C(x_2), f_2^o(y_2)$ определены следующими формулами:

$f^C(x_2)$, $f^o(y_2)$ - формулами (Б.3), (Б.4);

$$f_1^C(x_1) = \delta(x_1 - \delta_{CW}) \qquad (В.2)$$

где $\delta(x_1 - \delta_{CW})$ – дельта-функция, равная нулю при x_1, отличном от δ_{CW};

$f_1^0(y_1)$ - формулой (Б.4), в которой σ_N принимают равной

$$\sigma_N = \frac{\sigma_W}{\sqrt{N}} \qquad (В.3)$$

В.2 Для расчета вероятности ошибки второго рода в случае двух негодных приборов задают характеристики погрешности каждого из них:

для первого - значения систематической составляющей δ_{1CW}, %, СКО случайной составляющей σ_{1W}, %;

для второго - значения систематической составляющей δ_{2CW}, %, СКО случайной составляющей σ_{2W}, %.

Используют формулу для плотности совместного распределения погрешностей приборов

$$f(x_1, y_1, x_2, y_2) = f_1^C(x_1) \times f_1^o(y_1) \times f_2^C(x_2) \times f_2^o(y_2) \quad \text{(В.4)}$$

При этом функции $f_1^C(x_1), f_1^o(y_1), f_2^C(x_2), f_2^o(y_2)$ определены следующими формулами

$$f_1^C(x_1) = \delta(x_1 - \delta_{1CW}) \quad \text{(В.5)}$$

$$f_2^C(x_2) = \delta(x_2 - \delta_{2CW}) \quad \text{(В.6)}$$

$f_1^0(y_1)$ - формулой (Б.4), в которой σ_N принимают равной

$$\sigma_N = \frac{\sigma_{1W}}{\sqrt{N}} \quad \text{(В.7)}$$

$f_2^0(y_1)$ - формулой (Б.4), в которой σ_N принимают равной

$$\sigma_N = \frac{\sigma_{2W}}{\sqrt{N}} \quad \text{(В.8)}$$

В.3 Рассчитывают вероятность ошибки второго рода

В случае одного негодного прибора используют функцию $f(x_1, y_1, x_2, y_2)$, определенную в п. В.1, а в случае двух негодных приборов - в п. В.2.

Вероятность ошибки второго рода β берут равной интегралу от функции $f(x_1, y_1, x_2, y_2)$ по области G_A, в которой переменные удовлетворяют неравенству

$$|x_1 + y_1 - x_2 - y_2| \le C \quad \text{(В.9)}$$

$$\beta = \iint_{G_A} \iint f(x_1, y_1, x_2, y_2) dx_1 dy_1 dx_2 dy_2 \quad \text{(В.10)}$$

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

ПРИМЕР РАСЧЕТА ПО ПРОГРАММЕ «КОНТРОЛЬ ПОГРЕШНОСТИ СЧЕТЧИКОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ СЛИЧЕНИЙ». МОДЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ

П Р О Г Р А М М А Контроль погрешности счетчиков по результатам сличений

Д А Н Н Ы Е по сличениям. Всего сличений 14

	Показание 1	Показание 2	Расхождение %
1	1607.153	1607.221	-0.004
2	4.000	4.010	
3	2576.605	2576.288	0.012
4	110.198	110.193	0.005
5	1381.612	1382.455	-0.061
6	3441.138	3441.491	-0.010
7	1591.410	1591.002	0.026
8	5010.410	5010.300	0.002
9	716.755	716.472	0.039
10	1105.009	1104.316	0.063
11	3000.170	2998.008	0.072
12	3.000	3.010	
13	4771.122	4769.016	0.044
14	2825.194	2824.627	0.020

Д А Н Н Ы Е для формирования критерия годности прибора

Метрологические характеристики годного прибора:
граница допускаемых значений погрешности 0.150%
Вероятность признать годный прибор негодным (ошибка I рода) 0.01

Р Е З У Л Ь Т А Т Ы анализа данных по сличениям

Обнаружен дрейф расхождения показаний приборов.
Модель дрейфа расхождения: A + B*Q
Оценки параметров модели (A, B) -0.01601 0.00251
Стандартные отклонения оценок параметров 0.01618 0.00103
СКО отклонений от модели 0.030

N	Сумма/1000	Расхождение	Модель	Отклонение от модели	Границы полосы Нижняя	Границы полосы Верхняя	Норм. отклон.
1	1.607	-0.004	-0.012	0.008	-0.042	0.018	0.3
2	4.188	0.012	-0.006	0.017	-0.031	0.020	0.6
3	4.298	0.005	-0.005	0.010	-0.031	0.020	0.3
4	5.680	-0.061	-0.002	-0.059	-0.025	0.021	-2.0
5	9.121	-0.010	0.007	-0.017	-0.012	0.026	-0.6
6	10.712	0.026	0.011	0.015	-0.007	0.029	0.5
7	15.723	0.002	0.023	-0.021	0.005	0.041	-0.7
8	16.439	0.039	0.025	0.014	0.007	0.044	0.5
9	17.544	0.063	0.028	0.035	0.009	0.047	1.2
10	20.544	0.072	0.035	0.037	0.013	0.058	1.2
11	25.319	0.044	0.047	-0.004	0.017	0.078	-0.1
12	28.144	0.020	0.055	-0.034	0.019	0.090	-1.2

Р Е З У Л Ь Т А Т Ы К О Н Т Р О Л Я

Критическое значение:
для заданной вероятности ошибки I рода, равной 0.01,
предел допускаемого расхождения показаний двух приборов 0.180%

Заключение. Результат контроля положительный.

Оперативная характеристика критерия, соответствующая критическому значению, равному 0.180%:
При одном годном приборе и заданных значениях характеристик погрешности негодного прибора
(систематическая сост. 0.150, СКО случайной сост. 0.030)
вероятность признать негодный прибор годным (ошибка II рода) равна 0.67
В случае двух негодных приборов с заданными характеристиками
(первый - систематическая сост. 0.150, СКО случайной сост. 0.030)
(второй - систематическая сост. -0.100, СКО случайной сост. 0.040)
вероятность признать их годными (ошибка II рода) равна 0.01

Превышение предела допускаемого расхождения ожидается при поступлении дополнительно 50 тыс. т (м3) в режиме проведения сличений.

gost.e-ecolog.ru