УДК 681.2.083.8.089.6:536.78 Группа Т88

ОТРАСЛЕВОЙ СТАНДАРТ

ОСТ 1 00047-73

СИСТЕМА ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Расчет погрешностей измерений потенциометрическими датчиками давления

Взамен

Распоряжением Министерства от 12 июня 1973 г. № 087-16

срок введения установлен с 1 января 1974 г.

Несоблюдение стандарта преследуется по закону

Настоящий стандарт устанавливает нормируемые метрологические характеристики, способы их нормирования и контроля, а также методы и порядок расчета погрешностей результатов измерения потенциометрическими датчиками давления.

Способы нормирования метрологических характеристик и количественные методы, устанавливаемые в настоящем стандарте, отражают специфику потенциометрических многовитковых датчиков давления – ступенчатое изменение выходного сигнала при плавном изменении входного сигнала (давления) датчика, обусловленное конечным числом витков потенциометра.

Стандарт обязателен для вновь разрабатываемых датчиков давления.

Издание официальное Перепечатка воспрещена

Инв. № дубликата 1270 Инв. № подлинника Лит.изм. № изв.

gost.e-ecolog.ru

Инв. № дубликата | Инв. № подлинника | 1270 | Лит.изм. | № изв.

1. МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ ДАВЛЕНИЯ И ИХ КОНТРОЛЬ

1.1. Общие положения.

1.1.1. К нормируемым метрологическим характеристикам относятся:

- градуировочная характеристика датчика;
- погрешность датчика в рабочих условиях;
- постоянная времени датчика;
- дополнительная погрешность датчика.

1.1.2. Дополнительная погрешность нормируется, если ее величина составляет не менее половины погрешности датчика при одновременном воздействии всех возможных влияющих величин (в том числе и величины, вызывающей дополнительную погрешность). В этом случае погрешность датчика в рабочих условиях не должна включать в себя дополнительную погрешность.

1.1.3. Определения некоторых основных терминов, используемых в стандарте, приведены в справочном приложении 1 к настоящему стандарту.

1.2. Нормирование и формы представления метрологических характеристик.

1.2.1. Нормируемые метрологические характеристики датчика должны быть в пределах норм, установленных для датчиков конкретного типа.

Для экспериментального подтверждения нормирующих величин могут быть использованы методы расчета, представленные в рекомендуемом приложении 2 к настоящему стандарту.

1.2.2. Метрологические характеристики нормируются для всего диапазона измерения параметров датчика или для отдельных поддиапазонов.

1.2.3. Градуировочная характеристика датчика должна соответствовать рабочим условиям и быть представлена одним из двух способов:

- типовой градуировочной характеристикой;
- индивидуальной градуировочной характеристикой.

1.2.4. Типовая градуировочная характеристика должна быть представлена в паспорте (формуляре) датчика в виде уравнения, отражающего зависимость давления от относительного сопротивления.

1.2.5. Индивидуальная градуировочная характеристика должна быть представлена в паспорте (формуляре) датчика в виде таблицы. В таблице каждому значению давления P_j должно соответствовать одно значение (полученное осреднением) относительного сопротивления R_j.

Допускается в паспорте (формуляре) приводить несколько градуировочных характеристик с указанием для каждой интервала температур.

1.2.6. Индивидуальная градуировочная характеристика должна нормироваться пределом допускаемых значений нелинейности градуировочной характеристики h. Кроме этого, в паспорте (формуляре) датчика должна быть указана степень полинома, которым следует аппроксимировать табличные значения градуировочной характеристики в целях автоматизированной обработки измерений.

1.2.7. Погрешность датчика в рабочих условиях должна нормироваться пределом допускаемых значений среднеквадратического отклонения σ_1.

1.2.8. Среднеквадратическое отклонение σ_1 должно характеризовать следующие составляющие погрешности датчика в рабочих условиях:

- погрешность датчика, вызванную изменением влияющих величин, значения которых находятся в интервале рабочих условий;
- погрешность от нестабильности градуировочной характеристики во времени (периодичность повторных градуировок должна указываться в паспорте или формуляре на каждый экземпляр датчика) или от смещения градуировочной характеристики после воздействия на датчик влияющих величин, значения которых находятся в интервале рабочих условий;
- погрешность градуировочной характеристики, представленной в виде таблицы;
- погрешность от вариации выходного сигнала датчика;
- случайную погрешность.

Примечания:
1. Все перечисленные (кроме последней) составляющие погрешности датчика в рабочих условиях, являются систематическими погрешностями.
2. В отдельности составляющие погрешности не нормируются, так как выделение каждой составляющей из погрешности потенциометрического датчика требует значительного увеличения экспериментальных и расчетных работ. Последнее вызвано ступенчатым характером изменения выходного сигнала при плавном изменении измеряемого давления, причем значение σ_1 соизмеримо с одной или двумя ступенями выходного сигнала.

1.2.9. Дополнительная погрешность датчика должна нормироваться пределом допускаемых значений среднеквадратического отклонения σ_2.

1.2.10. Постоянная времени датчика должна нормироваться минимальным пределом τ' и максимальным пределом τ'' допускаемых значений.

1.2.11. Градуировочная характеристика и постоянная времени должны выражаться именованными числами.

Погрешность в рабочих условиях, дополнительная погрешность и нелинейность индивидуальной градуировочной характеристики датчика должны выражаться в процентах к диапазону измерения датчика.

Инв. № дубликата | Инв. № подлинника | 1270 | Лит.изм. | № изв.

1.3. Контроль метрологических характеристик.

1.3.1. Контроль метрологических характеристик на соответствие нормирующим величинам должен производиться при поверке датчика.

1.3.2. Рекомендуется при поверке датчика, бывшего в эксплуатации или хранившегося на складе, имитировать ожидаемые условия эксплуатации (причем условия эксплуатации должны соответствовать диапазону рабочих условий датчика).

Учитывая гарантии завода-изготовителя по качеству датчиков, допускается поверку датчика, бывшего в эксплуатации или хранившегося на складе, производить в лабораторных условиях без имитации рабочих условий. При таком допущении поверка датчика обеспечит выявление грубых изменений метрологических характеристик.

1.3.3. Относительное сопротивление датчика должно измеряться в процессе поверки при фиксированных значениях давлений, указываемых в паспорте (формуляре) датчика. Установление этих значений давлений на поверочной установке должно осуществляться последовательно (без возвращения к наименьшему давлению) сначала со стороны меньших значений, а потом со стороны больших.

1.3.4. Контроль нелинейности индивидуальной градуировочной характеристики датчика.

Рассчитывается величина:

$$\hat{h} = \max_j \left[\frac{1}{2} \left(R_j - \hat{R}_j \right) \cdot \frac{100}{R_{max} - R_{min}} \right],$$

где R_j – относительное сопротивление, определяемое при поверке датчика и соответствующее давлению P_j;

R_{max} и R_{min} – максимальное и минимальное значения относительного сопротивления в диапазоне измерения датчика, определяемые при поверке;

$\hat{R}_j$ – значение относительного сопротивления, снимаемое графически с прямой линии, соединяющей точки с координатами R_{max} и R_{min}.

Нелинейность градуировочной характеристики не превышает допустимую величину, если выполняется условие

$$\hat{h} \leq h,$$

где h – нормирующая величина.

1.3.5. Контроль погрешности датчика в рабочих условиях. Рассчитывается величина:

$$\hat{\delta}_1 = \max_j \left\{ \left| R''_j - R'_j \right| \cdot \frac{100}{R_{max} - R_{min}} \right\},$$

где R'_j – относительное сопротивление, соответствующее давлению P_j и взятое по градуировочной характеристике;

Инв. № дубликата | Инв. № подлинника | 1270 | Лит. изм. | № изв.

R_j'' – относительное сопротивление, определяемое при поверке датчика и соответствующее давлению P_j.

Погрешность датчика в рабочих условиях не превышает допустимую величину, если выполняется условие:

$$\hat{\delta}_1 \leq \delta_1 ,$$

где δ_1 – рассчитывается по нормирующей величине σ_1:

$$\delta_1 = 2{,}5\,\sigma_1 .$$

Примечание. Коэффициент 2,5 характеризует композицию нормального и равновероятного законов распределения погрешностей. Равновероятный закон обусловлен осреднением градуировочных характеристик при разных температурах.

1.3.6. Контроль дополнительной погрешности датчика. Рассчитывается величина:

$$\hat{\delta}_2 = \max_j \left\{ \left| R_j''' - R_j' \right| \cdot \frac{100}{R_{max} - R_{min}} \right\} ,$$

где R_j' и R_j''' – относительные сопротивления, соответствующие давлению P_j и взятые по двум разным градуировочным характеристикам: первая градуировочная характеристика соответствует условиям, при которых влияющая величина вызывает дополнительную погрешность датчика; вторая градуировочная характеристика – без воздействия влияющей величины.

Дополнительная погрешность датчика не превышает допустимую величину, если выполняется условие:

$$\hat{\delta}_2 \leq \delta_2 ,$$

где δ_2 – рассчитывается по нормирующей величине σ_2:

$$\delta_2 = 2{,}5\,\sigma_2 .$$

1.3.7. Контроль постоянной времени датчика должен осуществляться косвенным методом – по величине объема приемной полости датчика в соответствии с нормалью 836АТ.

2. РАСЧЕТ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЯЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ. АППРОКСИМАЦИЯ ГРАДУИРОВОЧНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ

2.1. Общие положения.

2.1.1. Методика расчета погрешностей составлена с учетом специфики потенциометрических датчиков давления, которая явилась предпосылкой нормирования погрешности датчика в рабочих условиях одной величиной без разделения на систематические и случайную составляющие.

2.1.2. Способ нормирования погрешности датчика не позволяет рассчитать уменьшение погрешности при осреднении значений измеряемого параметра на

Инв. № дубликата | Инв. № подлинника | 1270 | Лит.изм. | № изв.

установившемся режиме. Поэтому погрешности осредненного и неосредненного по времени результатов измерения оцениваются одним и тем же значением.

2.1.3. Форма представления погрешностей результата измерения – в процентах относительно значения результата измерения.

2.1.4. Аппроксимация градуировочной характеристики производится для обеспечения автоматизированной обработки результатов измерений. Табличные значения градуировочной характеристики из паспорта (формуляра) датчика аппроксимируются полиномом. Степень полинома указывается в паспорте (формуляре).

2.2. Расчет погрешности результата измерения.

2.2.1. Погрешность результата измерения должна рассчитываться по величине, нормирующей погрешность датчика в рабочих условиях σ_1, и по величинам, нормирующим погрешности отдельных элементов измерительной системы σ_i, по которой передается и регистрируется выходной сигнал датчика. Значения σ_i должны быть выражены в процентах к диапазону датчика давления:

$$\Delta = \pm K\sigma,$$

$$\sigma = \frac{1}{d}\sqrt{\sigma_1^2 + \sum_{i=1}^{n}\sigma_i^2},$$

где Δ – предел допускаемой погрешности результата измерения для доверительной вероятности $p = 0{,}99$;

K – коэффициент (квантиль), соответствующий доверительной вероятности $p = 0{,}99$. Значения коэффициента K указаны в рекомендуемом приложении 3 к настоящему стандарту;

σ – среднеквадратическое отклонение погрешности результата измерения;

$d = \frac{P}{D}$ – коэффициент использования диапазона датчика при измерении;

P – минимальное ожидаемое значение результатов измерения, для которых рассчитывается погрешность;

D – диапазон измерения (по входу) датчика.

2.2.2. Если для конкретного типа датчика нормируется дополнительная погрешность посредством величины σ_2, то среднеквадратическое отклонение погрешности результата измерения должно рассчитываться:

$$\sigma = \frac{1}{d}\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sum_{i=1}^{n}\sigma_i^2}.$$

2.2.3. Погрешность среднего результата по двум датчикам, измеряющим один параметр летательного аппарата (если погрешности измерительной системы независимы), должна рассчитываться:

$$\Delta_{ср} = \pm K\sigma_{ср},$$

$$\sigma_{ср} = \sqrt{\frac{(\sigma')^2\,(\sigma'')^2}{(\sigma')^2 + (\sigma'')^2}},$$

Инв. № дубликата | Инв. № подлинника | 1270 | Лит. изм. | № изв.

где σ' и σ'' – среднеквадратические отклонения погрешностей результата измерения при измерении первым и вторым датчиками.

2.2.4. При $\sigma' \neq \sigma''$ среднее значение ($\bar{P}$) результата измерения по двум датчикам рассчитывается с учетом "весов" измерений:

$$\bar{P} = \frac{\frac{P'}{(\sigma')^2} + \frac{P''}{(\sigma'')^2}}{\frac{1}{(\sigma')^2} + \frac{1}{(\sigma'')^2}},$$

где P' и P'' – результаты измерения при измерении первым и вторым датчиками.

2.2.5. Интервал, в котором находится действительное значение амплитуды квазигармонического процесса, определяется в следующей последовательности. Коэффициенты гашения пульсаций δ' и δ'' определяются по 836АТ. Эти коэффициенты соответствуют минимальному пределу τ' и максимальному пределу τ'' допускаемых значений постоянной времени и частоте пульсации квазигармонического процесса:

$$\frac{\Delta P}{\delta'} \leq \Delta P' \leq \frac{\Delta P}{\delta''},$$

где $\Delta P'$ – действительное значение амплитуды;

ΔP – измеренное значение амплитуды.

2.3. Аппроксимация градуировочной характеристики.

2.3.1. Коэффициенты полинома $(a'_0, a'_1, a''_0, \ldots, a'''_2, a'''_3)$, степень которого – l, рассчитывается по n парам значений P_j, R_j из паспорта (формуляра) датчика. Методы и таблицы математической статистики, применяемые для аппроксимации градуировочной характеристики, приведены в справочном приложении 4 к настоящему стандарту.

Градуировочная характеристика в виде полинома имеет вид:

при $l = 1$ $P = a'_0 + a'_1 R$,

при $l = 2$ $P = a''_0 + a''_1 R + a''_2 R^2$,

при $l = 3$ $P = a'''_0 + a'''_1 R + a'''_2 R^2 + a'''_3 R^3$.

Лит. изм. | № изв. | Инв. № дубликата | Инв. № подлинника | 1270

Справочное

НЕКОТОРЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

1. Нормирование метрологической характеристики – установление нормирующей величины с целью контроля метрологической характеристики и использования нормирующей величины при расчете погрешности результата измерения.

2. Типовая градуировочная характеристика назначается для конкретного типа датчика.

3. Индивидуальная градуировочная характеристика определяется экспериментально для каждого экземпляра датчика.

4. Систематическая погрешность характеризуется величиной среднеквадратического отклонения. Математическое ожидание систематической погрешности должно исключаться при градуировке.

5. Дополнительная погрешность датчика – систематическая погрешность датчика, вызванная воздействием какой-либо влияющей величины (например, температуры, вибрации, пульсации и т.д.).

6. Нелинейность градуировочной характеристики – половина максимального расстояния между градуировочной характеристикой, представленной графически, и прямой линией, соединяющей значения градуировочной характеристики на границах диапазона измерения датчика.

7. Степень полинома l, аппроксимирующего градуировочную характеристику, выбирается в зависимости от конструктивных особенностей датчика.

8. Постоянная времени τ – динамическая характеристика.

Определение и контроль постоянной времени датчиков, имеющих:

– характеристику апериодического звена;

– инерционность приемной полости, значительно большую по сравнению с инерционностью подвижной системы маханизма;

– длину подводящего трубопровода $\leq 1{,}5$ м;

– конкретный вид заполнения (жидкость или газ) производится по нормали 836АТ.

Система датчик – демпфер – трубопровод, представляет собой линейное звено и не дает ошибки по среднему значению измеряемого давления.

Инв. № дубликата
Инв. № подлинника
1271
Лит.изм.
№ изв.

Рекомендуемое

РАСЧЕТ ОЦЕНОК МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ДАННЫМ

1. Введение.

1.1. В настоящем приложении изложена методика расчета оценок нормируемых и ненормируемых метрологических характеристик по ограниченному числу экземпляров датчиков одного типа.

1.2. Большинство рекомендуемых методов учитывает специфику многовитковых потенциометрических датчиков. Для получения оценок с наибольшей достоверностью экспериментальные данные аппроксимируются полиномами, что уменьшает влияние ступенчатости выходного сигнала (при плавном изменении входного сигнала) на искажение оценок метрологических характеристик.

1.3. Оценки метрологических характеристик рекомендуется использовать для обоснования, подтверждения или назначения величин, нормирующих метрологические характеристики.

1.4. Величины, нормирующие метрологические характеристики, могут отличаться по значению от их оценок и должны учитывать конструктивные и технологические особенности производства любого экземпляра датчика одного и того же типа.

2. Расчет оценок нормируемых метрологических характеристик.

2.1. Расчет оценки допускаемых значений нелинейности индивидуальной градуировочной характеристики.

Для расчета необходимо следующее:

- индивидуальные градуировочные характеристики $P_i(R)$ в виде полиномов по m датчикам с n_1 точками градуировки;
- линейные уравнения $P_{iл}(R)$, проходящие через координаты градуировочной характеристики на границах диапазона измерения;
- назначенные (не экпериментальные) значения R_j относительного сопротивления в количестве n_2, равномерно расположенные в диапазоне измерения (по выходу) датчика;
- значение n_1 должно быть не меньше 30;
- значение n_2 должно быть не меньше 6;
- значение m должно быть не меньше 20.

Оценка допускаемых значений нелинейности индивидуальной градуировочной характеристики рассчитывается по m датчикам ($1 \le i \le m$, $1 \le j \le n_2$):

$$h = \max_{i,j} |A_{1ij}|.$$

Здесь h – оценка допускаемых значений нелинейности индивидуальной градуировочной характеристики;

Инв. № дубликата | Инв. № подлинника | 1272 | Лит. изм. | № изв.

$$A_{1ij} = \frac{1}{2}\left[P_i(R_j) - P_{iл}(R_j)\right] \cdot \frac{100}{D},$$

где $P_i(R_j)$ – давление, рассчитываемое по градуировочной характеристике i-го датчика для относительного сопротивления R_j;

$P_{iл}(R_j)$ – давление, рассчитываемое по линейному уравнению i-го датчика для относительного сопротивления R_j;

D – диапазон измерения давления для датчиков конкретного типа.

2.2. Расчет оценки допускаемых значений среднеквадратического отклонения погрешности в рабочих условиях.

Для расчета необходимо следующее:

– экспериментальные данные по n_3 поверкам m датчиков, условия проведения которых охватывают весь интервал рабочих условий;

– по каждой поверке датчика n_1 пар значений R'_{ijv}, R''_{ijv} или n_1 значений R'_{ijv} и $n_1 - 1$ значений R''_{ijv} из исследуемого поддиапазона или всего диапазона измерения датчика; здесь R'_{ijv} и R''_{ijv} – относительные сопротивления, соответствующие давлению P_j (одинаковое для всех поверок) при плавном установлении этого давления со стороны меньших и со стороны больших значений соответственно;

– значение m должно быть не меньше 20;

– значение n_1 должно быть не меньше 30;

– значение n_3 должно быть не меньше 3.

Расчет производится в следующей последовательности (если количество R'_{ijv} равно n_1, то количество R''_{ijv} тоже равно n_1):

$$\bar{R}_{ij} = \frac{\sum_{v=1}^{n_3}(R'_{ijv} + R''_{ijv})}{2n_3},$$

$$S_{1i} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{n_1}\sum_{v=1}^{n_3}\left[(R'_{ijv} - \bar{R}_j)^2 + (R''_{ijv} - \bar{R}_j)^2\right]}{2n_1n_3 - n_1}},$$

где $\bar{R}_{ij}$ – среднее значение по всем поверкам относительного сопротивления i-го датчика при давлении P_j;

S_{1i} – среднеквадратическое отклонение погрешности i-го датчика в исследуемом поддиапазоне (диапазоне) измерения;

$$S_1 = \max_i S_{1i},$$

где S_1 – оценка допускаемого значения среднеквадратического отклонения погрешности в рабочих условиях.

Инв. № дубликата | Инв. № подлинника | 1272 | Лит. изм. | № изв.

Если количество R'_{ijv} равно n_1, а количество R''_{ijv} равно n_1-1 (т.е. при каком-то одном значении P_j величина R''_{ijv} не определялась), то расчет величины S_{1i} производится по формуле:

$$S_{1i}=\sqrt{\frac{\sum_{v=1}^{n_3}\left[\sum_{j=1}^{n_1}\left(R'_{ijv}-\bar{R}_j\right)^2+\sum_{j=1}^{n_1-1}\left(R''_{ijv}-\bar{R}_j\right)^2\right]}{2n_1n_3-n_1-n_3}},$$

$$\bar{R}_{ij}=\frac{\sum_{v=1}^{n_3}R'_{ijv}}{n_3}.$$

2.3. Расчет оценки допускаемых значений среднеквадратического отклонения дополнительной погрешности.

Для расчета необходимо следующее:

- индивидуальные градуировочные характеристики $P''_i(R)$ по m датчикам, соответствующие условиям, при которых влияющая величина вызывает дополнительную погрешность;

- индивидуальные градуировочные характеристики $P'_i(R)$ тех же m **датчиков, определяемые без воздействия влияющей величины;**

- назначенные (не экспериментальные) значения R_j относительного сопротивления в количестве n_2, равномерно расположенные в диапазоне измерения (по выходу) датчика;

- значение m должно быть не меньше 20;

- количество точек градуировки при определении каждой градуировочной характеристики должно быть не меньше 30; форма представления градуировочной характеристики - в виде полинома;

- значение n_2 рекомендуется не меньше 6;

$$S_{2j}=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{m}\left[P''_i(R_j)-P'_i(R_j)\right]^2}{m-l-1}}\cdot\frac{100}{D},$$

где S_{2j} - среднеквадратическое отклонение дополнительной погрешности в узком поддиапазоне измерения параметров датчика, соответствующем относительному сопротивлению R_j;

l - степень полинома, аппроксимирующего градуировочную характеристику датчика;

$$\bar{S}_2=\sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{n_4}S_{2j}^2}{n_4}},$$

Инв. № дубликата | Инв. № подлинника | 1272 | Лит.изм. | № изв.

где n_4 – количество узких поддиапазонов, входящих в исследуемый поддиапазон (или полный диапазон) измерения датчика;

$$S_2 = \sqrt{\frac{n_4 (m - l - 1) \bar{S}_2^2}{\chi^2_{P,f}}},$$

где S_2 – оценка допускаемых значений среднеквадратического отклонения дополнительной погрешности;

$\chi^2_{P,f}$ – квантиль χ^2-распределения, соответствующий доверительной вероятности P и числу степеней свободы $f = n_4 (m - l - 1)$.

3. Расчет оценок ненормируемых метрологических характеристик датчика.

3.1. Погрешность датчика, вызванная изменением влияющих величин (значения влияющих величин лежат в интервале рабочих условий).

Расчет производится по п. 2.3. За $P_i''(R)$ следует взять градуировочную характеристику, снятую при воздействии на датчик одной или нескольких влияющих величин.

3.2. Погрешность датчика от смещения (нестабильности) градуировочной характеристики во времени или после воздействия влияющих величин. Эту погрешность следует характеризовать оценкой допускаемых значений среднеквадратического отклонения.

Расчет производится по п. 2.3. За $P_i'(R)$ и $P_i''(R)$ следует взять градуировочные характеристики, снятые со смещением во времени или до и после воздействия влияющих величин.

3.3. Погрешность градуировочной характеристики, представленной в виде таблицы, должна характеризоваться оценкой допускаемых значений среднеквадратического отклонения S_3:

$$S_3 = \frac{S_1}{\sqrt{n_5}},$$

где S_1 – см. п. 2.2;

n_5 – количество R'_{ijv} и R''_{ijv}, соответствующих одному значению P_i и участвующих в осреднении для представления градуировочной характеристики в табличном виде; значение n_5 не должно формироваться из тех R'_{ijv} и R''_{ijv}, которые соответствуют повторяемым условиям градуировки (например, вторичное измерение значений R_{ijv} и R''_{ijv} при +20°С).

Инв. № дубликата | Инв. № подлинника | 1272 | Лит. изм. | № изв.

3.4. Погрешность от вариации (гистерезиса) выходного сигнала датчика. Эта погрешность характеризуется половиной величины вариации b, которая рассчитывается по m датчикам.

Для расчета необходимо следующее:

– m полиномов $P'(R)$ степени l, коэффициенты которых рассчитаны по n_1 парам значений P_j, P'_{ij} каждого датчика; давление P_j установлено со стороны меньших значений;

– m полиномов $P''(R)$ степени l, коэффициенты которых рассчитаны по $n-1$ парам значений P_j, R''_{ij} каждого датчика; давление P_j установлено со стороны больших значений;

– назначенные значения R_j относительного сопротивления, равномерно расположенные в диапазоне измерения (по выходу) датчика в количестве n_2;

– значение n_1 должно быть не меньше 30;

– значение n_2 должно быть не меньше 6;

– значение m должно быть не меньше 20;

$$b = \max_{ij} |A_{2ij}|$$

Здесь b – оценка вариации;

$$A_{2ij} = [P'(R_j) - P''(R_j)] \cdot \frac{100}{D},$$

где $P''(R_j)$ – давление, рассчитываемое по полиному $P''(R)$ для относительного сопротивления R_j;

$P'(R_j)$ – давление, рассчитываемое по полиному $P'(R)$ для относительного сопротивления R_j.

3.5. Случайная погрешность датчика. Эту погрешность следует характеризовать оценкой допускаемых значений среднеквадратического отклонения S_0.

Для расчета необходимо следующее:

– m полиномов $P'(R)$ степени l, коэффициенты которых рассчитаны по n_1 парам значений P_j, R'_{ij} каждого датчика;

– m полиномов $P''(R)$ степени l, коэффициенты которых рассчитаны по n_1-1 парам значений P_j, R''_{ij} каждого датчика (предполагается, что количество R''_j на единицу меньше R'_j);

– n_1 пар значений P_j, R'_{ij} и $n-1$ пара значений P_j, R''_{ij} для m датчиков, по которым рассчитывались m полиномов $P'(R)$ и m полиномов $P''(R)$;

– значение n_1 должно быть не меньше 30;

– значение m должно быть не меньше 20.

Расчет производится в следующей последовательности:

$$S_{0i} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{n_1} [P'(R'_{ij}) - P_j]^2 + \sum_{j=1}^{n_1-1} [P''(R''_{ij}) - P_j]^2}{2n_1 - 2l - 3}} \cdot \frac{100}{D},$$

Инв. № дубликата | Инв. № подлинника | 1272 | Лит.изм. | № изв.

где S_{oi} – оценка среднеквадратического отклонения случайной погрешности i -го датчика;

$P'(R'_{ij})$ – давление, рассчитываемое по полиному $P'(R)$ для относительного сопротивления R'_{ij} ;

$P''(R''_{ij})$ – давление, рассчитываемое по полиному $P''(R)$ для относительного сопротивления R''_{ij} ;

P_j – давление, нагружающее чувствительный элемент датчика; при этом давлении регистрируются относительные сопротивления R'_{ij} или R''_{ij}, участвующие затем в определении величин $P'(R'_{ij})$ и $P''(R''_{ij})$;

$$\bar{S}_o = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{m} S_{oi} ;$$

$$S_{soi} = \sqrt{\frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^{m} (S_i - \bar{S})^2} ;$$

$$S_o = \bar{S}_o + t_{p,f} \cdot S_{soi} ,$$

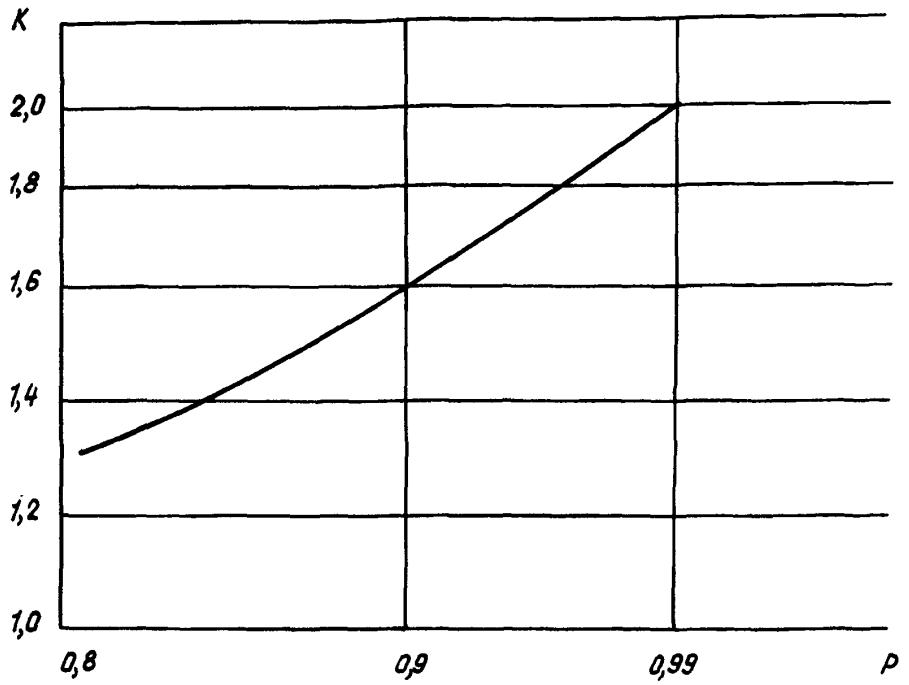
где S_o – оценка предела допускаемых значений среднеквадратического отклонения случайной погрешности;

$t_{p,f}$ – коэффициент (квантиль распределения Стьюдента), соответствующий доверительной вероятности p и числу $f = m - 1$.

Инв. № дубликата | Инв. № подлинника | 1272 | Лит.изм. | № изв.

Рекомендуемое

Зависимость коэффициента K от доверительной вероятности P



Здесь K – коэффициент (квантиль), используемый для перехода от нормирующего значения среднеквадратической погрешности к пределу допускаемых значений погрешности для заданной доверительной вероятности;

P – значение доверительной вероятности.

Инв. № дубликата
Инв. № подлинника
1273
Лит. изм.
№ изв.

Справочное

МЕТОДЫ И ТАБЛИЦЫ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ

1. Применение метода наименьших квадратов для аппроксимации градуировочной характеристики полиномом.

Коэффициенты полинома вычисляются по методу наименьших квадратов отдельно для полинома первой степени, полинома второй степени и полинома третьей степени с использованием табличных значений градуировочной характеристики P_j, R_j. Расчет коэффициентов полинома степени выше первой трудоемок, поэтому его целесообразно проводить на электронно-цифровых вычислительных машинах.

Для полинома первой степени

$$P = a_0' + a_1' R;$$

$$a_1' = \frac{\frac{\sum_{j=1}^{n} R_j P_j}{n} - \frac{\sum_{j=1}^{n} R_j}{n} \cdot \frac{\sum_{j=1}^{n} P_j}{n}}{\frac{\sum_{j=1}^{n} R_j^2}{n} - \left(\frac{\sum_{j=1}^{n} R_j}{n}\right)^2};$$

$$a_0' = \frac{\sum_{j=1}^{n} P_j}{n} - a_1' \left(\frac{\sum_{j=1}^{n} R_j}{n}\right).$$

2. Квантили распределения Стьюдента, соответствующие доверительной вероятности P=0,99 и числу степеней свободы f, указаны в табл. 1.

Таблица 1

f	$t_{0,99\,f}$	f	$t_{0,99\,f}$	f	$t_{0,99\,f}$
10	3,17	21	2,83	34	2,73
11	3,10	22	2,82	36	2,72
12	3,05	23	2,81	38	2,71
13	3,01	24	2,80	40	2,70
14	2,98	25	2,79	42	2,70
15	2,95	26	2,78	44	2,69
16	2,92	27	2,77	46	2,69
17	2,90	28	2,76	48	2,68
18	2,88	29	2,76	50	2,68
19	2,86	30	2,75		
20	2,85	32	2,74		

3. Квантили χ^2-распределения (для односторонней критической зоны), соответствующие доверительной вероятности p =0,99 и числу степеней свободы f, указаны в табл. 2.

Инв. № дубликата | Инв. № подлинника | 1274 | Лит.изм. | № изв.

Таблица 2

f	$\chi^2_{0,99f}$	f	$\chi^2_{0,99f}$
5	0,55	55	33,57
10	2,56	60	37,49
15	5,23	65	41,44
20	8,26	70	45,44
25	11,52	75	49,48
30	14,95	80	53,54
35	18,51	85	57,63
40	22,16	90	61,75
45	25,90	100	70,06
50	29,71		

Инв. № дубл. | Взам. инв. №
Подпись и дата
Инв. № подл. | 1274
Изм. Лист
№ докум.
Подпись
Дата
gost.e-ecolog.ru